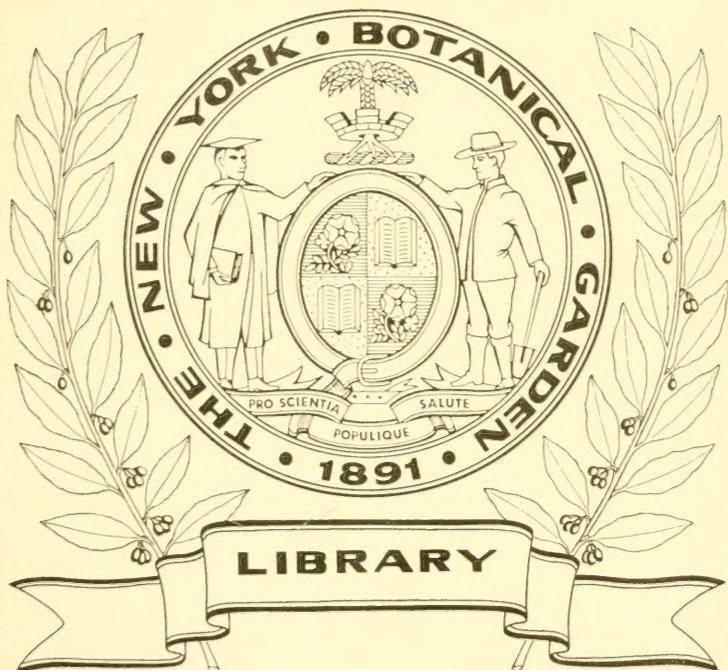




XA  
R483

Per. 2  
Vol. 32  
1868



CONSERVATOIRE  
BOTANIQUE



VILLE de GENÈVE

DUPPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE  
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE  
VENDU EN 1822



ARCHIVES  
DES  
SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CONSERVATOIRE  
BOTANIQUE  
— 000 —  
VILLE de GENÈVE

DUPPLICATE DE LA BIBLIOTHÈQUE  
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE  
VENDU EN 1922

---

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

---

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

---

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

---

NOUVELLE PÉRIODE

TOME TRENTE-DEUXIÈME

LIBRARY  
NEW YORK  
BOTANICAL  
GARDEN

CONSERVATOIRE  
BOTANIQUE  
VILLE de GENÈVE

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE

GEORGES BRIDEL

NEUCHÂTEL

DELACHAUX ET SANDOZ

---

1868

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE  
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENÈVE  
VENDU EN 1922

XA  
.R483  
Per. 2

Tom 32

1868

ARCHIVES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

1868

1868

GENÈVE

IMPRIMERIE DE LA LIBRAIRIE

LEMOINE ET C<sup>o</sup>

1868

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

LIBRARY  
NEW YORK  
BOTANICAL  
GARDEN

**RECHERCHES**  
SUR  
**LE FŒHN DU 23 SEPTEMBRE 1866**  
EN SUISSE  
PAR  
**M. L. DUFOUR** <sup>1</sup>

Professeur de Physique à l'Académie de Lausanne.

C'est surtout depuis l'incendie de la ville de Glaris en mai 1861, incendie dû à la violence extraordinaire d'une tempête du sud-est, que les physiciens ont porté leur attention sur les causes de ce vent chaud connu dans la Suisse allemande sous le nom de *fœhn*. Déjà depuis 1852, ce phénomène avait acquis une véritable importance scientifique à la suite de l'opinion émise par M. Escher de la Linth, savoir, que la fin de l'époque glaciaire avait très-probablement coïncidé avec la première apparition du fœhn, apparition qui aurait été la conséquence du dessèchement du centre de l'Afrique et plus particulièrement du désert de Sahara, lesquels jusqu'à cette époque auraient été recouverts par la mer. Suivant M. Escher, le fœhn tire maintenant du désert de Sahara la chaleur qui le caractérise. Si donc cette partie de l'Afrique a été anciennement sous la mer, il est évident que le fœhn n'a pu souffler à cette époque, ou du moins pas avec la température élevée qui le distingue

<sup>1</sup> Le mémoire dont nous donnons l'analyse a paru dans le *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences natur.*, vol. IX, n° 58.

AUG 7 - 1923

aujourd'hui. Son influence n'a dû commencer à se faire sentir qu'à l'époque relativement moderne, à laquelle le centre de l'Afrique a été émergé, et c'est cette influence qui, dans l'opinion de M. Escher, aurait fait succéder dans le centre de l'Europe un climat tempéré à un froid glacial.

Si l'hypothèse de M. Escher a été d'abord assez généralement acceptée par la plupart des géologues suisses, elle a été combattue dans des publications récentes, plus spécialement dans une brochure due à M. Dove, dans laquelle ce savant distingué, après avoir montré que tous les fœhns ne sont pas identiques, et qu'il y a évidemment de la confusion dans l'emploi du même nom appliqué à des circonstances météorologiques assez différentes, expose ses propres vues sur la théorie générale des fœhns, ou plutôt des différents vents qui, par leur influence mutuelle les uns sur les autres, concourent à produire le vent connu dans les vallées suisses sous le nom de « fœhn. » M. le professeur Dufour vient de traiter de nouveau le sujet dans un travail remarquable inséré dans le Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles. L'auteur s'abstient de toute discussion suivie sur les publications auxquelles nous venons de faire allusion, parce que, ainsi qu'il le fait remarquer avec raison, les caractères qui distinguent le fœhn n'ont été indiqués jusqu'ici que d'une manière incomplète, et que, pour arriver à une explication satisfaisante d'un phénomène probablement aussi complexe, il est indispensable d'être mieux informé qu'on ne l'est sur toutes les circonstances météorologiques qui l'accompagnent, ou qui se développent simultanément dans des contrées plus ou moins éloignées de celles où le fœhn se fait sentir. C'est à une

étude détaillée de ces circonstances qu'est consacré le travail dont nous allons chercher à rendre compte, et qui a pour objet une véritable monographie d'une tempête de fœhn dans le sens qui vient d'être indiqué. L'auteur a choisi le fœhn mémorable du 21 au 24 septembre 1866, sur lequel, grâce aux nombreuses stations météorologiques déjà établies à cette époque dans la plupart des cantons de la Suisse, il a pu obtenir des données nombreuses et variées, et ce qui est bien plus important encore, habituellement dignes de confiance.

Afin de pouvoir présenter un aperçu général des circonstances météorologiques qui ont accompagné le fœhn de septembre 1866, l'auteur a réuni dans un premier tableau les différences qui se sont manifestées pour les principales stations du réseau suisse entre les journées du 22, 23 et 24 septembre et les trois jours qui les ont précédé et suivi, au triple point de vue de la pression, de la température et de l'humidité de l'air. Si c'est, en effet, de ces trois circonstances que doit dépendre en grande partie l'origine du fœhn, les bien connaître est un premier pas et un pas important vers l'explication du phénomène.

#### § 1<sup>er</sup>. *Variations dans la pression atmosphérique.*

La première partie du tableau de M. Dufour est divisée en trois colonnes, dont la première indique quelle a été, pour 65 stations différentes, la pression atmosphérique moyenne des trois jours qui ont précédé, et des trois jours qui ont suivi la période du fœhn de septembre 1866. La seconde colonne fournit cette même donnée pour les trois jours que le fœhn a duré, savoir : les 22, 23 et 24 septembre. Dans la troisième colonne se trouvent

les différences, positives ou négatives, entre les deux premières. Voici maintenant le résumé des résultats obtenus.

Pour 64 stations sur les 65, la tempête du fœhn a été accompagnée d'une diminution notable dans la pression atmosphérique. Il y a cependant de grandes différences à cet égard entre les stations suisses qui se trouvent au nord et celles qui sont situées au sud des Alpes. Tandis que dans les premières, où le fœhn a régné en général avec une extrême violence, la diminution de la pression barométrique a été considérable, dans les secondes au contraire, où ce vent ne s'est presque pas fait sentir, cette diminution a été beaucoup plus faible. Il faut cependant ajouter que la diminution de pression paraît jusqu'à un certain point indépendante de la force du vent, car elle s'est manifestée dans presque toute la partie de la Suisse située au nord des Alpes, même dans des localités où le mouvement de l'air a été faible ou nul : telles que Morges, Porentruy et Berne. En général, la baisse barométrique a commencé à se manifester dans la journée du 21, et a continué sans interruption jusqu'au 23, où un minimum s'est produit. A partir du 23, la pression a été de nouveau en augmentant jusqu'au 26.

Afin de rendre plus sensibles les variations générales de la pression atmosphérique pendant les trois jours qu'a duré le fœhn, l'auteur a construit des courbes indiquant les oscillations barométriques dans une cinquantaine de stations prises dans les différentes parties de l'Europe. L'examen de ces courbes a donné lieu aux observations suivantes :

1<sup>o</sup> La dépression barométrique, observée en Suisse dans les stations où le fœhn a régné, est tout à fait semblable à celle qui s'est fait remarquer en même temps à

l'ouest et au nord-ouest de l'Europe, plus particulièrement dans les stations de Lisbonne, Palma, Lyon, Bordeaux, Paris, Greenwich, Bruxelles, Munich, Leipzig, etc.

2° Au sud des Alpes, le mouvement barométrique a été tout autre, et cela pendant toute la durée du *fœhn*. Sous ce rapport, la grande chaîne alpine paraît avoir constitué, dans la distribution de la pression atmosphérique, une sorte de limite séparant deux régions complètement différentes. En effet, tandis qu'au nord des Alpes il a régné une forte dépression barométrique du 21 au 24 septembre, au sud, au contraire, la pression est restée à peu près stationnaire, ou même le mouvement a eu lieu en sens opposé. Et ce qu'il y a de singulier, c'est que des stations très-rapprochées de la chaîne des Alpes, mais situées du côté du sud, telles que Aoste, Mendrisio, Bellinzone, etc., ont peu ou point participé au mouvement de dépression, tandis que dans des stations situées de 50 à 100 kilomètres seulement des premières, mais au nord des Alpes, telles que Sion, Martigny, Montreux, Glaris, Coire, etc., la dépression barométrique a été très-considérable, de 5 à 8 millimètres. D'autre part, il est à remarquer que la marche du baromètre dans les stations suisses situées au nord des Alpes a ressemblé en général à ce qu'elle a été pour des localités éloignées de plusieurs centaines de kilomètres, telles que Munich, Paris, Bruxelles, Utrecht, etc.

Une remarque analogue peut s'appliquer aux observations du réseau autrichien. En effet, la dépression barométrique à Inspruck, Salzbourg, Lintz, etc., concorde avec celle des stations de l'Europe occidentale; tandis qu'à Trente, Laybach, Klagenfurt, situées au sud des Alpes, le mouvement barométrique a été très-faible.

La dépression barométrique qui a régné dans le nord aussi bien que dans le centre de l'Europe pendant toute la durée du fœhn, a été accompagnée de pluies abondantes et de vents plus ou moins violents au nord-ouest du continent et sur la Manche. Sous ce rapport, l'orage de fœhn semblerait avoir fait partie d'une tempête générale qui aurait abordé l'Europe par l'ouest, venant probablement de l'Atlantique. On verra cependant plus loin, que la température et la sécheresse de l'air du fœhn étaient si différentes du temps froid et humide qui régnait au même moment sur la Manche et les côtes occidentales de la France, qu'il est difficile d'attribuer les deux phénomènes à un seul et même courant. Mais la concordance des oscillations barométriques dans des stations aussi éloignées n'en est pas moins un fait digne d'être remarqué.

La dépression barométrique qui s'est fait sentir sur une si grande partie de l'Europe pendant la durée du fœhn, a présenté un minimum à des époques un peu diverses suivant les différentes régions. Ce minimum, comme nous l'avons vu, a eu lieu le 23 septembre pour la plupart des stations suisses ; il en a été de même à Munich, Vienne et pour les stations du Wurtemberg. Il a eu lieu le 22 pour les pays situés au nord et au nord-ouest de l'Europe. Dans les stations du centre et du midi de la France, de même qu'à Palma et à Lisbonne, ce minimum a eu lieu également dans la journée du 23, mais quelques heures plus tôt que pour les stations suisses situées au nord des Alpes.

Quoique la pression atmosphérique ait été inférieure à sa valeur normale les 22 et 23 septembre dans presque toute l'Europe centrale et occidentale, l'écart relativement

à cette normale a beaucoup varié suivant les différentes régions. C'est ce que montre le tableau suivant de l'écart observé dans différents pays entre la pression normale et celle qui a été observée le 23 septembre.

Côtes nord-ouest de l'Europe.....	—15	à	—22 <sup>mm</sup>
Allemagne méridionale et centrale..	—10	à	—17
Plateau suisse.....	— 6	à	—14
Vallées alpines.....	— 4	à	—10
Stations élevées de la chaîne alpine.	+ 0.7	à	+ 1,4
Athènes.....	+ 4	à	+ 5

La pression atmosphérique semble ainsi avoir suivi une marche décroissante en allant du sud-est au nord-ouest de l'Europe, et *c'est immédiatement près du versant nord des Alpes que ce décroissement est le plus rapide.*

## § 2. Mouvement de l'air.

Dès le 20 septembre, l'atmosphère était agitée sur plusieurs points au nord et au nord-ouest de l'Europe. Le 21, il régnait sur la Manche une tempête du sud-ouest qui s'est étendue à plusieurs régions de l'Europe centrale. C'est pendant cette même journée du 21 que le foehn a commencé à se faire sentir sur plusieurs points de la Suisse, mais ce n'est que le 22 qu'il s'est un peu généralisé, et le 23 qu'il a acquis une violence excessive sur beaucoup de points. Le 24, l'agitation de l'air a commencé à diminuer et le baromètre à monter, quoique le foehn se fit encore sentir sur plusieurs points. Le 25, il a achevé de disparaître dans les dernières stations suisses, et les vents sont redevenus variables.

Au sud des Alpes, durant la période du 20 au 25 sep-

tembre, l'état atmosphérique a été complètement différent. Pendant tout cet intervalle, les vents ont été généralement faibles et variables sur toute l'Italie. Presque toutes les localités, situées sur le versant sud des Alpes, sont demeurées dans un calme qui contrastait singulièrement avec le vent violent qui régnait à une distance de quelques kilomètres seulement sur le versant nord. C'est ainsi qu'à Aoste, Cormayeur, Châtillon, Faido et Trente, il régnait un calme presque parfait pendant que le fœhn se déchainait avec violence à Martigny, Zermatt, Altorf, etc. On ne peut donc pas considérer le fœhn comme un sirocco qui a franchi les Alpes, ainsi que cela est admis assez généralement en Suisse. La tempête du 21 au 24 septembre donne un démenti direct à cette opinion. L'auteur mentionne aussi des tempêtes de fœhn qui ont eu lieu le 20 octobre 1864 et le 28 février 1866, et qui, pas mieux que celle du 23 septembre, ne paraissent avoir eu leur origine au sud des Alpes. De plus, il est à remarquer que, tandis que le fœhn, comme nous le verrons plus loin, est un vent très-sec, le sirocco est le plus souvent un vent humide. Le fait que le fœhn n'a rien de commun avec le sirocco proprement dit, bien qu'ils soufflent l'un et l'autre du sud-est, est d'ailleurs amplement confirmé par un grand nombre de communications adressées à M. Dufour de diverses stations de l'Italie et de la Sicile. Il ressort de ces communications, que plusieurs coups violents de sirocco, remarqués en 1866 et 1867 dans le centre et le midi de l'Italie, bien qu'ils aient été accompagnés d'une forte dépression barométrique, n'ont coïncidé en aucune façon avec une tempête de fœhn dans les vallées de la Suisse.

Le fait, que dès le début du fœhn de septembre 1866,

la pression atmosphérique s'est trouvée inférieure à sa valeur normale dans toute l'Europe centrale et occidentale, tandis que cette même pression était égale et même supérieure à sa valeur moyenne en Italie, surtout dans l'Italie méridionale et à Athènes, semble indiquer un *appel* de l'air du sud et du sud-est vers le nord et le nord-ouest. Cette perturbation atmosphérique, accompagnée d'un centre de dépression dans la direction du nord-ouest, arrivait probablement de l'Atlantique, et a dû produire des vents de sud-ouest, vents qui ont effectivement dominé dans l'ouest et le nord-ouest de l'Europe. Maintenant ne pourrait-on pas supposer avec l'auteur, que dans la région des Alpes il a pu se produire un effet complexe, et que le grand courant du sud-ouest, en arrivant au pied de la chaîne alpine, a pu se rencontrer avec le courant supérieur résultant d'un appel de l'air du sud-est vers le nord-ouest, comme nous venons de le voir. Et dans ces circonstances, la chaîne des Alpes n'aurait-elle pas pu servir en quelque sorte de barrière pour empêcher les couches inférieures de la colonne atmosphérique qui reposait sur l'Italie, de céder à l'appel vers le nord, tandis que les masses d'air aspirées peut-être de fort loin du sud et du sud-est, seraient demeurées à l'état de courant très-supérieur jusqu'à la chaîne des Alpes. Arrivées au sommet de ce rempart, elles ont dû se précipiter de haut en bas, et devenues ainsi courant inférieur, se manifester sous la forme d'une tempête de *fœhn* venant du sud-est. On conçoit d'ailleurs que, suivant la distribution de la pression sur l'Europe et d'autres circonstances accessoires, le résultat de l'aspiration du sud-est puisse être plus ou moins modifié par la présence du sud-ouest ordinaire, ce qui permet-

trait d'expliquer les différences notables de chaleur et d'humidité qui ont été remarquées d'une tempête de foehn à une autre. L'auteur indique comme de nature à corroborer cette opinion le fait que dans le midi de la France, et en particulier à Marseille, où rien n'empêchait les masses d'air aspirées du sud-est de suivre cet appel en s'abaissant au niveau de la mer, il regnait effectivement un fort vent de sud-est en même temps que le foehn sévissait en Suisse.

On a souvent remarqué, du reste, que le foehn avait les caractères d'un vent plongeant, et qu'il paraissait se précipiter de haut en bas dans les vallées alpines. Ce qui donnerait quelque poids à cette opinion, c'est l'existence du foehn dans des localités qui, par la configuration du terrain, devraient être protégées. C'est ainsi que l'auteur fait remarquer que Bovernier (Val d'Entre-Mont), situé au nord et au pied du mont Catogne, haut de 2500 mètres, devrait, ce semble, être à l'abri de tout courant venant du sud. Le foehn y a cependant régné avec violence dans la journée du 23 septembre, et d'après le témoignage de plusieurs personnes, paraissait tomber directement du haut du Catogne. Il en a été de même dans la vallée des Ormonts, dont le fond est dominé du côté du sud par l'énorme massif des Diablerets, et cependant le foehn a commencé à y souffler dans la nuit du 22 au 23, ce qui se comprendrait difficilement, si ce vent n'avait pas une direction inclinée à l'horizon. Un autre motif en faveur de l'hypothèse que le foehn est un vent plongeant, est tiré du fait constaté par M. Dufour, qu'au niveau de la haute chaîne des Alpes, la pression était en général plus forte (en tenant compte de l'altitude) que dans les stations profondes des vallées situées au nord. En admet-

tant que cette condition ait existé, du plus au moins, entre tous les points élevés de la chaîne des Alpes et le fond des vallées septentrionales, il est tout naturel que l'air se soit précipité des premières stations sur les secondes. D'autre part, le *fœhn* ayant soufflé avec une extrême violence pendant deux jours au moins, les masses considérables d'air ainsi déplacées ne peuvent guère avoir été prises uniquement dans les régions avoisinant le sommet des Alpes; elles ont dû provenir de contrées plus éloignées, ce qui nous ramène à l'hypothèse d'un courant supérieur arrivant des régions méridionales.

Il était intéressant de chercher dans quelles localités le *fœhn* a commencé à se faire sentir. Sous ce rapport, les feuilles d'observation des stations suisses se bornent malheureusement à mentionner l'existence du *fœhn* à une certaine heure, sans indiquer le moment précis où il a commencé. L'auteur a pu cependant obtenir un petit nombre de renseignements assez positifs, d'où il résulterait, que ce sont les flancs et les sommets du Jura qui ont été atteints les premiers, savoir dans la journée du 21. A ce moment les stations suisses rapprochées du pied des Alpes, telles que Altorf, Splugen, Glaris, Zug, Bex, Reichenau, etc., jouissaient encore d'un calme parfait. Ce n'est que dans la journée du 22, le plus souvent entre onze heures et midi, même pour des stations assez éloignées les unes des autres, que le *fœhn* a débuté d'une façon soudaine et violente. Dans quelques stations cependant, telles que Schaffhouse, Stanz et Zurich, il ne s'est fait sentir que le 23. C'est dans cette même journée que quelques bouffées de *fœhn* sont arrivées jusqu'au bord du Léman.

Un caractère du *fœhn* qui mérite d'être signalé, c'est

qu'en général il ne souffle pas, comme le vent du nord-est, d'une manière continue. Dans la tempête du 22 au 24 septembre, on a vu dans certaines localités des périodes de calme parfait succéder aux plus violentes secousses atmosphériques, tandis que dans d'autres peu éloignées peut-être des premières, le vent a continué à souffler sans interruption. Quant à l'intensité du fœhn de septembre 1866, on le cite comme un des plus violents qui se soit fait sentir depuis longtemps en Suisse. Aussi les dégâts qu'il a produits ont-ils été considérables. Pour n'en citer qu'un exemple, plus de mille arbres ont été déracinés ou brisés dans la seule commune de Bex.

### § 3. *Température de l'air.*

Il est facile de s'assurer en parcourant la seconde partie du tableau principal de M. Dufour, que le fœhn a coïncidé avec un accroissement souvent très-considérable de la température de l'atmosphère. C'est même dans cette élévation de température que réside le caractère le plus distinctif peut-être du fœhn, et qui empêche de le confondre avec le sud-ouest ordinaire. Dans la plupart des stations du réseau suisse la température a commencé à s'élever quelques heures avant que le fœhn se soit fait sentir, et lorsque ce vent est arrivé, la température n'a pas atteint dès les premières heures le degré auquel elle est parvenue plus tard. Il y a eu effectivement dans le fœhn du 22 au 24 septembre une augmentation de chaleur jusqu'au second, quelquefois même jusqu'au troisième jour; et ce qu'il y a de remarquable, c'est que cette élévation de température a persisté, non-seulement le matin et le soir, mais même la nuit, jusqu'à la fin de la tem-

pête. En d'autres termes, pendant que le fœhn a duré, *l'oscillation diurne de la température a été très-peu considérable*. Le tableau suivant montre quelques exemples de ce fait.

		7 heures matin.	1 heure jour.	9 heures soir.	Oscillation diurne.
Montreux... ..	le 23	22°,0	24°,9	22°,2	2°,9
» .....	le 24	22°,8	22°,3	22°,4	0°,5
Glaris .....	le 24	24°,9	26°,8	25°,7	1°,9
Saint-Gall.....	le 23	21°,2	22°,6	22°,0	1°,4
Engelberg.....	le 24	18°,9	19°,5	16°,6	2°,9
Churwalden..	le 23	15°,4	17°,0	17°,0	1°,6
Trogen. ....	le 24	20°,6	23°,6	21°,7	3°,0

Dès que le fœhn a cessé, la température de l'atmosphère s'est généralement abaissée. Cependant, dans la plupart des stations, le thermomètre a accusé encore pendant plusieurs heures une température au-dessus de la moyenne. Ce fait a été surtout frappant pour les stations du Jura et de Neuchâtel, où la température élevée s'est conservée pendant toute la journée du 23, alors que le fœhn ne soufflait plus.

L'auteur a calculé l'élévation de température due au fœhn dans les diverses stations du réseau suisse, en comparant la température moyenne des trois jours qui ont précédé et suivi le fœhn, avec la température moyenne des trois jours pendant lesquels il a duré. L'inspection du tableau qui renferme cette comparaison, conduit aux conclusions suivantes :

1° L'élévation de température due au fœhn a été générale dans toutes les stations suisses situées au nord des Alpes. On peut dire que dans la plupart de ces stations l'élévation a atteint 6, 7, 8, et même dans quelques localités jusqu'à 9 degrés. A Genève, où le courant du fœhn n'a été

bien caractérisé que pendant une partie de la journée du 23, l'excès moyen de température a été ce jour-là de 7°,3. Au reste, même dans les stations où le fœhn a été faible ou nul, telles que Bâle, Aarau, Berne, Morges, etc., la haute température qu'il portait avec lui s'est fait également sentir, quelquefois même dans une assez forte mesure.

L'élévation de température pendant la durée du fœhn a été moins prononcée dans les régions des hautes Alpes que dans les vallées et le plateau suisse. L'excès moyen de la température au Saint-Bernard, au Simplon, au Saint-Gothard et au Splügen, n'a été que de 0°,8 à 3°. Dans le Jura et les stations de la Suisse centrale, il a été beaucoup plus considérable, savoir de 3°,8 à 6°,6.

La température *absolue* de l'air apportée par le fœhn a été très-considérable dans quelques-unes des vallées de la Suisse, eu égard surtout à la saison avancée. On peut même affirmer que dans plusieurs localités, les journées du 23 et 24 septembre ont atteint le degré de chaleur qui caractérise les journées chaudes d'été. L'auteur nous a fourni à ce sujet un tableau de la température moyenne de la journée pour quatorze stations différentes du réseau suisse, d'où résulte que dans cinq de ces stations, savoir Glaris, Marschlins, Bex, Sargans et Alstætten, *la journée du 24 septembre a été la plus chaude de l'année*. Dans d'autres localités, telles que Schwytz, Engelberg et Altorf, il n'y a eu qu'un seul jour, en juillet, où la température du 24 septembre ait été dépassée. Tous ces faits montrent jusqu'à quel point le fœhn mérite sa réputation d'un vent chaud, surtout lorsqu'on songe qu'il s'agit de stations dont la hauteur au-dessus de la mer est souvent considérable.

En jetant les yeux sur le tableau général de comparaison, on est frappé de ce que les stations suisses, situées au sud des Alpes, ne présentent aucune élévation notable de température pendant la période du *föhn*. Pour ces localités, l'excès de température sur la moyenne de celle des trois jours qui ont précédé et suivi le *föhn*, n'a pas dépassé 2°. En quelques endroits, tels que Bellinzone, Castasegna et le Bernardin, il a été au-dessous de 1°. Enfin, à Faïdo, l'excès de température a eu lieu en sens inverse, bien que cette station soit très-rapprochée de la chaîne alpine.

L'auteur fournit quelques renseignements intéressants sur la température comparative qui a régné dans le sud et le sud-ouest de l'Europe pendant la période du *föhn* et les jours qui l'ont précédé. Il en résulte ce fait singulier, que la température moyenne diurne de quelques stations suisses, telles que Sargans, Bex, Glaris, etc., a été plus élevée le 23 et le 24 septembre que celle de la plupart des stations du midi de l'Italie et même de la Sicile. On peut presque dire la même chose pour Palma et pour Lisbonne. En prenant pour terme de comparaison la seconde quinzaine tout entière de septembre, l'auteur montre qu'il n'y a eu qu'un seul jour dans toute l'Italie, (savoir le 22 à Naples), où la moyenne diurne ait atteint celle des stations suisses indiquées plus haut.

Un fait pour le moins aussi remarquable, c'est qu'il en est de même des températures maxima observées entre les 15 et 30 septembre dans les parties les plus méridionales de l'Europe. Nulle part en Italie le maximum de température du 24 septembre n'a égalé celui qui a été observé le même jour à Zug. Nulle part, sauf à Naples, ce maximum n'a égalé celui qui a été observé à Zurich,

à Glaris et à Bex le 23 et le 24. Enfin, de toutes les stations méridionales dont l'auteur a pu obtenir les résultats, Athènes et Palma, où le thermomètre a atteint 30°, fournissent seules un maximum un peu plus élevé.

Une autre circonstance remarquable du phénomène a été la persistance pendant une partie, au moins, des nuits du 23 et 24 septembre, d'une température aussi élevée dans un grand nombre de stations suisses que dans la plupart des stations de l'Italie, et cela malgré le rayonnement nocturne plus considérable des stations élevées. L'auteur ne donne, il est vrai, que les résultats observés à 9 heures du soir le 23, et à 7 heures du matin le 24, pour une vingtaine de stations tant suisses qu'italiennes; mais d'après les chiffres comparatifs qu'il a obtenus, il est permis de conclure, au moins avec une grande probabilité, que dans la nuit du 23 au 24 septembre, l'air apporté par le fœhn dans plusieurs des vallées suisses, était aussi chaud que l'atmosphère de la plus grande partie de l'Europe au même moment.

Cette haute température du fœhn pose un intéressant problème de météorologie. L'auteur, fidèle à sa résolution de ne s'occuper dans le texte de son mémoire que des diverses circonstances qui ont signalé le fœhn de septembre 1866, se borne à examiner dans une note la cause à laquelle on peut attribuer la chaleur considérable qui a accompagné la précipitation de l'air dans les vallées alpines. Après avoir passé en revue et démontré l'inefficacité de diverses causes auxquelles on aurait pu l'attribuer, M. Dufour admet comme l'explication la moins improbable, celle qui consisterait à attribuer le réchauffement de l'air tombant du haut des Alpes à un simple accroissement de densité dans ce fluide, ou, en d'autres

termes, à la chaleur développée par la compression de l'air à mesure qu'il se précipite des régions élevées pour arriver dans les couches inférieures de l'atmosphère. Cette explication est admise par M. Hann dans un travail récent (*Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie*, n° 29, 1867), où il prend pour exemple le *föhn* du 2 décembre 1865. On avait observé ce jour-là sur le Faulhorn une température de 2° R. sous une pression de 540<sup>mm</sup>. En supposant que l'air se précipite du haut du Faulhorn dans des couches où la pression est de 715<sup>mm</sup>, M. Hann, appliquant une formule connue de Poisson, trouve que la température de cet air se serait élevée, par suite de la chaleur dégagée par sa compression, à 22°,8 R. En admettant même qu'une bonne partie de cette chaleur se perdît en route, on aurait encore dans la plaine l'impression d'un *föhn* fort chaud pour la fin de décembre. M. Dufour arrive à un résultat analogue pour le *föhn* de 1866. En supposant que l'air qui s'est précipité le 23 et le 24 septembre dans les vallées alpines, venait de traverser cette chaîne à la hauteur de 3000 mètres, et en estimant, conformément à la loi de décroissement de la température, cet air à 3 degrés environ, l'auteur trouve, en appliquant une formule de la théorie mécanique de la chaleur de Zeuner, que l'air arrivant dans les couches inférieures à environ 500 mètres d'élévation, en supposant qu'il n'ait rien perdu de sa chaleur pendant la descente, devrait avoir acquis par suite de la compression une température de 27°,6. Ajoutons cependant que M. Dufour, tout en admettant l'influence considérable de la compression de l'air, n'estime pas que cette influence puisse suffire à elle seule pour rendre compte

d'une manière complète de la température exceptionnelle du fœhn.

#### § 4. *Humidité de l'air.*

Dans les stations du réseau suisse, on observe le degré d'humidité de l'air par la méthode du psychromètre d'August, laquelle, bien qu'elle ne soit pas toujours parfaitement exacte, surtout lorsque l'air est violemment agité, peut cependant être regardé comme donnant en général des résultats rapprochés de la vérité. On s'aperçoit bientôt, en parcourant le tableau comparatif de M. Dufour, que pendant les trois jours que le fœhn a duré, l'air s'est trouvé notablement plus sec que pendant les trois jours qui l'ont précédé et suivi. Sous ce rapport, le fœhn de septembre 1866 doit être certainement rangé dans la catégorie des vents secs. En effet, outre les indications plus précises du psychromètre, on a remarqué que pendant qu'il durait tous les objets humides se desséchaient rapidement; le sol lui-même s'est durci et fendillé par suite de sa dessiccation. Enfin, les impressions physiologiques, telles que dessèchement des lèvres et de la gorge, sont venues confirmer, sous ce rapport, les indications du psychromètre.

La sécheresse s'est généralement manifestée dès que le fœhn a commencé à souffler; souvent même une différence considérable s'est manifestée au bout de quelques heures seulement. C'est ainsi qu'à Glaris, le 22 septembre, à 7 heures du matin, l'observation du psychromètre a donné pour degré hygrométrique de l'air 95 (estimé toujours en centièmes). Le fœhn se lève vers midi, et une heure après, l'état d'humidité de l'air n'est plus que de 42; à 7 heures du soir, 39. A Engelberg, le 22 au ma-

tin, l'observation indique 81 pour le degré d'humidité ; le fœhn s'étant levé à midi, on note à 1 heure 38, et à 7 heures du soir, 28 seulement. Il en a été de même pour la plupart des autres stations de cette partie de la Suisse. Dans les stations de la Suisse occidentale, la sécheresse a été moindre ; elle a été surtout moins subite, bien que l'élévation de température fut considérable. C'est ainsi qu'à Bex, le 22 septembre, par un fœhn violent et bien caractérisé, les trois observations hygrométriques faites le matin, au milieu du jour et le soir, ont donné pour résultat 82, 56 et 59. Pour le 23, par un fœhn terrible, 50, 44 et 56. Même résultat, ou à peu près, pour Montreux. A Genève, le 22, le vent de sud-ouest étant assez fort, les trois observations hygrométriques ont donné 48, 46 et 53. Le 23, le vent du sud s'est levé avec force, et le degré d'humidité est descendu très-promptement à 27, indiquant une sécheresse assez rare dans notre canton.

Sur les flancs du Jura, la sécheresse n'a commencé à se faire sentir que le 22 dans la journée, bien qu'il régnât déjà dès le 21 un fort vent de sud-ouest. On se rappelle qu'il en a été de même pour l'élévation de température. Cela est dû probablement à ce que le véritable fœhn n'est arrivé sur les flancs du Jura qu'après le vent de sud-ouest. Peut-être même le fœhn qui a soufflé le 22 et le 23 septembre, aura-t-il été constamment plus ou moins mélangé avec un courant de sud-ouest ordinaire.

Ainsi que l'on pouvait s'y attendre ensuite de la différence de température, la sécheresse comparative de l'air a été généralement moindre dans les stations élevées que dans celles des vallées inférieures, sauf pourtant à En-

gelberg, où nous avons vu que la sécheresse était extraordinaire avec un fœhn intense et prolongé.

La sécheresse du fœhn, quelle que soit d'ailleurs l'origine primitive de ce courant, n'a rien qui doive nous étonner. La sécheresse proprement dite n'étant, en effet, comme on le sait, qu'une conséquence de la quantité de la vapeur d'eau dans ses rapports avec la température de l'air, il en résulte que tout courant d'air, se précipitant avec une grande rapidité des régions supérieures de l'atmosphère dans les vallées situées au nord des Alpes, après avoir franchi cette chaîne à une altitude de 2500 à 3000 mètres, doit nécessairement ne renfermer qu'une faible quantité de vapeur, et cela lors même qu'il a pu se trouver saturé d'eau au moment où il traversait les crêtes alpines. Le fœhn étant devenu un vent chaud en descendant dans la plaine, sa sécheresse n'est donc, au fond, que la conséquence de sa direction de haut en bas, et de la chaleur qui se développe à mesure qu'il arrive dans les vallées inférieures.

Il y avait quelque intérêt à chercher quel était, au point de vue de l'humidité, l'état des contrées éloignées de celles où le fœhn s'est fait sentir. Dans ce but, l'auteur a calculé l'état hygrométrique d'un certain nombre de stations allemandes et italiennes, d'après les observations du thermomètre sec et mouillé. Il conclut de l'ensemble des résultats obtenus : 1° que nulle part dans l'Europe centrale et occidentale, l'air n'a atteint le degré de sécheresse qu'il présentait les 22, 23 et 24 septembre dans plusieurs des vallées alpines, bien que la même cause qui a agi si puissamment dans les vallées suisses paraisse avoir étendu son influence dans une certaine mesure au nord, à l'est et à l'ouest, spécialement dans le Wurtemberg et le

Tyrol allemand ; 2<sup>o</sup> tout le réseau italien fournit une humidité relative plus grande que celle qui a été observée dans les stations suisses. On en peut dire autant de Marseille, de Palma et de Lisbonne.

§ 5. *Pluie tombée pendant le fœhn.*

L'auteur a réuni dans un tableau tous les renseignements précis qu'il a pu se procurer sur la quantité d'eau tombée depuis le 21 au 25 septembre, soit dans celles des vallées de la Suisse où il a plu, soit dans un grand nombre de stations étrangères. Il résulte de l'examen de ce tableau que le fœhn de septembre 1866, malgré sa grande sécheresse, a coïncidé avec quelques chutes de pluie très-abondantes, plus spécialement sur la grande chaîne des Alpes depuis le Mont-Blanc jusqu'aux Grisons, et dans les vallées du versant sud, telles que le Tessin, Aoste, Pallanza, Cormayeur, etc., où, comme on se le rappelle, le fœhn s'est fait peu ou point sentir. Au reste, et c'est un fait important à noter, la pluie n'a commencé à tomber dans ces différentes localités que dans la journée du 23 septembre, soit 24 heures après que le fœhn s'était mis à souffler avec violence dans la plupart des stations suisses. Au nord des Alpes, au contraire, la précipitation aqueuse a été faible ou nulle pendant toute la durée du fœhn. Le 24, cependant, il a plu un peu à Altorf, et le 25, jour où le fœhn a généralement cessé de souffler, la pluie est tombée, quoiqu'en quantité peu considérable, dans un certain nombre de stations, telles que Montreux, Bex, Genève, Engelberg, etc.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Il y en a eu davantage le 26, jour où la température élevée du fœhn avait notablement diminué. Dans le petit nombre d'exemples de

C'est assurément un phénomène singulier que celui de la coexistence d'une pluie abondante sur la crête des Alpes depuis le Mont-Blanc jusqu'aux Grisons, avec un vent chaud et sec arrivant du sud dans les vallées suisses, et paraissant tomber de ces mêmes sommités inondées par l'eau des nuages. Doit-on supposer que ce sont les mêmes masses d'air, qui après s'être débarrassées de leur vapeur d'eau, sont arrivées quelques heures plus tard sous la forme d'un vent chaud et sec dans les vallées de la Suisse ; ou bien, y aurait-il eu dans l'atmosphère deux courants superposés, dont l'un, plus sec et plus élevé, constituerait le vrai courant du fœhn, tandis que l'autre, chargé de vapeur, aurait été la cause de l'abondante précipitation de pluie observée sur les hautes sommités. L'auteur paraît pencher en faveur de la première de ces deux hypothèses, à cause de sa plus grande simplicité, bien qu'au premier abord elle présente quelque difficulté, surtout relativement à l'ordre chronologique signalé plus haut, entre le début du fœhn et l'époque, plus tardive de quelques heures, où la pluie a commencé.

Sur la plus grande partie de l'Italie, sauf dans les stations immédiatement au sud des Alpes, il n'y a eu aucune chute d'eau entre le 18 et le 25 septembre. Dans le midi de la France, la pluie a commencé le 23 et le 24, et a persisté pendant quelques jours. A Lisbonne, elle a com-

fœhn dont j'ai été témoin, j'ai remarqué que si, en général, le ciel est clair pendant que le fœhn souffle, et que la température reste élevée, il survient de la pluie en plus ou moins grande abondance dès que le fœhn cesse et que la température baisse. Cela est du reste tout à fait conforme aux lois de l'hygrométrie, l'eau, maintenue à l'état élastique par la chaleur, devant nécessairement se précipiter dès que la température se refroidit notablement, ainsi que cela a été le cas à dater du 24 et du 25 septembre. (Réd.)

mencé dès le 22. En résumé, ce n'est que vers la fin de la période du fœhn que la pluie est devenue abondante dans un grand nombre de stations du midi de l'Europe.

### § 6. *Extension du fœhn.*

Le mémoire renferme un assez grand nombre de documents sur la question de savoir sur quelle étendue le fœhn de 1866 a fait sentir son influence. Il résulte des renseignements que l'auteur a pu recueillir à ce sujet, que le fœhn du 23 septembre, avec les circonstances particulières qui le caractérisent, s'est fait sentir, du côté du nord, à Friedrichshafen au nord du lac de Constance, à Schopfloch (à 90 kilomètres au nord du Rhin) et à Munich; du côté de l'est, à Inspruck et à Salzbourg. Genève peut être regardée comme formant l'extrême limite du phénomène du côté de l'ouest. On peut donc affirmer que le fœhn du 22—24 septembre 1866 a régné, quoique très-inégalement, dans des localités éloignées d'environ 450 kilomètres à l'est, à l'ouest et au nord des Alpes.

Au midi de la France, les circonstances météorologiques de Marseille sont citées comme dignes d'attirer l'attention. Dans ce port, il s'est levé le 22 septembre un fort vent de sud-est qui a duré jusqu'au 25, avec élévation notable de température et diminution d'humidité. L'auteur fait remarquer à ce sujet, qu'il ne serait point impossible que le vent de sud-est de Marseille, simultané avec le fœhn au nord des Alpes et fort chaud également, fit partie du même courant général résultant de l'appel dû à la dépression barométrique dans l'ouest et le nord-ouest de l'Europe.

§ 7. *Observations d'ALGER.*

La dernière partie du travail de M. Dufour renferme un tableau des observations météorologiques pour septembre 1866, faites à l'Observatoire d'Alger sous la direction de M. Bulard. Nous en extrayons les données suivantes relatives à la période du föhn.

1° *Observations barométriques.* Les oscillations barométriques à Alger, du 19 au 25 septembre, ont été tout à fait semblables à celles qui se sont produites en même temps dans l'Europe occidentale, et en particulier dans les stations du réseau suisse. La dépression maximum du baromètre a eu lieu à Alger comme à Berne le 23 septembre, à 3 heures de l'après-midi. Il est donc permis d'admettre que la perturbation atmosphérique venue de l'Atlantique s'est fait sentir également en Afrique pendant la période que le föhn a duré.

2° *Température de l'air.* On voit par l'inspection des tableaux algériens qu'elle s'est élevée notablement les 21, 22 et 23 septembre. La moyenne de ces trois jours a été de 28°; c'est le 22 que la chaleur a atteint son maximum, savoir 35°. On peut remarquer que sous ce rapport il y a eu à Alger un jour, au moins, d'avance sur les vallées suisses, dans la plupart desquelles l'élévation de température a commencé le 22 pour atteindre son maximum le 24 seulement.

3° *Humidité de l'air.* L'auteur déduit du calcul tiré des observations du thermomètre sec et du thermomètre mouillé, qu'à Alger les journées des 21, 22 et 23 septembre, les deux premiers surtout, ont été excessivement sèches, l'humidité moyenne de l'air étant représentée par 0,23 seulement. La tension moyenne de la vapeur d'eau

dans la journée du 22 était de 8<sup>mm</sup>,7, et le 23 à 6 heures du matin, de 3<sup>mm</sup>,1 seulement. Il en résulte que la quantité de vapeur aqueuse contenue dans l'air durant cette période, étant exceptionnellement faible, les couches d'air voisines du sol auraient pu s'élever fort haut, et se refroidir beaucoup sans provoquer une condensation ou précipitation aqueuse. Si alors cet air s'était porté vers le nord sous forme de courant supérieur, il aurait pu, avec la haute température constatée dans les vallées alpines pendant la durée du *föhn*, paraître très-sec, sans avoir nécessairement donné lieu à une précipitation aqueuse en traversant la crête des Alpes.

4<sup>o</sup> *Mouvement de l'air*. Les tableaux fournis par M. Bulard ne laissent aucun doute sur le fait que l'Algérie a été comprise dans la grande agitation atmosphérique qui s'est manifestée entre le 21 et le 25 septembre. Le 22 et le 23, le vent a varié du sud et du sud-est au sud-sud-ouest. Sur plusieurs points la tempête a été violente, pas autant à Alger que dans les stations intérieures voisines du désert. En tenant compte de ce fait, ainsi que de la haute température et de l'extrême sécheresse signalées à Alger même du 21 au 23 septembre, M. Dufour paraît disposé à attribuer, sinon au *föhn* en général, tout au moins à celui de septembre 1866, une origine Saharienne. Il semblerait, en effet, résulter des données météorologiques qui précèdent, plus spécialement de celles d'Algérie, qu'en septembre 1866, l'agitation atmosphérique a dû s'étendre assez avant dans le centre de l'Afrique, et que c'est l'air chaud du Sahara qui a été amené au nord du continent africain. De là, entraîné par la tempête, cet air aurait continué, comme courant supérieur, son mouvement vers les latitudes septentrionales. Il est vrai

que dans les conditions ordinaires, la direction naturelle de l'air chaud venant du Sahara serait de se jeter sur le sud-est de l'Europe et sur l'Asie centrale; mais ainsi que l'auteur le fait remarquer, il n'y aurait rien d'impossible à ce que, sous l'influence d'une tempête venant de l'Atlantique et d'une forte diminution de pression dans le nord-ouest de l'Europe, le courant africain suivît un cours plus occidental et vînt aboutir dans le centre de l'Europe. En admettant que ce courant africain devienne ainsi le fœhn des vallées alpines, on comprendrait comment le fœhn de 1866 se rattache à une tempête de l'ouest, et pourquoi il en est une conséquence. Quoi qu'il en soit, on peut affirmer que l'ensemble des documents algériens indique une coïncidence remarquable entre les conditions météorologiques du nord de l'Afrique, et celles des vallées suisses situées au nord des Alpes pendant la période du fœhn de septembre 1866.

---

Nous avons cherché dans cette analyse à présenter au lecteur un résumé aussi complet que possible de l'intéressant ouvrage de M. Dufour, sans entrer dans des détails de chiffres et de tableaux qui risqueraient de fatiguer ceux qui ne font pas des questions météorologiques leur occupation principale. L'ensemble des résultats auxquels l'auteur est arrivé, et les idées théoriques que ces résultats lui ont suggéré ont ceci de remarquable, c'est qu'ils nous paraissent tendre à concilier, sous certains rapports et dans de certaines limites, l'hypothèse de M. Escher de la Linth sur l'origine du fœhn avec les idées, en apparence très-différentes, émises plus récemment par M. Dove. Mais il ne faut pas se le dissimuler,

et notre savant collègue de Lausanne est lui-même le premier à le reconnaître, que pour déterminer avec quelque certitude l'origine et les causes immédiates d'un phénomène aussi complexe, il serait nécessaire de refaire, pour plusieurs cas distincts de *föhns*, ayant eu lieu à des saisons différentes, le travail que vient de faire M. Dufour pour le *föhn* de septembre 1866. Ce n'est qu'après avoir soumis plusieurs orages bien caractérisés de *föhn* à cette espèce d'enquête météorologique, que la cause du phénomène pourra être abordée et peut-être résolue avec quelque degré de certitude.

F. MARCET.

---

# THÉORIE DE LA FEUILLE

PAR

M. CASIMIR DE CANDOLLE

---

L'organogénie de la feuille a été étudiée avec beaucoup de soins dans ces dernières années, et, après une longue discussion, on est parvenu à se mettre d'accord sur les points suivants qui résument, ce me semble, tout le débat :

1° Toute feuille de phanérogame commence sous la forme d'une saillie cellulaire dont la base embrasse une portion de la tige proportionnelle à l'espace qui formera plus tard l'insertion de la feuille. Ainsi les feuilles dont la gaine enveloppe l'axe de toutes parts (*Platanus occidentalis*), commencent par une saillie annulaire entourant cet axe de toutes parts. Il en est de même de certaines feuilles opposées et engainantes qui apparaissent aussi simultanément sous forme d'une seule saillie annulaire (*Galium*). Les plus forts grossissements du microscope ne montrent qu'une structure parfaitement homogène dans cette saillie qu'on nomme là *Feuille primordiale*.

2° C'est de la feuille primordiale que naissent toutes les parties qui constituent la feuille adulte.

3° Ces diverses parties apparaissent successivement. Les premières formées, qu'on appelle parties du premier ordre, naissent directement sur la feuille primordiale, d'autres, dites du deuxième ordre, naissent sur ces premières, et ainsi de suite.

4° Les parties du même ordre se forment tantôt de

bas en haut, tantôt de haut en bas. En outre la formation des parties d'un même ordre peut avoir lieu dans le même sens ou en sens inverse de celle des parties de l'ordre précédent.

5° La feuille primordiale peut produire des appendices, non-seulement sur ses bords latéraux (limbes, folioles, stipules), mais aussi sur sa face postérieure <sup>1</sup> (stipelles, bords, ailes de pétioles).

6° En général les appendices de la face postérieure naissent après ceux des côtés.

Tel est le résumé très-succinct des beaux travaux de MM. Steinheil, Trécul, Nægeli, Schacht, Eichler.

On voit que la théorie d'après laquelle la feuille se développerait uniquement de haut en bas, théorie soutenue surtout par Schleiden, est aujourd'hui complètement abandonnée.

On est aussi arrivé à reconnaître que les stipules ne sont que des appendices de la feuille primordiale et nullement des produits directs de la tige elle-même.

Le développement successif des parties de la feuille les unes sur les autres, et souvent dans un sens basifuge, a dû porter, et a en effet porté, les organogénistes à comparer celle-ci à un rameau. Ils ont été conduits ainsi à considérer la feuille comme un rameau à végétation limitée. Cette définition a cependant l'inconvénient de ne tenir aucun compte ni de ce que tant de feuilles ne semblent avoir d'appendices que sur leurs bords latéraux, ni de ce que ces appendices naissent souvent de haut en bas, tan-

<sup>1</sup> Dans ce qui suivra, la face postérieure de la feuille sera toujours celle qui regarde l'axe de la tige, et la face antérieure sera celle qui regarde l'observateur, en supposant la feuille redressée verticalement.

dis que les feuilles du rameau se développent toujours de bas en haut. Aussi n'a-t-on guère insisté sur cette manière de concevoir la feuille, dont tous les essais de définition sont jusqu'ici restés infructueux.

Une étude récente des feuilles des Pipéracées m'ayant conduit à envisager le mode de disposition et de développement de leurs faisceaux fibro-vasculaires, je me suis vu ramené, par un sentier différent, à cette grande question de la véritable nature de la feuille <sup>1</sup>. La structure intérieure de certaines feuilles de Pipéracées m'a paru représenter tout à fait celle d'un rameau dont la moitié postérieure serait atrophiée. J'ai eu, en effet, l'occasion d'observer plusieurs cas dans lesquels la formation fibro-vasculaire, ordinairement limitée à la moitié antérieure de la feuille, se continuait dans toute la région postérieure sous la forme de faisceaux de collenchyme identiques à ceux qui accompagnent chaque faisceau ligneux de la région antérieure (*P. sidæfolium* L.). Cette observation, suggérant la possibilité d'une formation de faisceaux ligneux dans tout le pourtour d'un limbe, m'avait naturellement reporté à la comparaison de la feuille et du rameau, et je m'étais hasardé à définir celle-ci comme *un rameau à face postérieure atrophiée*. Cette hypothèse avait besoin cependant d'être justifiée par des faits plus variés que ceux que peut offrir une seule famille de plantes; aussi me suis-je appliqué à continuer l'étude de la répartition des faisceaux ligneux dans des feuilles aussi diverses que possible. Il s'en faut, sans doute, de beaucoup que la tâche que je me suis imposée ait été entièrement remplie, mais comme les premiers résultats obtenus me semblent

<sup>1</sup> Cas. D.C. Mém. sur la famille des Pipéracées, dans les *Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. natur.*, tome XVIII.

offrir un certain intérêt, il ne paraît pas inopportun d'attirer dès aujourd'hui l'attention des botanistes sur cette phase nouvelle de la théorie de la feuille.

De même que la naissance de chaque feuille primordiale sur le cône terminal du rameau est suivie de la formation de faisceaux correspondants dans ce dernier, de même la naissance de chaque partie d'une feuille sur la partie d'ordre précédent est suivie de la formation de faisceaux correspondants dans cette dernière. L'analogie de la feuille et du rameau serait donc établie si on prouvait que les faisceaux de deux parties foliaires nées l'une sur l'autre sont disposés entre eux de la même manière que ceux de la feuille primordiale et du rameau le sont entre eux. Connaître à fond la structure fibro-vasculaire de chaque feuille, tel a donc dû être le but de tous mes efforts.

Comme la discussion complète des nombreux faits que j'ai constatés sur ce terrain nouveau, exigerait la rédaction d'un mémoire étendu et accompagné de planches détaillées, je vais essayer de résumer ici brièvement les principaux résultats de mon travail, en me bornant à signaler quelques-unes des observations qui leur servent de base.

La méthode que j'ai suivie a toujours consisté à déterminer la marche des faisceaux de chaque feuille, au moyen de coupes nombreuses opérées en tous sens. On arrive ainsi à se faire une idée nette du plan du système fibro-vasculaire d'un bout à l'autre de la feuille. Il faut avoir soin d'examiner chaque coupe au microscope et sous un assez fort grossissement, car il arrive souvent que ce qui, à première vue, semble n'être qu'un seul et même faisceau, est en réalité une agglomération de faisceaux distincts.

Notons d'abord un fait que j'ai pu vérifier par une foule d'exemples : La feuille est toujours pourvue de faisceaux corticaux situés en face des faisceaux ligneux et formés de collenchyme. Comme ces faisceaux de collenchyme suivent la même marche que les faisceaux ligneux, il suffit de décrire celle de ces derniers pour donner une idée complète du système fibro-vasculaire tout entier. Aussi est-ce presque uniquement des faisceaux ligneux qu'il sera question dans ce qui va suivre.

On sait déjà depuis longtemps que ceux des faisceaux foliaires qui naissent les premiers, sont communs, à la fois, à la feuille et à la tige, et se prolongent directement de l'une dans l'autre. On sait aussi que ces premiers faisceaux naissent dans un ordre tel que celui qui, dans le pétiole, correspond à l'arête de la nervure médiane se forme le premier, et que les autres apparaissent successivement d'avant en arrière, en sorte que les derniers formés sont les plus rapprochés de la face postérieure de la feuille. Cette loi ne paraît pas subir d'exception, et j'ai eu l'occasion de la vérifier sur plusieurs espèces (en particulier dans le *Pterocarya fraxinifolia*). Le plus souvent la formation de ces faisceaux s'arrête avant d'avoir atteint la région postérieure, et alors la section transversale de la feuille ne présente qu'un arc de faisceaux plus ou moins grand (pl. I, fig. 1). Il arrive cependant aussi que la formation ligneuse se continue dans tout le pourtour de la feuille, soit dans le limbe, soit dans le pétiole. La section transversale du limbe prouve alors qu'il existe des faisceaux ligneux sur ses deux faces, et celle du pétiole présente un cercle ligneux identique à celui de la tige. Les feuilles de cette espèce sont, en quelque sorte, de véritables rameaux, plus ou moins aplatis et privés de

bourgeon terminal (*Acer pseudo-Platanus*, *Platanoides*, *Populus nigra*, etc.).

Les feuilles d'*Acer pseudo-Platanus* (pl. I, fig. 15-18) et de *Populus nigra* (pl. I, fig. 12, 13, 14, 19) sont les exemples les plus parfaits que je connaisse de feuilles à système fibro-vasculaire complet. Non-seulement la formation du tissu ligneux se propage sur tout leur pourtour, mais le parenchyme de leurs deux moitiés, postérieure et antérieure, se développe si également en longueur que leur limbe semble résulter d'une simple expansion latérale des tissus. Chez le *Populus nigra*, la perfection est même si complète qu'il existe des faisceaux ligneux des ordres les plus élevés sur la face postérieure, tandis que dans l'*Acer* on n'y trouve que des faisceaux primaires secondaires et tertiaires, ceux des ordres ultérieurs n'étant plus représentés que par le collenchyme correspondant.

On connaissait déjà beaucoup de feuilles cylindriques dont les faisceaux sont répartis également de toutes parts, mais aucun auteur ne me paraît avoir signalé le fait que les limbes planes, tels que ceux de l'érable et du peuplier, présentent le même mode de structure. Les feuilles peltées doivent aussi être rangées dans la même catégorie. Leurs faisceaux sont répartis également dans le pourtour du pétiole, d'où ils divergent dans le limbe. Cette structure confirme d'ailleurs les observations des organogénistes, qui soutiennent que le limbe des feuilles peltées se forme dans un plan perpendiculaire à la longueur de la feuille primordiale. La feuille des acérinées présente encore une autre particularité qui mérite d'être relevée. Si l'on suit, en effet, la marche des faisceaux communs de cette feuille, depuis le sommet du limbe jusque dans la tige, on trouve que chaque faisceau de la face

postérieure, arrivé dans la région mince de la feuille (gaine), s'applique contre le faisceau opposé de la face antérieure, avec lequel il chemine jusque dans la tige. Il en résulte que, vers l'insertion, les faisceaux sont en quelque sorte doubles. Leur section transversale, dans cette région, présente donc une masse de trachées placée entre deux couches de cambium dont l'une est tournée vers la tige et l'autre vers l'observateur.

Or il existe plusieurs feuilles (*Protea cynaroides*, *Viscum album*, pl. II, fig. 20) dont tous les faisceaux sont revêtus de cambium sur leurs deux faces et cela dans tout leur parcours, depuis la tige jusqu'aux bords du limbe. Par analogie avec ce qui a lieu dans les gaines des Acérinées, il me semble que les feuilles dont les faisceaux sont ainsi doubles dans toute leur étendue doivent être considérées comme des feuilles à système fibro-vasculaire complet de toutes parts. Cette conclusion est, du reste, justifiée par le fait qu'on trouve chez les Protéacées tous les degrés intermédiaires entre la feuille cylindrique et celle à faisceaux doubles.

Les phyllodes de certains acacias sont aussi des feuilles à système fibro-vasculaire complet, ainsi qu'on peut facilement s'en assurer en jetant un coup d'œil sur leur section transversale (pl. I, fig. 4).

Dans la très-grande majorité des feuilles non peltées, la région postérieure du limbe est entièrement dépourvue de faisceaux ligneux et souvent même de collenchyme. Cette absence du système fibro-vasculaire postérieur est souvent tout aussi marquée dans le pétiole, dont la section transversale n'offre qu'un arc de faisceaux. Dans un grand nombre de cas, cependant, le pétiole renferme des faisceaux dans tout son pourtour, même lorsqu'ils man-

quent dans la région postérieure du limbe. En examinant alors avec soin la structure de la base de celui-ci, on constate que les faisceaux postérieurs du pétiole correspondent à un bourrelet presque imperceptible qui complète le limbe du côté postérieur (*Saururus cernuus* et *Saxifraga ligulata*, pl. II, fig. 15 b). Ce bourrelet prend souvent assez de développement pour donner à la feuille une forme d'entonnoir (pl. II, fig. 14), ou même pour la rendre peltée. C'est ainsi qu'on peut s'expliquer les nombreuses transitions si souvent observées sur un même pied entre la forme plane et la forme peltée.

On peut déjà voir, par ce qui précède, à quel point les données de l'organogénie des parties extérieures se trouvent confirmées et complétées par l'observation de la structure interne des feuilles. Cette structure interne nous fournit les éléments qui manquaient pour ramener les formes les plus diverses à un type commun. On aperçoit enfin, et on prévoit tous les passages possibles entre les feuilles cylindriques, les feuilles peltées et celles à limbe plat.

Ainsi que je l'ai rappelé plus haut, les premiers faisceaux de la feuille naissent successivement d'avant en arrière. Il est rare que ces premiers faisceaux soient seuls communs à la feuille et à la tige. En général, il se produit un grand nombre d'autres faisceaux communs, qui apparaissent successivement et forment plusieurs rangs concentriques. On peut constater facilement par la section transversale de jeunes pétioles (pl. I, fig. 3; pl. II, fig. 11, 12, 13), que chaque nouveau rang de faisceaux communs se forme en dedans du précédent. Les faisceaux de tous ces rangs sont alternes entre eux, de telle sorte qu'ils tendent à s'intercaler entre ceux du premier, avec le-

quel ils finissent par ne plus former qu'un seul et même rang, lorsque l'accroissement du pétiole les a tous repoussés vers la périphérie. Dans beaucoup de feuilles, l'apparition des faisceaux est précédée de la formation d'un anneau de cambium (juglandées et autres), dans lequel ceux-ci se forment par intercalation successive, comme dans une tige. L'anneau, qui résulte de la jonction des premiers faisceaux de cambium, se forme suivant la loi ordinaire d'avant en arrière. Cette loi, qui régit le plus souvent l'apparition successive des faisceaux des deux ou trois premiers rangs (*Aralia digitata*), ne semble pas devoir régler toujours la formation des rangs subséquents, car elle pourrait se trouver en contradiction avec le développement basipète de beaucoup de nervures secondaires et tertiaires.

Il est vrai que les nervures, en apparence de même ordre, ne sont pas toujours formées de faisceaux de même rang. Ainsi, dans le *Piper amplum*, j'ai constaté que certaines nervures secondaires naissent tardivement et s'intercalent entre les premières formées<sup>1</sup>. Ces nervures secondaires subséquentes font partie d'un rang de faisceaux plus intérieur que celui des autres. Il pourrait donc bien arriver que des nervures en apparence de même ordre et formées de haut en bas (c'est-à-dire parallèles entre elles et aboutissant à une même nervure inférieure) fissent en réalité partie de plusieurs rangs différents de faisceaux concentriques tous formés d'avant en arrière. Néanmoins, mes observations ne sont pas encore assez nombreuses pour me permettre une affirmation à cet égard. La seule chose certaine, c'est la répartition de tous les faisceaux de la jeune feuille en plusieurs rangs emboîtés les uns dans les

<sup>1</sup> Cas. D.C. *loc. cit.*

autres. À mesure que le parenchyme s'étale dans le limbe ou s'épaissit dans le pétiole, ces rangs se rapprochent les uns des autres et finissent même par se confondre. Il existe cependant beaucoup de limbes charnus dans lesquels la répartition des faisceaux par rangs concentriques est toujours visible (*Saxifraga crassifolia*, *ligulata*, pl. II, fig. 11, 12, 13). Enfin les derniers faisceaux communs se forment souvent fort longtemps après les premiers, et constituent dans le pétiole un rang bien manifestement inférieur (*Aralia digitata*, pl. II, fig. 16).

Toute feuille renferme donc un système ligneux composé de faisceaux répartis sur plusieurs rangs (concentriques dans les jeunes feuilles), occupant une plus ou moins grande étendue de son pourtour, et tous orientés de telle sorte que leur cambium est tourné vers la périphérie de la feuille. Je désignerai ce premier système sous le nom de *système essentiel*, pour le distinguer de formations différentes dont il sera question plus loin.

Dans la grande majorité des cas, le système essentiel est continu, c'est-à-dire que ses faisceaux communs parcourent toute l'étendue de la feuille du sommet du limbe à la tige. Il arrive cependant aussi que le système essentiel est interrompu de distance en distance par des nœuds dans lesquels se produit une anastomose générale de tous les faisceaux, dont aucun ne parcourt toute l'étendue de la feuille.

Ces anastomoses des nœuds proviennent, comme celles du réseau des nervures du limbe, d'une formation subséquente de faisceaux plus intérieurs, plus courts et qui réunissent les faisceaux communs primitivement indépendants. Quand on dit d'une feuille qu'elle a ou qu'elle n'a pas de nœuds, cela doit donc s'entendre de cette feuille

arrivée à son complet développement. La présence ou l'absence de nœuds paraîtront, sans doute, des circonstances assez importantes pour servir de base à une classification systématique des feuilles, et motiver l'emploi de quelques termes nouveaux destinés à abrégier les descriptions. On pourra, par exemple, appeler *feuilles monomères* celles que leurs faisceaux communs parcourent tout entières depuis les bords du limbe jusque dans la tige, ou celles qui se terminent par un nœud au-dessous duquel les faisceaux communs deviennent parfaitement distincts jusque dans la tige. On appellera, au contraire, *feuilles polymères* celles dont les faisceaux s'anastomosent tous une ou plusieurs fois entre les extrémités de la feuille. On donnera aussi le nom de *mériphyll*e à toute portion de feuille comprise entre deux nœuds. Les polymères seront dites *dimères*, *trimères*... etc., suivant qu'elles se composeront de deux, trois... etc. mériphylls ; elles seront *uniaxifères*, *biaxifères*... etc., *multiaxifères* suivant que leurs mériphylls se suivront le long d'un seul axe ou suivant que cet axe sera lui-même ramifié deux, trois, plusieurs fois. Voici, du reste, quelques exemples qui fixeront mieux les idées.

*Feuilles monomères.*

Mimosa pseudo-Acacia. Pisum sativum. Phaseolus vulgaris. Astragalus Cicer, Biserula Pelecinus. Inga ferruginea. Cytisus Laburnum. Coronilla Emerus. Sanguisorba tenuifolia. Sorbus Aucuparia, Spiræa Ulmaria, Dictamnus Fraxinella, Læa sambucina, Tilia glabra, Tilia microphylla, Juglandées, Myricées, Cupulifères, Carpinées, Salicinées, Betulacées, Populus, Hedera helix, Viscum album, Protea cynaroides, Grevillea robusta, Myrtus communis, Saxifraga crassifolia, ligulata.

De cette première énumération ressortent déjà deux faits importants. On voit d'abord qu'une foule de feuilles articulées sont, en réalité, privées de nœud. L'articulation n'est donc point le signe infaillible de la présence d'une anastomose des faisceaux. On voit aussi que le passage, souvent si tranché, de la forme cylindrique du pétiole à la forme plane du limbe ne correspond, la plupart du temps, à aucune différence de structure, car les faisceaux communs sont continus de l'une de ces parties dans l'autre. On devra donc renoncer à considérer le pétiole et le limbe comme des organes différents. On concevra ainsi qu'il puisse exister et qu'il existe, en effet, entre ces deux régions toutes les gradations de formes imaginables, et on ne verra plus de différence essentielle entre une feuille pétiolée et une feuille sessile.

*Feuilles dimères.*

Acerinées (nœud à la base du pétiole). Beaucoup de Bégoniacées (nœud au sommet du pétiole). Pipéracées,

*Feuilles trimères.*

*Ricinus communis* (nœud à la base et au sommet du pétiole), *Tropæolum majus* (id.), *Aralia digitata* (id.), *Aralia Sieboldii* (id.).

*Feuilles polymères multiaxifères.*

*Thalictrum aquilægïæfolium*, *Aralia japonica* Thunb., Umbellifères.

Ces quelques exemples font bien saisir toute la ressemblance de la feuille avec le rameau. On voit, en effet, que les plantes dont le rameau est lui-même partagé par des nœuds ou anastomoses générales des faisceaux sont les seules qui produisent des feuilles polymères.

Les Pipéracées semblent, au premier abord, faire exception à cette loi. Cependant, en tenant compte du fait que leurs faisceaux communs s'anastomosent tous entre eux directement avant les bords du limbe, qui n'est jamais dentelé, on n'hésitera pas à ranger les feuilles des plantes de cette famille dans la section des dimères.

D'après ce qui a été dit plus haut, toute feuille ou tout mériphyllé renferme un système fibro-vasculaire cortical et ligneux composé d'un plus ou moins grand nombre de faisceaux. Les faisceaux ligneux de ce système sont tous placés sur plusieurs rangs emboîtés les uns dans les autres. Dans les régions où la feuille a conservé sa forme cylindrique (pétiole, *rhachis*), ces rangs de faisceaux ligneux forment un étui plus ou moins fourni suivant le nombre et l'étendue des rangs. La section transversale de cet étui offre donc un cercle ou une portion de cercle ligneux dont tous les faisceaux sont orientés de manière à tourner leur cambium et leur liber vers la périphérie du mériphyllé et leurs trachées vers le centre. Ce premier système ligneux, que j'ai nommé *système essentiel*, existe dans toute feuille, et il présente donc ce caractère constant que tous ses faisceaux ont un développement centrifuge<sup>1</sup>; cette circonstance est d'ailleurs toute naturelle, puisque les plus anciens de ces faisceaux, étant communs à la feuille et à la tige, doivent être orientés comme ceux de cette dernière.

Le système essentiel se compose donc de l'ensemble des faisceaux à accroissement centrifuge et dont les plus extérieurs parcourent tout un mériphyllé, ou toute la feuille dans le cas des monomères.

<sup>1</sup> Par développement centrifuge, j'entends celui de tout faisceau dont le cambium regarde la périphérie de la feuille.

La section transversale du système essentiel présente les différences les plus frappantes d'une espèce à l'autre. Quelques cas méritent une mention spéciale, parce qu'ils se lient étroitement avec d'autres circonstances dont il sera question plus loin.

Ainsi (pl. I, fig. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 d) dans les *Populus nigra*, *alba*, *tremuloïdes*, *Alnus glutinosa*, Carpinées, Corylacées, Juglandées, etc., ce système se trouve décomposé en deux ou même trois branches qui se détachent les unes des autres à des hauteurs diverses. A partir de chaque point de ramification du système essentiel, les bords disjoints de chaque branche s'augmentent de nouveaux faisceaux à mesure qu'ils s'élèvent dans la feuille, en sorte que chaque portion semble devenir, un peu plus haut, un système distinct. La section transversale du pétiole ou du limbe présente alors plusieurs anneaux ou portions d'anneaux ligneux qui se fondent tous en un seul vers la base du mériphyllé (pl. I, fig. 6, 12). Il arrive aussi quelquefois (Myricées, Saliciniées, pl. I, fig. 5) que ce sont les portions latérales du système essentiel qui se détachent du tronc principal et forment des branches latérales plus ou moins complètes. Dans beaucoup de feuilles (rosacées, pl. I, fig. 1) ce sont les derniers faisceaux postérieurs du système essentiel qui se séparent des autres et parcourent les bords ailés du rhachis. Les portions ainsi détachées ne se composent souvent que de faisceaux isolés qui se séparent du tronc principal à la manière de nervures secondaires divergeant de la nervure primaire d'un limbe. Tous ces faisceaux ou groupes de faisceaux ainsi détachés du système essentiel sont d'autant plus récents qu'ils sont plus rapprochés de la face postérieure de la feuille. Je les dési-

gnerai dorénavant sous le nom de *faisceaux détachés*, et je réserverai le nom de système essentiel au corps principal antérieur de ce système dans tous les cas où il se ramifie. Le mode de disposition de ces faisceaux détachés donne des aspects variés aux sections transversales des feuilles, et peut ainsi fournir d'excellents caractères d'espèce, même de genre.

C'est aux faisceaux détachés que correspondent les bords ou les ailes des pétioles ainsi que les stipelles. Ces dernières cependant ne reçoivent, le plus souvent, que la partie corticale des faisceaux détachés.

Il existe aussi, dans un grand nombre de feuilles, une troisième sorte de faisceaux que je nommerai *faisceaux inverses*, parce que leur développement est toujours centripète. Ces faisceaux se forment dans l'intérieur de la moelle du système essentiel et tournent leur cambium vers le milieu de la feuille. Le D<sup>r</sup> A. Franck <sup>1</sup> est, à ma connaissance, le seul auteur qui les ait observés. Il se borne cependant à mentionner leur présence chez les *Acer pseudoplatanus*, *Tilia microphylla*, *Quercus pedunculata*, sans en tirer de conséquence. Non-seulement ses observations sont parfaitement justes en ce qui concerne les plantes qu'il indique, mais j'ai eu l'occasion de trouver des faisceaux inverses dans un très-grand nombre d'autres espèces appartenant aux familles les plus diverses. (*Aralia japonica* Thunb., *digitata*, *Aesculus Hippocastanum*, *Quercus macranthera* et autres, *Fagus sylvatica*, *Castanea vulgaris*, *Castanopsis*, *Dictanus Fraxinella*, *Acer platanoïdes*, *Negundo fraxinifolia*, *Styrax Gardneriana*, etc.). Ils sont très-inégalement répartis entre les espèces d'un même genre. Ainsi toutes les Acérinées, sauf les *Acer pseudo-*

<sup>1</sup> *Bot. Zeit.*, 1864.

*Platanus*. *Platanoïdes* et *Negundo fraxinifolia*, en sont dépourvues. Il en est de même d'une foule d'espèces du genre *Quercus*. Parmi les légumineuses, je ne les ai rencontrées jusqu'ici que chez l'*Inga ferruginea*, et ils manquent, en particulier, dans les autres espèces du genre *Inga* que j'ai examinées.

Les faisceaux inverses se séparent du système essentiel à des hauteurs très-variables d'une espèce à l'autre, mais constante dans la même espèce. Ainsi les faisceaux inverses du *Quercus pedunculata* n'existent que dans le limbe, tandis que ceux du *Quercus macranthera* se détachent du système essentiel dès la base du pétiole. Dans beaucoup de feuilles monomères, et à plus forte raison chez les polymères, le système essentiel émet des faisceaux inverses à plusieurs hauteurs différentes.

Comme ces faisceaux s'accroissent, de même que les autres, par leur périphérie et de haut en bas, ils ont une tendance à s'arrondir en demi-cercle ou même en anneau fermé surtout vers le sommet où leur section transversale présente souvent un cercle parfait (*Aesculus hippocastanum*, *Acer pseudo-Platanus* (pl. I, fig. 16 i). Il ne faut pas confondre les faisceaux inverses avec les faisceaux endogènes qui parcourent la moelle de certaines tiges et de certains pétioles (Bégoniacées), et dont le liber est tourné vers la périphérie de la tige ou du pétiole. Les inverses existent d'ailleurs chez beaucoup de plantes des familles les plus dépourvues de formations endogènes, et leur développement centripète les rend facilement reconnaissables. Le mode de développement des faisceaux inverses suggère de prime abord cette réflexion qu'ils sont orientés exactement comme le seraient ceux de feuilles insérées sur le système essentiel et en dedans de ce sys-

tème. On pourrait dire de même que les faisceaux détachés sont placés exactement comme le seraient ceux de feuilles insérées sur le système essentiel et en dehors de ce système. Enfin rien n'empêcherait d'étendre cette comparaison au système essentiel lui-même, et de remarquer que les faisceaux essentiels de chaque rang sont orientés précisément comme le seraient ceux d'une feuille insérée sur le rang suivant.

En résumé, on pourrait donc considérer tous les faisceaux d'une feuille monomère ou de chaque mériphyllé de feuille polymère, comme répartis sur une série de formations emboîtées les unes dans les autres et réunies par le parenchyme.

Une feuille à système fibro-vasculaire complet de toutes parts, représenterait donc un rameau dont l'extrémité serait morte de bonne heure et dans lequel les rangs de faisceaux seraient l'ébauche des feuilles que ce rameau aurait portées s'il avait continué à vivre. Si le parenchyme s'accroît principalement dans le sens latéral, le rameau s'aplatit en un limbe (*Acer pseudo-platanus*). Si le parenchyme s'accroît surtout dans le sens du plan passant par l'axe de la tige, le rameau prend la forme de certains phyllodes (*Acacia ovalis*). Si le parenchyme s'accroît également dans toutes les directions horizontales, le rameau devient une feuille cylindrique. On pourrait même suivre cette analogie du rameau et de la feuille jusque dans les moindres détails. Ainsi, une feuille à système fibro-vasculaire incomplet représenterait un rameau dont le cône terminal serait resté plus ou moins stérile sur une zone plus ou moins étendue de son sommet et de sa face postérieure. Si la face supérieure tout entière est restée complètement stérile, et si le parenchyme s'est accru princi-

palement dans le sens latéral, il a dû se produire un limbe dont les nervures ne sont saillantes que sur la face antérieure. Dans le cas, cependant, où la stérilité de la face postérieure n'a pas affecté le système cortical, les nervures sont saillantes des deux côtés, même lorsque le système ligneux ne s'est pas développé dans la région postérieure.

Il semble, à première vue, que cette théorie soit en contradiction flagrante avec la formation basipète, bien constatée, de beaucoup de parties foliaires. On va voir cependant que d'autres faits de structure intime, joints aux données de l'organogénie, semblent lever cette difficulté.

En suivant la marche des faisceaux tout le long d'une feuille de *Tropaeolum majus* (feuille peltée, pl. II, fig. 2), on trouve un premier nœud au-dessus de l'insertion. Au sortir de ce nœud les faisceaux cheminent de nouveau, indépendants et parallèles jusqu'au sommet du pétiole, où ils s'anastomosent une seconde fois. De ce second nœud divergent les faisceaux qui parcourent la région inférieure du limbe; d'autre part, en examinant une coupe longitudinale passant par celui-ci et par le pétiole, on constate que d'autres faisceaux s'élèvent de nouveau au-dessus du second nœud et forment l'ébauche d'un nouveau mériphyllé atrophié et intercalé entre l'extrémité du pétiole et la face supérieure du limbe (pl. II, *b c*).

L'existence de ce dernier mériphyllé, que l'observation de la surface ne pouvait point révéler, confirme pleinement la loi de la formation du limbe des feuilles peltées telle qu'elle nous est révélée par l'organogénie. Elle prouve aussi que le sommet de l'axe végétatif de la feuille primordiale ne coïncide pas toujours avec le sommet apparent du limbe (c'est-à-dire avec le point du limbe qui

est le plus éloigné de sa base). Ces mériphylls terminaux atrophiés existent dans d'autres plantes, et même dans des feuilles non peltées (*Aralia digitata*, pl. II, b c).

On comprend aisément toute l'importance de cette observation pour la théorie des feuilles. La formation de certaines parties, basipète par rapport à la base apparente, pourrait fort bien, en effet, être basifuge par rapport au sommet réel de l'axe végétatif de la feuille primordiale.

Dans la presque totalité des feuilles dentelées, chaque dent correspond à une nervure. On cite, il est vrai, quelques cas de nervures aboutissant à des sinus du bord du limbe, mais une observation attentive montrera toujours que la direction de la longueur de la dent est alors oblique sur celle de la nervure du sinus, et que cette longueur est d'ailleurs parcourue par une nervure d'un ordre plus élevé (*Fagus Gunnii* Hook. *Coldenia procumbens* L., *Cratægus oxyacantha* L., *Rhinanthus*). D'autre part, la structure, déjà citée, des feuilles de *Saxifraga crassifolia* et *ligulata* dans lesquelles la saillie correspondant aux faisceaux postérieurs existe à l'état rudimentaire, suggère l'idée que chaque faisceau correspond à une saillie sinon visible, du moins virtuelle.

On peut donc dire, d'une manière générale, que *la direction de chaque faisceau de la feuille correspond à une pousse du tissu foliaire, de même que chaque faisceau de la tige correspond à une feuille ou un rameau.*

Tout semble donc concourir à faire considérer la feuille comme un *rameau dont le cône terminal serait frappé de stérilité, tantôt sur une zone plus ou moins étendue de son sommet même (feuilles peltées, feuilles cylindriques, feuilles plates, mais complètes, telles que Acer pseudo-Platanus et*

*Populus nigra*), tantôt sur le sommet à la fois et sur la face postérieure (feuilles ordinaires).

Il y a cependant une différence entre la feuille et le rameau. Cette différence réside dans le mode d'insertion sur la tige et résulte de la position intercalée du bourgeon. Tandis que les faisceaux communs de la feuille n'ont à s'écarter que du côté postérieur pour pénétrer dans la tige, ceux du bourgeon ont à s'écarter à la fois dans la région postérieure et dans la région antérieure, afin de s'intercaler entre ceux de la feuille mère et ceux de la feuille suivante.

Du reste, cette différence n'a évidemment qu'une importance secondaire. Il est clair, en effet, que les systèmes de faisceaux détachés postérieurs (Juglandées, Carpinées, *Populus*) se partageant nécessairement en deux branches latérales à leur insertion sur le système essentiel, représentent des feuilles insérées à la manière des rameaux. Sous ce rapport la feuille du *Populus nigra*, dont le système détaché se réunit au système essentiel tout près de l'insertion de ce dernier sur la tige, est particulièrement intéressante. Elle prouve que les systèmes détachés sont de véritables intermédiaires entre la feuille et le rameau, et qu'on pourra les considérer indifféremment ou comme des rameaux soudés avec la feuille ou comme des surfeuilles.

La considération de la structure intime des feuilles donne ainsi la clef de la théorie des soudures, en démontrant leur existence virtuelle là où aucune saillie apparente ne pouvait les faire supposer.

Les feuilles primordiales sont les *saillies primordiales* du cône terminal, dont les rameaux axillaires représentent des saillies subséquentes. Chaque *saillie primordiale* (feuille

primordiale) peut à son tour produire d'autres saillies primaires, secondaires, tertiaires, etc., tantôt dans tout son pourtour (*Acer pseudo-Platanus*, *Populus nigra*, *Juglandées*, etc.), tantôt d'un seul côté (la plupart des feuilles). Dans le premier cas, le sommet végétatif de la saillie primordiale peut coïncider avec le sommet apparent de la feuille (*Acer pseudo-Platanus*, *Populus nigra*). Mais il peut aussi arriver que les saillies secondaires antérieures s'allongeant beaucoup plus que les postérieures, éloignent le sommet apparent du sommet végétatif de la saillie primordiale (*Tropæolum majus*, *Saxifraga crassifolia*, *Saururus cernuus*). C'est ainsi que chez tant de feuilles le système ligneux, complet de toutes parts dans le pétiole, manque entièrement à la région postérieure du limbe (*Cytisus Laburnum* L., pl. II, fig. 5, 6).

Voici maintenant un exemple qui fera comprendre mieux encore toute l'importance de l'examen de la structure interne pour la solution de plusieurs problèmes de morphologie.

Tout le monde sait que deux théories sont en présence pour expliquer la vraie nature du tube du calice des roses. Les uns y voient un verticille de feuilles soudées par leurs pétioles, les autres le considèrent comme un pédoncule évasé et creusé intérieurement. Pour ces derniers, la formation foliaire ne commencerait qu'au sommet du tube portant les organes floraux, et les ovaires qui paraissent insérés sur les parois internes du tube reposeraient, en réalité, sur un torus évasé et soudé avec le tube du calice. Une monstruosité récemment décrite par M. Planchon<sup>1</sup> semble donner raison à la première théorie. Cet auteur a

<sup>1</sup> Monstruosité de *Cydonia*, dans *Bull. de la Soc. bot. de Fr.*, 1866, t. XIII, p. 234.

observé, en effet, une fleur de rosacée dont le tube du calice était décomposé en plusieurs pétioles.

Or, si l'on examine la section transversale du pédoncule et du tube de la rose double à diverses hauteurs, on constate les faits suivants :

1° Les faisceaux centrifuges, au nombre de trente environ, qui composent l'anneau ligneux du pédoncule (pl. II, fig. 9), sont situés, en réalité, sur plusieurs rangs concentriques qui deviennent d'autant plus distincts que les faisceaux s'approchent plus du sommet du tube dans lequel ils pénètrent directement, c'est-à-dire sans anastomoses. Chaque rang de faisceau correspond à un rang de sépales ou de pétales. Au sommet du tube, le nombre des faisceaux centrifuges s'accroît d'un grand nombre d'autres faisceaux orientés de la même manière, de plus en plus courts et situés sur des rangs de plus en plus intérieurs. A l'époque de la floraison, les faisceaux des rangs intérieurs, qui correspondent aux étamines et aux pétales intérieurs, sont si courts qu'ils ne descendent qu'à une petite profondeur dans le parenchyme du tube.

Jusqu'ici rien ne contredit la théorie du tube considéré comme un pédoncule évasé et creusé. On peut admettre que les rangs de faisceaux centrifuges de plus en plus intérieurs correspondent à des feuilles (sépales, pétales, étamines) de plus en plus élevées sur le cône terminal.

Mais si on examine la région du tissu du tube qui borde la cavité intérieure, on y découvre une multitude de petits faisceaux, rangés aussi sur plusieurs rangs peu distincts (pl. II, fig. 10). Chose surprenante, ces nouveaux faisceaux sont orientés à l'inverse des premiers. Leur cambium est, en effet, tourné vers la cavité du tube. Si on suit la marche de ces nouveaux faisceaux, au moyen

de coupes longitudinales, on trouve qu'ils se rendent dans les ovaires dont ils constituent la nervure dorsale, et qu'ils s'anastomosent tous ensemble au-dessous de la cavité du tube, c'est-à-dire au sommet du pédoncule.

Cette observation nouvelle me semble prouver que le tube du calice n'est ni un verticille de feuilles, ni un axe évasé, selon le sens ordinaire de ces termes.

Dans la nouvelle théorie, exposée plus haut, le tube du calice devient une saillie primordiale annulaire d'un axe arrêté dans son développement ultérieur. Les saillies correspondant à tous les faisceaux de cette saillie primordiale se développent en sépales, pétales, étamines et ovaires.

La possibilité de la formation de saillies primordiales annulaires est, du reste, un fait prouvé par l'organogénie, aussi bien que par l'existence des feuilles engainantes et des corolles gamopétales. Chez les rubiacées, dont les feuilles sont opposées, les feuilles primordiales opposées débutent simultanément sous forme d'une saillie annulaire (Eichler).

La rose fournit donc, comme la feuille d'*Acer pseudo-Platanus*, l'exemple d'une saillie primordiale pouvant produire de toutes parts des saillies primaires. Dans l'acer, ces saillies primaires restent virtuelles ou rudimentaires, tandis qu'elles se développent toutes dans la rose.

Si les sépales, pétales, étamines et ovaires de la rose restaient rudimentaires, le tube du calice se réduirait à n'être plus qu'une feuille engainante. On peut donc considérer la rose tout entière comme une feuille engainante à système fibro-vasculaire complet et dont toutes les saillies primaires possibles se développent.

Qu'est-ce maintenant qu'une feuille dont les saillies se développent, si ce n'est ce qu'on a appelé jusqu'ici une *feuille dédoublée*.

Toute feuille, si simple soit-elle en apparence (*Carpinus Betula, Corylus Avellana, Populus*), renferme donc en elle-même le principe d'une foule de dédoublements en tous sens, puisque tous ses faisceaux (essentiels, détachés, inverses) naissent successivement dans des plans différents et répondent à autant de saillies possibles. On peut concevoir que, suivant la quantité de parenchyme qui se développe entre l'apparition de deux faisceaux successifs, suivant la phase de végétation dans laquelle apparaissent ces faisceaux, leurs saillies puissent rester rudimentaires ou se développer également ou inégalement. Ne pourrait-on pas se rendre compte ainsi de la variété des formes qu'une même tige peut produire. La métamorphose, en général, ne semble-t-elle pas s'expliquer naturellement par cette nouvelle manière de considérer la feuille.

Il me paraît donc établi par tous les faits cités plus haut (Juglandées, Carpinées, etc.) que la feuille n'est point une unité morphologique. L'unité, c'est la saillie et le faisceau correspondant. On comprend l'immense variété de types que peuvent produire les divers groupements de ces saillies rudimentaires ou développées.

Les doublements de feuilles et de pétioles (Wydler, Braun, dans *Flora*, 1842, p. 349, 1852, p. 737), la présence d'étamines dans certains ovaires (Masters, in Linn. Soc. Journ. v. q.), les tubes de calice décomposés en pétioles (Planchon, l. c.) et bien d'autres faits tératologiques sont ébauchés dans des feuilles où on ne les soupçonnerait guère à première vue. Que de germes de transition ne saisit-on pas ainsi dans la nature elle-même entre les espèces les plus tranchées, entre les monstruosité et les faits normaux? S'étonnera-t-on dès lors que l'espèce,

généralement fondée sur les formes les plus apparentes, devienne un terrain si mouvant dès qu'on y regarde de près.

Je ne puis m'empêcher de considérer les faisceaux détachés des Juglandées autrement que comme l'ébauche des étamines qui, dans la fleur mâle, naissent sur les écailles du périgone. En effet, parmi les Amentacées (examinées genre par genre, presque espèce par espèce) j'ai trouvé des faisceaux détachés de la face postérieure chez les Juglandées, Carpinées, Corylacées, Populus, Alnus, dont les étamines sont toujours insérées sur les écailles du périgone. En revanche, les Cupulifères, Saliciniées, Myricées, dont les étamines sont libres, sont privées de faisceaux détachés postérieurs. Les Betulacées et certains Alnus semblent faire exception, mais en examinant leurs feuilles de près, on trouve qu'elle est munie d'un coussinet, souvent développé en écailles<sup>1</sup> (*Betula alba*, L., pl. II, fig. 18, 19). Ce coussinet, privé de faisceaux ligneux, résulte évidemment du développement de la saillie correspondante aux faisceaux du collenchyme cortical.

Le coussinet, en général, me semble être l'analogue des stipelles de la face postérieure, dont il prend souvent l'apparence (Betulacées, bien qu'il soit plus ordinairement réduit à l'état de simple protubérance charnue). L'importance morphologique du coussinet grandit singulièrement dès qu'on se prend à l'envisager comme un rudiment de dédoublement normal. On ne s'étonne plus alors de trouver des étamines opposées aux pétales (*Grossulariées*, *Vacciniées*) dans beaucoup de plantes dont les feuilles

<sup>1</sup> Ces écailles insérées sur le dos même du pétiole et non sur ses bords ne sauraient, ce me semble, devoir être considérées comme des stipules, bien qu'on les ait toujours décrites sous ce nom.

sont munies de coussinets dès qu'on tient compte du développement possible de ceux-ci.

Le coussinet de la face antérieure, les stipelles et autres productions de la face postérieure de la feuille sont, à tous les degrés, de véritables dédoublements normaux et apparents. Ils représentent, dans le sens transversal, ce que sont les crénelures, les dentelures, les sinuosités, les lobes dans le sens latéral.

Les faisceaux détachés et inverses sont les ébauches de dédoublements plus profonds ou de proliférations possibles et en tous sens, jusque dans l'intérieur même de la feuille. Les feuilles en godet (*Sarracenia*, *Cephalotus*, *Nepenthes*), les tubes de calice, les cupules, les cavités ovariennes, les ovules même ne sont que des expressions plus ou moins apparentes d'un phénomène unique dont le principe préexiste dans toute feuille.

Cette hypothèse de la formation des cavités ovariennes par des dédoublements internes, me paraît d'ailleurs pleinement justifiée par un fait remarquable et d'une vérification facile.

Il suffit pour cela de comparer attentivement la section transversale de l'étamine avec celle du carpelle du *Magnolia Yulan*. On trouve alors que l'étamine renferme trois faisceaux, dont un central et deux latéraux (pl. II, fig. 21). Ces derniers sont des détachés latéraux qui rejoignent le faisceau du centre au-dessus de l'insertion de l'étamine et tournent leurs trachées vers lui, tandis que leur cambium regarde la périphérie. Ces détachés ne parcourent qu'une faible longueur de l'étamine et s'arrêtent au-dessous des loges, dont la déhiscence, dans cette espèce, est latérale. Quant au faisceau central, il parcourt toute la longueur de l'organe et se compose de trachées placées entre deux

masses de cambium, dont l'une regarde la face antérieure et l'autre la face postérieure de l'étamine. C'est un faisceau commun double et qui reste tel pendant une partie de son trajet au travers de l'axe de la fleur, mais dont la moitié postérieure descend moins bas que l'antérieure. Il résulte de là que la section transversale de l'axe portant les étamines offre toujours à la fois des faisceaux simples tournant leur cambium vers la périphérie et des faisceaux doubles. Les premiers correspondent à des étamines insérées fort au-dessus de la section, et les autres appartiennent à des étamines situées tout près de cette même section transversale.

D'autre part, chaque carpelle reçoit de l'axe un faisceau double semblable à celui de l'étamine, mais qui se dédouble au sortir de cet axe (pl. II, fig. 23, 24). La moitié antérieure de ce faisceau parcourt la face antérieure du carpelle, tandis que sa moitié supérieure longe la face postérieure et constitue évidemment le placenta (pl. II, fig. 23, 24). Enfin, les détachés latéraux parcourent les côtés du carpelle et achèvent d'établir, par leur présence, l'identité fondamentale de l'étamine et du carpelle (pl. II, fig. 23, 24).

On acquiert ainsi la certitude que ce dernier n'est qu'une étamine dédoublée intérieurement. L'examen attentif de la section transversale du carpelle montre aussi que les deux saillies du placenta correspondent à l'accroissement des extrémités de l'arc formé par le faisceau postérieur. Le faisceau de chaque ovule (pl. II, fig. 24) est orienté de manière à tourner ses trachées vers celles du faisceau postérieur dont il représente évidemment un inverse.

Il ne faut donc plus voir dans la carpelle du *Magnolia*

Yulan une feuille repliée dont les bords portent les ovules. Ces derniers naissent évidemment dans une cavité du tissu même de la feuille carpellaire, et représentent des folioles intérieures insérées sur le système essentiel.

Aucune autre hypothèse ne saurait rendre compte de la répartition des faisceaux dans le carpelle du *Magnolia*. Ainsi la théorie admise jusqu'ici, d'après laquelle les carpelles représenteraient des feuilles recourbées, se trouve en contradiction complète avec la structure de l'ovaire de cette plante.

Il s'en faut de beaucoup que la question soit aussi simple pour tous les ovaires formés d'un seul carpelle. Le plus souvent la feuille carpellaire, privée de faisceaux postérieurs, ne renferme qu'un arc fibro-vasculaire incomplet, et ressemble par conséquent tout à fait à une feuille recourbée. Cette ressemblance est même encore augmentée par la déhiscence du fruit facilitée par l'absence de faisceaux postérieurs.

C'est sans doute à la même cause qu'il faut attribuer une foule de faits tératologiques tels que les ovaires béants portant des ovules sur les bords de leur fente. Ces monstruosités, d'ailleurs fréquentes, ne sauraient plus constituer une preuve de l'ancienne théorie, puisqu'on a vu que toute feuille peut se créneler, se dédoubler, se ramifier même en tous sens.

La nouvelle théorie du carpelle, telle que je viens de la proposer, aurait du reste l'avantage de rendre compte de la grande ressemblance qui existe entre le pétiole et le fruit de la plupart des légumineuses. Quiconque a comparé les sections transversales de ces deux organes a dû être frappé, comme moi, de l'identité presque complète de leur structure fibro-vasculaire (pl. II, fig. 7, 8).

La comparaison de l'étamine des *Magnolia* avec celle des *Pæonia* semble aussi jeter un jour tout nouveau sur une question déjà bien ancienne.

Il vient d'être établi, en effet, que l'étamine à déhiscence latérale du *Magnolia* représente une feuille à face postérieure développée. Celle des *Pæonia*, par contre, dont les anthères sont introrses, ne reçoit qu'un seul faisceau antérieur, ainsi qu'on peut s'en assurer par la section transversale. L'étamine introrse des *Pæonia* n'est donc qu'une feuille à région postérieure atrophiée. En est-il de même dans tous les cas d'étamines introrses, et les étamines extrorses représentent-elles toujours des feuilles à face antérieure atrophiée? C'est ce qui me paraît infiniment probable sans que j'ose encore l'affirmer. Tout le monde sait que les pétales des renonculacées sont presque toujours munis d'un onglet qui se détache du pétale un peu au-dessus de l'insertion de celui-ci. Cet onglet me semble représenter en petit la saillie de la face postérieure qu'on peut si souvent observer en grand sur les feuilles ordinaires (*Saxifraga ligulata*, pl. II, fig. 14, 15). On conçoit dès lors que si cet onglet se développe en étamines, ces dernières doivent être extrorses, ainsi que cela a lieu dans presque toutes les renonculacées.

Enfin la présence de faisceaux détachés dans les étamines du *Magnolia* est-elle la première ébauche de ces multiplications d'étamines si fréquentes dans presque toutes les familles? C'est ce qu'une étude détaillée de chaque cas particulier pourrait seule nous révéler.

On a pu voir aussi, par tout ce qui précède, que les différences superficielles, souvent si frappantes, entre les deux faces des limbes sont liées à un fait beaucoup plus général; celui de l'inégal développement des deux ré-

gions de la feuille. Sans vouloir affirmer une loi que de plus nombreuses observations pourraient démentir, je ne crois pas me hasarder beaucoup en disant que l'égal développement des deux régions de la feuille, sous le rapport des faisceaux ligneux ou même seulement sous celui du collenchyme, est presque toujours indiqué par une égalité de pubescence ou de poli des deux faces. La répartition des stomates me semble dépendre aussi de la même circonstance. En effet, tous les cas connus d'égal répartition des stomates sur les deux faces des feuilles m'ont paru correspondre ou à un développement parfaitement égal du tissu fibro-vasculaire de ces deux faces (*Populus nigra* et feuilles cylindriques) ou à la présence de faisceaux doubles (*Viscum album*, *Protea cynaroides*, *Echium vulgare*, *Anemopsis californica*).

De récents travaux ont déjà montré que les stomates existent, en petit nombre il est vrai, sur la face postérieure de plusieurs feuilles où on ne les connaissait jusqu'ici que sur la face antérieure. Ce résultat s'accorde bien avec le fait que dans une foule de cas le système fibro-vasculaire de la face postérieure n'est qu'ébauché sous forme de collenchyme. N'y aurait-il pas dès lors un certain intérêt à reprendre cette étude de la répartition des stomates en la combinant avec une observation approfondie de celle des faisceaux.

Les pages qu'on vient de lire auront montré, je l'espère, toute l'importance de l'étude de la structure interne des feuilles. Un grand nombre de faits établissent que la feuille ne diffère du rameau que par une insuffisance de développement. Cette identité fondamentale de deux productions le plus souvent si dissemblables échappe naturellement à l'observateur des formes extérieures de la

feuille. Les saillies de la surface sont, en effet, souvent si rudimentaires qu'elles se déroberaient entièrement à l'observation, si leurs faisceaux correspondants n'étaient là pour témoigner de la présence virtuelle de ces saillies. Les inductions fondées sur ce témoignage seraient cependant elles-mêmes de pures hypothèses, si une foule de faits tératologiques et normaux ne prouvaient que chaque faisceau indique bien réellement la direction d'une saillie possible (*Saxifraga ligulata*, *Saururus cernuus*). La feuille n'est donc pas plus simple que le rameau et peut comme lui, et suivant les mêmes lois, se ramifier en tous sens. La théorie des dédoublements et des soudures se trouve dès lors fondée sur un terrain solide. Elle cesse d'être une pure hypothèse à peine étayée de quelques cas tératologiques, ou invoquée en désespoir de cause là où tout autre explication devient impossible.

La morphologie acquiert ainsi une ressource nouvelle dont quelques exemples (rose et *Magnolia*) auront pu faire apprécier l'utilité. Enfin, l'étude approfondie de la structure interne des feuilles pourrait bien aussi élargir le champ de la paléontologie végétale, en fournissant des caractères spécifiques nouveaux et en suggérant parfois la possibilité de certains passages entre les espèces.

---

### Explication des planches.

NB. Pour toutes les coupes, l'axe de la plante est censé être au-dessus de la figure. La lettre *f* indique partout le collenchyme qui n'a été figuré que dans les cas les plus importants.

#### PLANCHE I.

Fig. 1. *Sorbus Aucuparia*. Coupe transversale du milieu du pétiole ;  
*a* bois, *b* cambium, *c* liber.

» 2. *Tropæolum majus*. Coupe transversale du milieu du pétiole.

» 3. *Thalictrum aquilegifolium*. Id. id.

- Fig. 4. *Acacia ovalis*. Coupe transversale du milieu d'une phyllode.  
 » 5. *Salix amygdalina*. Coupe transversale du milieu du pétiole.  
 » 6. *Alnus glutinosa*. Id. id.  
 » 7. Id. Id. du limbe.  
 » 8. *Corylus Avellana*. Id. du pétiole.  
 » 9. Id. Id. du limbe.  
 » 10. *Juglans regia*. *Rhachis* de la feuille supposé transparent, et dans lequel on voit le système essentiel *e* et le système détaché *d*.  
 » 11. *Juglans regia*. Coupe transversale du milieu du *Rhachis*.  
 » 12. *Populus nigra*. Id. du pétiole.  
 » 13. Id. Id. de la nervure médiane.  
 » 14. Id. Id. d'une nervure secondaire.  
 » 19. Id. Id. d'une nervure tertiaire.  
 » 15. *Acer pseudo-Platanus*. Id. de la base du pétiole.  
 » 16. Id. Id. du sommet du pétiole.  
 » 17. Id. Id. de la nervure médiane  
 » 18. Id. Id. d'une nervure secondaire.

## PLANCHE II.

- Fig. 1. *Acer pseudo-Platanus*. Coupe longitudinale du pétiole et de la base du limbe ; *m* jonction d'un faisceau postérieur avec un antérieur ; *i* inverse du pétiole ; *i'* inverse de la nervure médiane.  
 » 2. *Tropæolum majus*. Coupe longitudinale du pétiole et de la base du limbe ; *m* nœud de la base ; *n* nœud du sommet du pétiole ; *o* nœud terminal du mériphyllé atrophié.  
 » 3. *Cytisus Laburnum*. Coupe longitudinale du pétiole, montrant que les détachés rejoignent le système essentiel à la base et au sommet du pétiole.  
 » 4. *Aralia digitata*. Coupe longitudinale du pétiole et de la base de la foliole médiane.  
 » 5. *Cytisus Laburnum*. Coupe transversale du milieu du pétiole.  
 » 6. Id. Id. de la base du limbe.  
 » 7. *Coronilla Emerus*. Coupe transversale du milieu du pétiole.  
 » 8. Id. Id. id. du légume.  
 » 9. *Rose double*. Id. id. du pédoncule.  
 » 10. Id. Id. id. du tube du calice.  
 » 11. *Saxifraga ligulata*. Id. id. de la base du limbe.  
 » 12. Id. Id. id. de la gaine.  
 » 13. Id. Id. id. du pétiole.

- Fig. 14. *Saxifraga ligulata*. Feuille dont le bourrelet postérieur s'est développé.
- » 15. Id. Feuille dont le bourrelet postérieur est rudimentaire.
- » 16. *Aralia digitata*. Coupe transversale du milieu du pétiole.
- » 17. *Rose double*. Coupe longitudinale du tube du calice; *u* faisceaux se rendant aux sépales; *x* faisceaux se rendant aux ovaires.
- » 18. *Alnus glutinosa*. Face antérieure de la base du pétiole; *z* écailles représentant le coussinet.
- » 19. *Alnus glutinosa*. Face antérieure de la base du pétiole dont les écailles sont tombées; *z* cicatrices de ces écailles montrant qu'elles ne sauraient être prises pour des stipules et occupent la position d'un coussinet.
- » 20. *Viscum album*. Coupe transversale du limbe dont tous les faisceaux sont doubles.
- » 21. *Magnolia Yulan*. Coupe transversale de la base de l'étamine. Dans cette figure, ainsi que dans les suivantes, la partie ombrée de chaque faisceau représente les trachées et la partie claire indique le cambium; *k* faisceau central double; *d* faisceaux détachés
- » 22. *Magnolia Yulan*. Coupe transversale de l'axe de la fleur dans la région des étamines; *k* faisceaux doubles pénétrant dans les étamines; *s* faisceaux d'étamines réduits à leur partie postérieure, et indiquant, sans doute, chez les étamines, une tendance à devenir extrorses.
- » 23. *Magnolia Yulan*. Coupe transversale de l'axe dans la région des carpelles.
- » 24. *Magnolia Yulan*. Coupe transversale d'un carpelle.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

KOMMERELL. EIN NEUES, etc. UNE NOUVELLE EXPÉRIENCE DE PHYSIQUE. (*Poggend. Annalen*, tome CXXXIII, p. 510.)

L'appareil consiste simplement en une poulie placée sur un plan incliné et retenue avec la main au moyen d'un cordon ou d'un ruban. La poulie se compose d'un petit cylindre très-court, muni à ses deux extrémités de deux disques en verre égaux entre eux, mais d'un diamètre plus considérable que le cylindre. Un ruban faisant un certain nombre de fois le tour du disque, et s'en détachant tangentiellement à sa partie inférieure, est tenu à la main de manière à demeurer continuellement parallèle au plan incliné. Cela étant, et à condition que le plan incliné ne soit pas trop rapide, on obtiendra, en tirant le ruban de bas en haut, ce résultat assez inattendu, savoir que la poulie montera le long du plan incliné enroulant le ruban autour d'elle, jusqu'à arriver à la main qui le tient.

Ayant observé ce fait pour la première fois en voyant un enfant jouer avec une sorte de toupie, l'auteur s'est cru autorisé à le publier à cause de sa nouveauté et comme un cas intéressant du frottement de roulement sur un plan incliné.

Voici, en effet, la théorie fort simple elle-même à l'aide de laquelle il explique son expérience.

Soit  $\varphi$  l'angle du plan incliné avec l'horizontale ;  $R$  le rayon d'un cercle tangent au plan incliné et représentant les deux disques de verre, et  $r$  le rayon du cylindre de la poulie ; soit de plus  $P$  la force avec laquelle la main tire le ruban ;  $N$  la force tangentielle de frottement qui résulte de ce que la partie inférieure de la poulie est tirée de bas en haut ; enfin  $Q$  le poids de la poulie dont la composante parallèle au plan

incliné est  $Q \sin. \varphi$ . Pour qu'il y ait équilibre entre ces trois forces qui seules agissent sur la poulie, il faut que

$$(1) \quad P = Q \sin. \varphi + N$$

et

$$(2) \quad N(R-r) = Q \sin. \varphi. r.$$

L'équation (1) pourra toujours être satisfaite, car l'on peut augmenter à volonté la force  $P$ ; mais (2) devient impossible si l'inclinaison  $\varphi$  est trop grande. En effet,  $F$  étant le coefficient de frottement, la valeur maxima de  $N$  sera

$$F Q \cos. \varphi,$$

soit  $\alpha$  la valeur de l'inclinaison du plan dans ce cas, et il vient pour l'équation (2)

$$F Q \cos. \alpha (R-r) = Q \sin. \alpha r$$

ou

$$(3) \quad \text{tang. } \alpha = \frac{F(R-r)}{r}$$

Cette équation donne la valeur maxima de l'inclinaison et montre en même temps que cette inclinaison pourra être d'autant plus grande que  $R$  sera plus grand et que  $r$  sera plus petit.

Mais si  $\varphi < \alpha$ , on a aussi :  $N < F Q \cos. \alpha < F Q \cos. \varphi$ , alors l'on peut détruire l'équilibre en augmentant la force  $P$  de traction de la main; il s'ensuit une augmentation correspondante pour la force tangentielle  $N$ , tandis que la force  $Q \sin. \varphi$  reste invariable. Ainsi donc avant que  $N$  atteigne sa valeur limite, il se produit un mouvement de rotation de la poulie autour de son point de contact avec le plan incliné, comme si le rayon mené du centre de la poulie à ce point de contact était un levier, le moment de la puissance  $P$  étant plus grand que celui de la résistance  $Q \sin. \varphi$ . La conséquence de ce mouvement de rotation est que la poulie monte le long du plan incliné, et le même raisonnement s'applique à chaque point qu'elle occupe dans ce mouvement ascendant.

L'auteur suppose ici le cas le plus simple, savoir celui où le ruban est maintenu parallèle au plan incliné; il est facile

de généraliser la théorie et de l'étendre aux cas où ce ruban occupe d'autres directions.

Comme on le voit, l'appareil est on ne peut plus simple et l'expérience des plus faciles à répéter. Pour la faire mieux réussir, il convient d'employer un ruban plutôt qu'un cordon, afin d'éviter que la poulie se place obliquement sur le plan incliné.

E. S.

---

E. VILLARI. UEBER EINIGE EIGENTHÜMLICHE, etc. DE QUELQUES PHÉNOMÈNES PARTICULIERS D'ÉLECTRO-MAGNÉTISME ET DE L'HYPOTHÈSE DE WEBER SUR L'ÉLECTRO-MAGNÉTISME. (*Pogg. Annalen*, t. CXXXIII, p. 233.)

L'auteur de ce travail s'est appliqué à étudier l'influence que l'état magnétique initial d'un barreau de fer ou d'acier exerce sur les courants magnéto-électriques induits excités dans un conducteur voisin par une modification quelconque, soit augmentation, soit diminution, apportée au moment magnétique de ce barreau. Son but était de vérifier la théorie de Weber, également proposée par M. de la Rive et qui n'est qu'un complément de celle d'Ampère, d'après laquelle les courants moléculaires seraient préexistants dans les corps magnétiques, et seraient simplement orientés par l'action de l'aimantation, entraînant dans ce mouvement les particules elles-mêmes de ces corps. Il pense que, s'il y a mouvement moléculaire, la rapidité avec laquelle il s'exécute doit dépendre de l'état magnétique initial, de même que les courants magnéto-électriques qui en résultent et qui eux-mêmes dépendent de la rapidité de la modification magnétique.

Son appareil consistait en un barreau en acier ou en fer, autour duquel étaient disposés deux fils conducteurs enroulés en spirale, l'un extérieur dans lequel passait tout d'abord un premier courant destiné à aimanter le barreau, puis d'autres courants plus faibles, directs ou inverses, servant à modifier le magnétisme primitif en plus ou en moins, l'autre intérieur

relié à un galvanomètre, et dans lequel l'interruption du courant extérieur et la modification magnétique excitaient des courants induits qu'il s'agissait de mesurer.

L'auteur résume lui-même comme suit le résultat de ses recherches, qui, selon lui, confirment pleinement la théorie de Weber :

1° L'aimantation et la désaimantation sont accompagnées de mouvements moléculaires.

2° La rapidité avec laquelle s'exécutent ces mouvements dépend de l'état moléculaire initial du fer ou de l'acier.

3° Le courant magnéto-électrique n'est pas toujours proportionnel à la quantité dont s'accroît ou diminue le moment magnétique de l'aimant; il dépend non-seulement de cette quantité, mais encore de la rapidité avec laquelle s'accomplit la modification magnétique.

4° Cette modification n'est pas toujours proportionnelle à l'intensité du courant qui la produit, même en ayant égard à la capacité magnétique du barreau de fer ou d'acier dans laquelle elle se produit.

E. S.

---

#### CHIMIE.

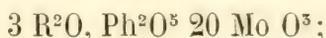
H. DEBRAY. RECHERCHES SUR LES COMBINAISONS DE L'ACIDE MOLYBDIQUE ET DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, séance du 6 avril 1868.)

On a remarqué depuis longtemps qu'une dissolution de molybdate d'ammoniaque, rendue acide par l'addition d'acide chlorhydrique ou d'acide azotique, détermine un précipité jaune dans une liqueur renfermant de l'acide phosphorique. Cette réaction, extrêmement sensible, est employée pour reconnaître la présence de l'acide phosphorique, et peut même servir à en déterminer la quantité, ce précipité ayant une composition constante et étant à peu près insoluble dans tous les acides. Ce phosphomolybdate d'ammoniaque est le type de tout un genre de sels nouveaux, fort intéressants, dont M. Debray vient de publier une description sommaire.

En faisant bouillir du phosphomolybdate d'ammoniaque avec un excès d'eau régale, on détruit l'ammoniaque et l'on obtient un liquide jaune qui fournit, par évaporation spontanée, l'acide phosphomolybdique libre cristallisé. Cet acide résulte de la combinaison de 1 équivalent d'acide phosphorique avec 20 équivalents d'acide molybdique. Il peut former trois hydrates distincts, tous trois cristallisables, renfermant 13,3, 19,6 et 23,4 p. 100 d'eau. Le dernier de ces hydrates forme de gros cristaux en octaèdres réguliers.

L'acide phosphomolybdique précipite, de leurs dissolutions fortement acides, la potasse, les oxydes de rubidium, de cæsium, de thallium, l'ammoniaque et les alcalis organiques azotés. Il ne précipite point la soude, ni la lithine, et peut servir ainsi à les séparer des autres alcalis. Les autres oxydes métalliques ne sont pas précipités par l'acide phosphomolybdique dans une liqueur suffisamment acide.

Les phosphomolybdates jaunes de potasse, de thallium et d'ammonium sont représentés par la formule générale

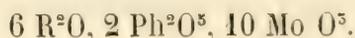


ceux de potasse et d'ammoniaque contiennent, en outre, 3 équivalents d'eau d'hydratation.

L'acide phosphomolybdique et ses sels ne sont stables qu'en présence des acides; les alcalis les transforment ordinairement en molybdates ordinaires et en un nouveau genre de phosphomolybdates dans lequel les deux acides sont unis dans le rapport plus simple de 1 à 5.

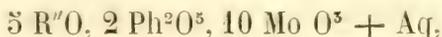
Ces phosphomolybdates sont incolores ou peu colorés, d'un aspect nacré; ils sont solubles dans l'eau et facilement cristallisables; un excès d'acide les ramène à l'état de phosphomolybdates jaunes en mettant de l'acide phosphorique en liberté.

Les sels d'ammoniaque, de potasse, d'argent et de soude appartenant à ce genre sont représentés par la formule générale :

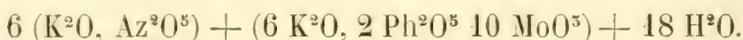


Les trois premiers renferment, en outre, 14 équivalents d'eau; celui de soude en contient 28.

Il semble qu'on pourrait simplifier ces formules en en divisant tous les termes par deux; mais comme l'action ménagée des acides fournit un nouveau type de sels également bien cristallisés représentés par la formule générale



il convient de conserver aux premiers sels les formules précédentes. Enfin, quelques-uns de ces sels peuvent former des sels doubles avec les azotates, par exemple :



La facilité avec laquelle l'acide phosphomolybdique des sels blancs se transforme en acide phosphomolybdique jaune et acide phosphorique n'a pas permis jusqu'ici de l'isoler.

L'analyse des composés précédents présente de très-grandes difficultés quand on a recours aux méthodes de séparation ordinaires. L'auteur signale le procédé suivant, qui lui a bien réussi.

On sépare l'acide phosphorique de l'acide molybdique, en faisant passer sur un mélange de ces acides et de chaux chauffé au rouge naissant, dans une nacelle de porcelaine, d'abord un courant de gaz sulfhydrique, puis d'acide chlorhydrique. Il se forme du chlorure de calcium, du sulfure de molybdène cristallisé comme le sulfure naturel et du chlorophosphate de chaux ou apatite également cristallisée. Le chlorure de calcium s'enlève par l'eau, l'apatite par l'acide chlorhydrique, qui n'attaque pas le sulfure de molybdène; celui-ci, facile à laver et à recueillir, est pesé avec beaucoup d'exactitude. On dose facilement le phosphore dans la liqueur chlorhydrique.

Lorsqu'il s'agit des phosphomolybdates alcalins, une partie de l'alcali, transformée en chlorure, se volatilise. Pour doser l'alcali, il faut recourir au procédé suivant: on dissout le phosphomolybdate dans un excès d'ammoniaque, et l'on

ajoute à la liqueur une solution ammoniacale d'azotate d'argent ; par l'ébullition, on obtient d'abord du phosphate tribasique d'argent cristallisé, puis du molybdate d'argent incolore et cristallisé également ; l'alcali reste seul dans la liqueur, où il est facile de le doser.

C. M.

---

H. DEBRAY. SUR LA FORMULE DE L'ACIDE MOLYBDIQUE ET L'ÉQUIVALENT DU MOLYBDÈNE. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, séance du 13 avril 1868.)

Plusieurs analogies et une fréquente association dans le règne minéral ont conduit en général les chimistes à attribuer une même constitution aux acides tungstique, molybdique et vanadique, et jusqu'à ces derniers temps on ne mettait pas en doute que ce ne fussent des acides à trois atomes d'oxygène. Mais M. Roscoe <sup>1</sup> vient de démontrer que l'acide vanadique a pour formule  $V^2O^5$ . Plus anciennement déjà une formule analogue a été attribuée par M. Persoz à l'acide tungstique, et bien que de puissantes raisons la rendent fort peu vraisemblable, elle aurait, suivant M. Debray, quelque probabilité d'après ses recherches sur les densités de vapeur des chlorures de tungstène. Il était donc intéressant de s'assurer s'il convenait de changer la formule jusqu'ici attribuée à l'acide molybdique.

La constitution des acides phosphomolybdiques découverts par M. Debray ne jette aucun jour sur cette question, car elle s'expliquerait aussi simplement avec les deux formules  $MoO^3$  ou  $M'o^2O^5$  de l'acide molybdique. Mais l'étude du chlorure de molybdène et de sa densité de vapeur montre que l'ancienne formule peut seule être conservée.

Ce chlorure, préparé par l'action directe du chlore sur le métal, a une couleur verte foncée. Il fond à 194 degrés et bout à 268 en donnant une vapeur rouge très-intense.

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, tome XXXI, p. 331.

On a généralement attribué à ce chlorure la formule  $\text{MoCl}^4$  <sup>1</sup>, mais l'étude de ses réactions et son analyse prouvent que cette formule doit être remplacée par  $\text{MoCl}^5$ , exigeant 35,1 p. 100 de molybdène. L'analyse a donné de 35 à 35,2.

La densité de vapeur de ce chlorure, prise à 350 degrés, a donné les deux nombres 9,53 et 9,40, peu différents de 9,45, qui représentent la densité théorique du chlorure  $\text{MoCl}^5$ , correspondant à deux volumes de vapeur.

Si l'on attribue à l'acide molybdique la formule  $\text{M}'\text{o}^2\text{O}^5$ , ce qui conduit à assigner au molybdène le poids atomique  $\text{M}'=80$ , le chlorure précédent devrait être représenté par la formule  $\text{M}'\text{Cl}^4$  exigeant 36,04 de molybdène, résultat qui s'éloigne sensiblement du nombre trouvé par l'analyse. Mais surtout la densité de vapeur calculée pour cette formule serait de 7,67 ; ce nombre est trop éloigné de ceux qu'a donnés l'expérience pour que l'hypothèse qui y conduit soit admissible <sup>2</sup>.

En raison de l'extrême analogie qui existe entre les combinaisons du molybdène et du tungstène, le maintien de l'ancienne formule de l'acide molybdique entraîne presque nécessairement celui de la formule analogue pour l'acide tungstique. L'auteur annonce l'intention de soumettre à de nouvelles recherches l'étude des densités des chlorures de tungstène.

Dans son travail classique sur les équivalents chimiques,

<sup>1</sup> Pour ne pas changer le système de notation usité dans ce recueil, nous remplaçons les formules en équivalents, adoptées par l'auteur, par des formules atomiques. (C. M.)

<sup>2</sup> L'auteur obtient, pour le calcul de cette densité théorique, le nombre 7,9. Mais il y parvient en réduisant, proportionnellement au changement apporté dans le poids atomique du molybdène (6 : 5), la densité de vapeur calculée pour la formule  $(\text{MCl}^5)$ . Cela revient à supposer que le chlorure aurait une composition exprimée par la formule  $\text{M}'^6\text{Cl}^{25}$  qui est évidemment inadmissible et que nous avons remplacée par  $\text{M}'\text{Cl}^4$ . Cela ne change rien du reste à la valeur de l'argument invoqué par M. Debray. (C. M.)

M. Dumas a attribué à celui du molybdène la valeur 96 (48 pour  $O=8$ ), presque identique avec celle qu'avait obtenue jadis Berzélius. Cependant plusieurs chimistes persistent à adopter le nombre 92, résultant des expériences de MM. Svanberg et Struve, et confirmé par M. Rammelsberg. Les expériences de M. Debray confirment entièrement les résultats de M. Dumas ; il y est arrivé par deux méthodes différentes.

L'une, la même qu'avait employée M. Dumas, repose sur la réduction de l'acide molybdique par l'hydrogène. Des précautions minutieuses sont nécessaires pour obtenir des résultats exacts.

Nous devons renvoyer au mémoire original pour le détail de ces précautions. Trois expériences, exécutées sur des quantités de matière variant de 5 à 9 grammes, ont donné pour l'équivalent de 95,68 à 96,08, le premier nombre étant probablement un peu trop faible par une cause signalée par l'auteur.

La seconde méthode employée par l'auteur repose sur la synthèse du molybdate d'argent et la détermination exacte du poids d'argent qui se combine, à l'état d'oxyde, avec un poids déterminé d'acide molybdique. Deux essais ont donné pour l'équivalent du molybdène 96,00 et 95,96.

Il n'est pas inutile de rappeler que Berzélius avait déterminé l'équivalent du molybdène par une troisième méthode différente des précédentes et fondée sur la synthèse du molybdate de plomb, et qu'il avait obtenu le nombre 95,76.

Des résultats aussi voisins les uns des autres, obtenus par des expérimentateurs aussi distingués et par trois méthodes complètement différentes, nous paraissent laisser peu de doute sur l'équivalent de ce métal.

C. M.

---

A. MITSCHERLICH. MÉTHODE DIRECTE D'ANALYSES QUANTITATIVES POUR L'HYDROGÈNE, L'OXYGÈNE ET LE CARBONE PAR UNE SEULE OPÉRATION. Communiqué à la Société allemande de Chimie de Berlin, le 24 février 1868. (*Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin*, n° 5.)

Il y a environ un an que le Dr Mitscherlich fit connaître (*Ann. de Poggendorff*, vol. CXXX, p. 536) une méthode d'estimation directe de l'hydrogène et de l'oxygène d'une combinaison, en la décomposant par le chlore à une haute température; il a maintenant perfectionné son procédé, et au lieu de chlore, emploie le chlorure double de potassium et de platine, qui ne contient point d'eau, se conserve intact à l'air et qui, mélangé avec une substance organique, la décompose à une chaleur rouge en donnant de l'acide carbonique, de l'acide chlorhydrique, du carbone et, suivant la nature du corps, aussi de l'eau, une combinaison de chlore avec un carbure. L'acide chlorhydrique, l'eau et l'acide carbonique sont recueillis et pesés: le carbone et la combinaison de chlore avec le carbure sont brûlés, et l'acide carbonique qui se forme est obtenu par l'augmentation de poids de l'appareil absorbant déjà employé.

Pour l'analyse, on procède de la manière suivante: La substance est pesée, puis placée dans un tube de porcelaine contenant un mélange de pierre ponce et de chlorure double de potassium et de platine, renfermant environ 8 gr. de platine, qu'on avait auparavant fait traverser à la chaleur rouge par un courant d'azote. L'air contenu dans le tube, après l'addition de la substance, est chassé par un courant d'azote aussi pur que possible; on adapte ensuite les appareils d'absorption du côté du tube où ne se trouve pas la substance à analyser, dans l'ordre suivant: D'abord, si le corps en se décomposant peut former de l'eau, un tube renfermant de l'acide phosphorique anhydre en connexion immédiate avec celui de porcelaine, puis trois appareils renfermant le pre-

mier, une solution concentrée de nitrate de plomb, le second une solution concentrée de chlorure d'étain, et le troisième une solution de potasse. On chauffe ensuite, avec les précautions ordinaires, le tube de porcelaine jusqu'au rouge; lorsqu'il ne se montre plus de bulles dans l'appareil renfermant la solution de nitrate d'oxyde de plomb, on fait passer un courant d'azote qui chasse les produits de décomposition, et au bout de peu de temps on laisse refroidir; avant la fin de l'opération, il faut chauffer à 100° le tube renfermant de l'acide phosphorique, pour chasser le peu d'acide chlorhydrique qu'il pourrait contenir. La solution de chlorure d'étain absorbe complètement le chlore qui provient de la décomposition du chlorure double de potassium et de platine. Après avoir pesé l'appareil renfermant la potasse, on le remet en place, et réchauffe le tube de porcelaine en faisant passer un courant d'oxygène qui brûle le carbone qui s'était déposé. Dans quelques cas, il se forme une combinaison de chlore avec un carbure non volatil qui se dépose dans la partie du tube ne contenant pas de chlorure double de potassium et de platine et qui n'est pas chauffée; comme ce corps s'oxyde difficilement par l'oxygène libre, on introduit, vers la fin de l'opération, un tube renfermant de l'oxyde de cuivre dans celui de porcelaine. On chauffe alors la place où le corps s'est déposé, et le courant d'oxygène l'entraîne sur l'oxyde de cuivre, où il est décomposé; en repesant l'appareil renfermant la potasse, on a le poids total de l'acide carbonique.

Par cette décomposition de la substance organique, il s'est formé dans le tube servant à la combustion du chlorure de potassium et du platine, en faisant passer un courant de chlore à la chaleur rouge, il se reforme du chlorure double de potassium et de platine; ainsi le même tube peut servir indéfiniment.

L'azote que peut renfermer la substance à analyser doit s'échapper à l'état libre; comme on le voit par ce qui précède, Mitscherlich s'occupe de la manière la plus pratique de le recueillir.

Ce procédé d'analyse s'applique aux corps solides ou liquides non volatils : pour ceux qui le sont à la température ordinaire, ou pour les gaz, la méthode subit quelques modifications déjà décrites par Mitscherlich (*Annales de Poggendorff*, vol. CXXX); seulement, au lieu de chlore qu'il employait alors, il se sert maintenant d'azote.

Par cette méthode on obtient directement et par une seule analyse les principaux éléments d'un corps organique : mais elle demande tellement de soins, les manutentions sont si compliquées et si délicates, qu'elle ne paraît pas être très-pratique : Mitscherlich lui-même avoue n'avoir pas obtenu des résultats d'une régularité satisfaisante, mais il rejette la faute sur des erreurs de pesées. E. A.

---

### ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

P. GERVAIS. ZOOLOGIE ET PALÉONTOLOGIE GÉNÉRALES : NOUVELLES RECHERCHES SUR LES ANIMAUX VERTÉBRÉS DONT ON TROUVE LES OSSEMENTS ENFOUIS DANS LE SOL. In-4°.

Nous sommes en retard pour annoncer la belle publication de M. Gervais, et nous nous sommes laissés peu à peu arrêter par l'attente de nouvelles livraisons. Aujourd'hui la 6<sup>me</sup> et la 7<sup>me</sup> viennent de paraître, formant à peu près la moitié de la première série, et fournissant des données suffisantes pour apprécier le but et le plan de l'auteur.

Cette publication nous paraît destinée à renfermer des notes ou des mémoires détachés plutôt qu'à constituer un ouvrage suivi. Elle fournira aux paléontologistes une série de documents précieux destinés à compléter et à étendre les anciennes publications de M. Gervais et en particulier son ouvrage classique intitulé *Zoologie et Paléontologie françaises*.

La première partie aborde une des questions à l'ordre du jour et est intitulée *Recherches sur l'ancienneté de l'homme et la période quaternaire*. Nous ne nous étendrons pas sur ce

travail remarquable, que tous ceux qui s'intéressent à ce sujet ont déjà lu et qui est en partie lui-même un résumé de l'état de nos connaissances, et par conséquent peu susceptible d'être extrait. Dans un premier chapitre, M. Gervais discute la valeur des preuves qui ont servi à reconstituer l'histoire de l'homme. Le second contient des remarques au sujet de la période quaternaire, et le troisième quelques détails sur l'exploration de diverses cavernes renfermant des Anthropolithes.

Dans les deux livraisons suivantes, M. Gervais traite de quelques points de paléontologie zoologique.

Nous y trouvons une dissertation sur les espèces quaternaires du genre Rhinocéros, et en particulier sur un groupe très-difficile et d'une synonymie fort embrouillée différent du *Rhinoceros tichorhinus*, et renfermant soit le *Rh. lunellensis*, soit le *Merkii* Kaup., soit des espèces inédites des brèches osseuses de Pédemar et de la caverne du Pontil.

Les brèches osseuses de l'île de Ratonneau près Marseille ont fourni à M. Jules Itier quelques fossiles intéressants, et entre autres des dents qui indiquent une espèce de porc-épic d'un tiers plus grande que les plus grands individus actuels. M. Gervais les décrit sous le nom de *Hystrix major*.

Le genre *Machairodus* est représenté dans la caverne de la Baume, près Lons-le-Saunier, par quelques dents qui paraissent ne pas différer sensiblement de celles du *Mach. latidens*, Owen.

Un chapitre important est consacré à l'étude monographique des mammifères fossiles de St.-Prest (Eure-et-Loire). On sait que dans ce gisement on a trouvé des os travaillés et des silex et que cependant quelques paléontologistes le rapportent à l'époque pliocène. Cette opinion, qui nous a toujours paru en désaccord avec les faits, est combattue par M. Gervais; il considère cette faune comme quaternaire, tout en reconnaissant qu'elle est plus ancienne que celle de l'*Elephas primigenius*. Parmi les espèces perdues, qui sont figurées

dans l'atlas, nous remarquons un grand cerf (*Megaceros Carnutorum*) et le *Conodontes Boisvilleti*, gros rongeur du groupe des Castors, qui paraît n'être autre chose que le *Trogontherium Cuvieri* et le *Diabroticus Schmerlingi*. La faune renferme en outre de nombreuses espèces déjà connues, telle que l'*Elephas meridionalis*, etc.

Vient après une discussion sur les mammifères quaternaires d'Algérie comparés à ceux d'Europe.

Le sixième chapitre contient une énumération des principales espèces de mammifères propres à la période quaternaire, et de nouvelles indications relatives à plusieurs de celles dont on trouve des restes fossiles en France. C'est un précieux résumé qui évitera aux paléontologistes bien des recherches bibliographiques.

La dernière feuille de la cinquième livraison avait commencé un autre sujet, l'étude de quelques crânes des anciens habitants de l'Europe centrale, avec un coup d'œil sur les éléments ethnographiques de la population française. Ce travail se continue et se termine dans la sixième. La conclusion de l'auteur sur l'époque de l'apparition de l'homme en Europe est qu'aucun document sérieux ne peut la faire supposer antérieure au commencement de la période quaternaire, et que même on ne possède pas des preuves irréfutables que l'homme ait existé dans nos contrées dès le commencement de cette période.

Les 6<sup>me</sup> et 7<sup>me</sup> livraisons renferment le commencement de la deuxième partie. Elles contiennent une étude de mammifères fossiles de l'Amérique méridionale et un bon résumé de ce qui est connu à cet égard.

Il y a longtemps que nous connaissons dans M. Gervais un des guides les plus sûrs pour diriger dans l'étude des mammifères fossiles. C'est donc avec un vrai plaisir que nous saluons l'apparition de ce nouvel ouvrage, et que nous faisons des vœux pour sa continuation.

F.-J. P.

---

## BOTANIQUE.

Paul BERT. RECHERCHES SUR LES MOUVEMENTS DE LA SENSITIVE.

(*Mém. de la Soc. des Sciences naturelles*. Bordeaux, 1866, à part, chez Baillière, à Paris.)

Il semble qu'on ait épuisé toutes les manières d'expérimenter et toutes les observations possibles sur les mouvements de la Sensitive (*Mimosa pudica*). Cependant, voici un auteur qui a découvert des faits nouveaux, parmi lesquels le suivant est peut-être le plus curieux. « Entrant une nuit à deux heures du matin dans mon cabinet, où se trouvaient quatre vigoureuses Sensitive dont j'avais, au début de la nuit, constaté l'état nocturne habituel, je fus très-surpris de voir leurs pétioles primaires extraordinairement dressés, les pétioles secondaires ne présentant rien de particulier. Une explication toute naturelle se présentait, c'est que les pétioles du premier ordre avaient repris bien avant le jour leur position diurne. Cependant leur redressement exagéré m'ayant mis en défiance, je me convainquis, lorsqu'au matin les folioles s'étalèrent, qu'ils s'étaient notablement abaissés. J'ai depuis vérifié maintes fois ce fait, et je me suis même assuré que souvent, surtout lorsque la Sensitive est un peu fatiguée, ce redressement des pétioles primaires pendant l'état nocturne a lieu d'emblée, sans être précédé de l'abaissement habituel. » L'auteur donne les mesures exactes du redressement nocturne du pétiole dans plusieurs feuilles. Les anesthésiques, tels que l'éther, arrêtent les mouvements qui résultent d'un choc, d'une lésion, etc., mais n'influent pas sur les directions de la feuille pendant la nuit. La cause de ces deux phénomènes est donc différente. L'éther, qui agit sur les mouvements accidentels, a pour effet de créer une immobilité absolue dans la position où se trouve la feuille, ce qui est bien différent de son action sur les animaux. L'ensemble du mémoire de M. Bert est intéressant sous d'autres

points de vue. Ainsi on y trouve des expériences précises sur des phénomènes déjà connus et des rectifications d'erreurs avancées autrefois par Dutochet.

---

Paul REINSCH. COMPOSITION DES CENDRES DU GUI DE PIN COMPARÉE A CELLE DES CENDRES DE CET ARBRE. (*Bulletin académique de Moscou*, 1865.)

On connaissait déjà par un travail de M. Erdmann (die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen, Göttingen, 1855) les proportions relatives des diverses substances contenues dans les cendres du pommier et dans celles du gui qu'il porte. Voici, d'après M. Reinsch, un tableau comparatif de la composition des cendres du gui de pin et de celles du pin.

	Gui.	Pin.	Différence.
Potasse.....	22,03	7,66	+14,37
Soude .....	3,86	3,27	+ 0,50
Chaux.....	21,74	40,34	-18,60
Sulfate de magnésie.....	11,72	8,34	+ 3,38
Phosphate de fer .....	6,50	9,60	- 3,90
Oxydule de manganèse ..	0,82	1,12	- 0,30
Acide phosphorique.....	14,08	4,61	+10,47
Acide silicique.....	1,72	1,72	0
Acide sulfurique.....	1,74	0,48	+ 1,26
Chlore.....	0,57	1,99	- 1,42
Acide carbonique.... .	15,27	20,23	- 4,96

---

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AVRIL 1868.

- 
- Le 1<sup>er</sup>, gelée blanche le matin.  
 2, id.  
 3, forte rosée le matin.  
 4, gelée blanche le matin ; minimum  $+ 1^{\circ},9$ .  
 6, rosée le matin.  
 8, à plusieurs reprises depuis midi, violents coups de vent du SO, surtout vers 4  $\frac{1}{2}$  heures.  
 10, il a neigé jusqu'au pied des montagnes, quelques flocons dans la plaine.  
 11, neige vers midi.  
 12, faible gelée blanche le matin.  
 13, id.  
 16, halo solaire de midi à 4 heures.  
 19, forte rosée ; couronne solaire dans la matinée.  
 22, forte rosée.  
 23, couronne solaire à plusieurs reprises dans la journée.  
 24, tonnerres à l'Ouest de 5  $\frac{1}{2}$  à 6 heures du soir ; à 6 heures violente averse qui donne près de 6<sup>mm</sup> dans un quart d'heure ; un second orage accompagné d'éclairs et de tonnerres éclate de 7  $\frac{1}{2}$  à 8 heures. Direction Sud à l'Est.  
 26, couronne solaire à plusieurs reprises dans la journée.  
 28, halo solaire partiel dans l'après-midi.  
 30, couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 2 à 10 h. matin .....	733,09	Le 1 à 4 h. soir .....	730,04
11 à 8 h. soir .....	722,38	9 à 6 h. matin .....	712,92
15 à 8 h. soir .....	729,70	12 à 2 h. après midi .....	721,02
21 à 8 h. soir .....	732,30	20 à 8 h. matin .....	715,80
25 à 11 h. soir .....	730,15	24 à 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> h. soir .....	722,24
29 à 11 h. matin .....	736,20	26 à 4 h. soir .....	727,92

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Tension de la vap.			Fract. de saturation en millièmes.			Pluie ou neige.		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône.		Limnètre à 11 h.	
	Haut. moy. 24 h.	Écart avec la hauteur normale.	millim.	Moyenne 24 heures.	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	millim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.			Eau tomb. d les 24 h.	Nomb. d'h.		Midi.
1	730,92	+ 6,52	+	6,00	-0,76	0	0	4,21	-0,95	340	930	91	340	930	...	N.	0,00	6,8	0,5	86
2	732,41	+ 8,01	+	7,32	+0,42	1,7	13,3	4,95	-0,26	430	850	57	430	850	...	N.	0,00	7,1	0,3	86
3	731,89	+ 7,49	+	7,81	+0,78	0,8	14,2	5,27	+0,01	410	920	36	410	920	...	N.	0,00	7,7	0,2	86
4	729,83	+ 5,43	+	9,05	+2,48	1,9	15,9	5,47	+0,16	400	910	92	400	910	...	N.	0,04	8,1	0,6	86
5	728,13	+ 3,72	+	10,56	+3,26	3,0	19,0	5,26	-0,09	320	870	133	320	870	...	N.	0,21	...	...	86
6	727,20	+ 2,79	+	11,82	+4,38	4,4	19,1	5,52	+0,12	300	850	152	300	850	...	N.	0,37	9,8	2,1	86
7	724,78	+ 0,37	+	11,33	+3,76	3,9	18,5	5,63	+0,18	300	840	128	300	840	...	N.	0,33	10,1	2,3	86
8	716,44	- 7,97	-	11,67	+3,96	6,3	18,6	5,60	+0,10	260	780	126	260	780	1,6	SO.	0,72	10,3	2,4	87
9	714,19	-10,23	-	5,96	-1,89	4,2	10,5	5,78	+0,23	640	970	134	640	970	11,2	SSO.	0,96	7,3	0,6	88
10	719,81	- 4,51	-	2,17	-5,82	0,2	5,4	3,39	-2,21	400	880	50	400	880	...	NNE.	0,62	...	...	88
11	721,80	- 2,62	-	1,60	-6,53	0,2	6,0	3,51	-2,14	430	1000	8	430	1000	0,1	NNE.	0,31	...	...	89
12	724,32	- 3,40	-	2,02	-6,25	1,0	5,5	3,29	-2,40	450	910	66	450	910	...	variable	0,90	...	...	92
13	721,95	- 2,47	-	2,36	-5,85	4,7	7,6	3,47	-2,27	460	960	53	460	960	...	variable	0,78	...	...	92
14	724,00	- 0,43	-	3,89	-4,65	0,3	7,4	4,28	-1,51	380	850	13	380	850	1,1	NNE.	0,81	6,8	1,6	93
15	728,51	+ 4,08	+	6,10	-2,59	1,8	10,0	4,40	-1,44	480	770	67	480	770	...	NNE.	0,20	7,6	0,8	93
16	728,43	+ 3,98	+	7,46	-1,36	3,1	12,5	4,10	-1,80	340	780	144	340	780	2,4	NNE.	0,61	7,7	0,8	93
17	723,03	- 1,44	-	6,85	-2,11	4,4	10,9	5,52	-0,45	520	900	56	520	900	3,6	variable	1,00	7,3	1,3	97
18	723,76	- 0,73	-	8,34	-0,76	4,8	15,9	6,19	+0,45	540	930	67	540	930	...	variable	0,72	7,7	1,0	95
19	721,90	- 2,60	-	7,68	-1,56	1,3	12,5	7,03	+0,93	720	980	161	720	980	0,9	N.	0,90	...	...	97
20	717,81	- 6,71	-	8,84	-5,54	7,1	13,5	6,40	+0,24	580	890	66	580	890	9,7	SSO.	0,96	7,8	1,1	100
21	730,79	+ 6,25	+	11,38	+1,83	5,5	17,4	6,47	+0,24	440	840	44	440	840	...	SSO.	0,38	7,7	1,3	104
22	729,72	+ 5,16	+	12,98	+3,31	3,8	21,0	7,26	+0,97	400	970	50	400	970	...	variable	0,29	8,1	1,0	104
23	728,27	+ 3,69	+	13,35	+3,54	9,0	18,1	6,98	+0,62	480	840	64	480	840	0,1	SSO.	0,80	8,0	1,2	104
24	723,08	- 0,92	-	11,07	+1,12	8,1	16,0	7,67	+1,25	610	940	84	610	940	6,2	SSO.	0,83	7,8	1,5	105
25	728,32	+ 3,70	+	11,46	+1,37	8,1	15,5	5,82	-0,67	430	770	100	430	770	...	SO.	0,61	7,2	2,2	105
26	728,63	+ 3,99	+	9,46	-0,78	5,3	14,0	7,64	+1,09	650	1000	158	650	1000	4,7	NNE.	0,94	...	...	106
27	729,06	+ 4,41	+	10,17	-0,21	8,0	13,3	8,35	+1,73	780	980	202	780	980	13,5	N.	1,00	7,1	2,4	107
28	733,65	+ 8,98	+	10,79	+0,27	9,0	15,0	5,83	-0,85	450	740	79	450	740	...	SO.	0,83	7,4	2,2	108
29	735,49	+10,80	+	12,50	+1,84	8,2	17,8	8,09	+1,34	620	820	40	620	820	...	SSO.	0,87	8,0	1,7	108
30	734,79	+10,08	+	14,90	+4,09	11,0	21,1	8,38	+1,57	400	970	18	400	970	0,8	variable	0,41	8,7	1,1	108

## MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	<sup>mm</sup> 726,34	<sup>mm</sup> 726,42	<sup>mm</sup> 726,28	<sup>mm</sup> 725,71	<sup>mm</sup> 724,96	<sup>mm</sup> 724,45	<sup>mm</sup> 724,60	<sup>mm</sup> 725,09	<sup>mm</sup> 725,29
2 <sup>e</sup> " "	723,08	723,21	723,35	723,18	723,07	723,18	723,52	724,12	724,18
3 <sup>e</sup> " "	729,90	730,28	730,57	730,49	730,21	729,95	730,12	730,36	730,65
Mois	726,44	726,64	726,73	726,46	726,08	725,86	726,08	726,52	726,71

<b>Température.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	+ 3,30 <sup>0</sup>	+ 7,20 <sup>0</sup>	+ 9,98 <sup>0</sup>	+ 11,52 <sup>0</sup>	+ 13,52 <sup>0</sup>	+ 13,68 <sup>0</sup>	+ 11,28 <sup>0</sup>	+ 9,40 <sup>0</sup>	+ 7,36 <sup>0</sup>
2 <sup>e</sup> " "	+ 3,05	+ 5,61	+ 7,01	+ 7,85	+ 8,31	+ 8,17	+ 7,30	+ 6,33	+ 5,08
3 <sup>e</sup> " "	+ 9,20	+ 11,34	+ 12,74	+ 14,45	+ 15,51	+ 15,07	+ 13,98	+ 12,27	+ 10,80
Mois	+ 5,18	+ 8,05	+ 9,91	+ 11,27	+ 12,45	+ 12,31	+ 10,85	+ 9,33	+ 7,75

<b>Tension de la vapeur.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	<sup>mm</sup> 5,04	<sup>mm</sup> 5,37	<sup>mm</sup> 5,11	<sup>mm</sup> 5,17	<sup>mm</sup> 4,79	<sup>mm</sup> 4,90	<sup>mm</sup> 5,30	<sup>mm</sup> 5,55	<sup>mm</sup> 5,19
2 <sup>e</sup> " "	5,11	4,95	4,75	4,82	4,89	4,58	4,68	4,87	5,18
3 <sup>e</sup> " "	6,90	7,24	7,42	7,30	7,13	7,24	7,63	7,39	7,45
Mois	5,68	5,85	5,76	5,76	5,60	5,57	5,87	5,93	5,94

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	863	703	559	518	421	432	543	639	675
2 <sup>e</sup> " "	884	709	606	603	595	551	597	668	775
3 <sup>e</sup> " "	808	726	678	594	549	575	652	701	776
Mois	852	713	614	572	522	519	597	669	742

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Linnimètre.
1 <sup>re</sup> décade	+ 2,37 <sup>0</sup>	+ 14,79 <sup>0</sup>	0,33	8,40 <sup>0</sup>	<sup>mm</sup> 12,8	<sup>cm</sup> 86,5
2 <sup>e</sup> " "	+ 1,99	+ 19,18	0,74	7,48	17,8	94,1
3 <sup>e</sup> " "	+ 7,60	+ 16,89	0,70	7,78	25,3	105,9
Mois	+ 3,99	+ 13,95	0,59	7,92	55,9	95,5

Dans ce mois, l'air a été calme 2,6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,17 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 32°,4 O., et son intensité est égale à 21,7 sur 100.

# TABLEAU

## DES

### OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

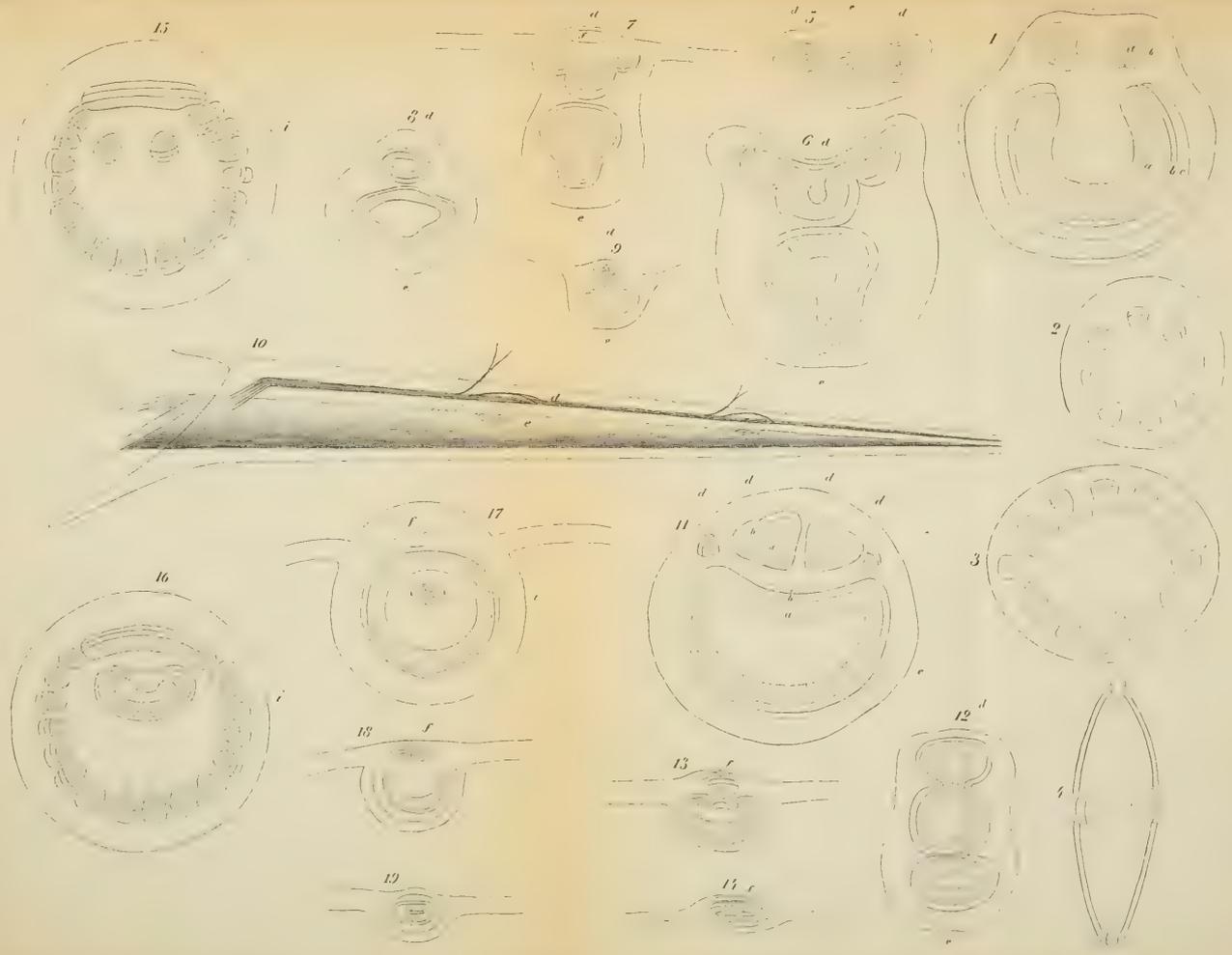
LE MOIS D'AVRIL 1868.

Le 8,	brouillard	jusqu'à 4 h. de l'après-midi.	
9,	id.	tout le jour. La neige tombée a été emportée par le vent.	
10,	id.	id.	
11,	id.	jusqu'à midi et depuis 6 h. du soir.	
12,	id.	jusqu'à 8 h. du matin et depuis 2 h. du soir.	
13,	id.	depuis 10 h. du matin.	
14,	id.	tout le jour.	
15,	id.	jusqu'à 8 h. du matin et depuis 2 h. du soir.	
16,	id.	id.	id. 6 h. du soir.
17,	id.	toute la journée.	
18,	id.	jusqu'à 8 h. du soir.	
19,	id.	depuis 2 h. de l'après-midi.	
20,	id.	tout le jour.	
23,	id.	de 8 h. à midi et à 10 h. du soir.	
24,	id.	tout le jour.	
27,	id.	une partie de la journée.	
28,	id.	toute la journée.	
29,	id.	id.	
30,	id.	à 6 h. du matin et de 6 à 8 h. du soir.	

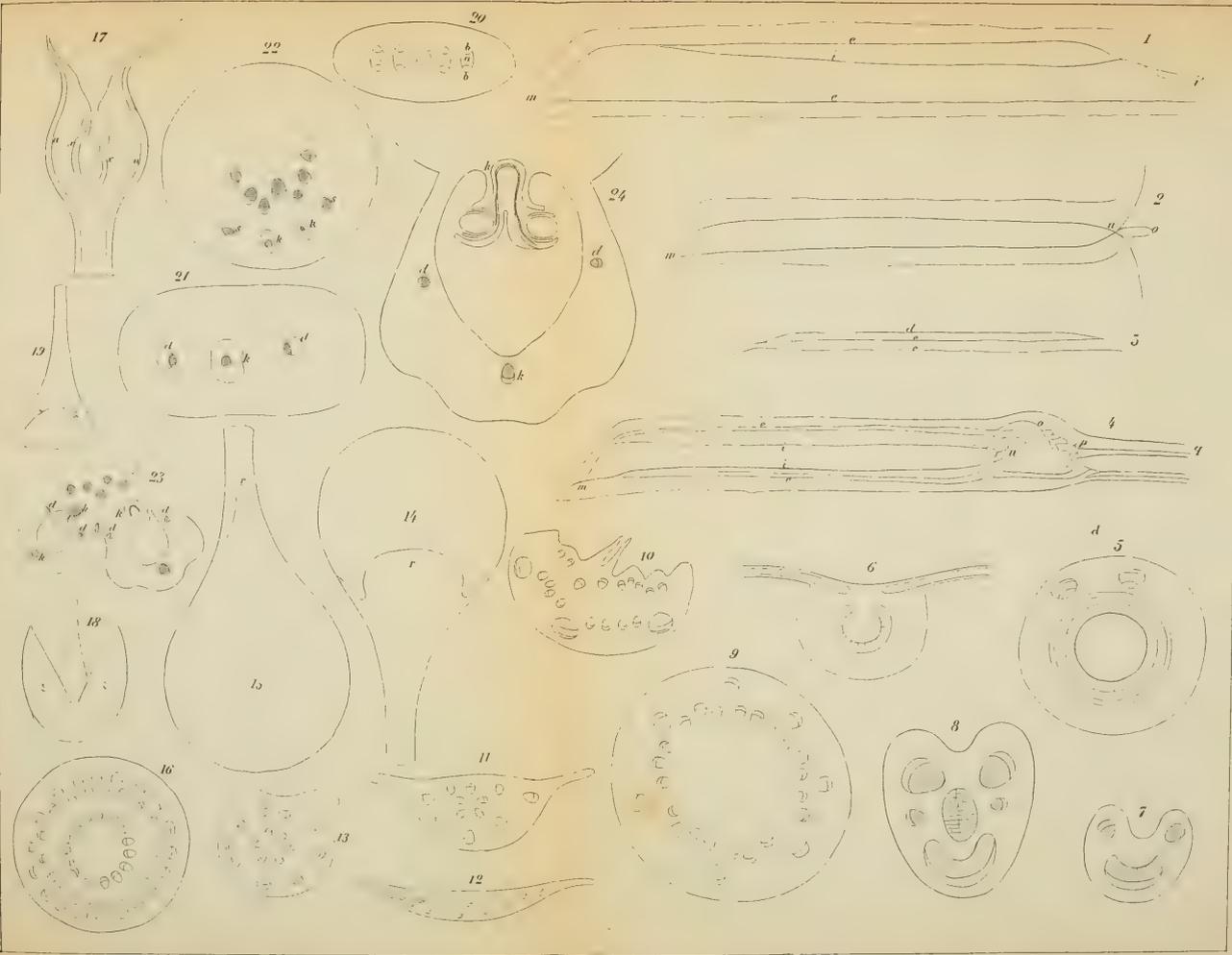
#### *Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 2 h. soir.....	568,93	Le 1 à 6 h. matin.....	565,33
15 à 10 h. soir.....	562,80	9 et le 10 à 6 h. matin. . .	550,94
19 à 2 h. soir.....	560,90	17 à 6 h. matin.....	555,11
22 à 10 h. matin.....	570,94	20 à 10 h. matin.....	556,43
30 à 8 et 10 h. soir.....	571,90	24 à 6 h. soir.....	562,31











SUR L'EXTENSION DU SECOND PRINCIPE  
DE LA  
THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR

PAR  
**M. ARTHUR ACHARD**

Ingénieur.

---

Le premier principe de la théorie mécanique est, comme tout le monde le sait, la loi qui exprime l'équivalence du travail mécanique et de la chaleur, et l'existence d'un rapport invariable suivant lequel la transformation de l'un dans l'autre a lieu.

Le second principe exprime les conditions sous lesquelles cette transformation peut avoir lieu.

Dans un précédent article<sup>1</sup>, j'ai essayé d'exposer ce second principe d'après les travaux originaux, en le dégageant autant que possible de toute conception arbitraire et en ne recourant qu'aux hypothèses strictement indispensables. Ce travail serait insuffisant et ne donnerait qu'une idée partielle des notions acquises sur ce point difficile, si je ne le complétais en me plaçant précisément au point de vue que j'avais alors systématiquement écarté. C'est ce que je tâcherai de faire ici. Nous marcherons, il faut le dire, sur un terrain moins solide qu'auparavant ; mais si les notions que nous rencontrerons sont abstraites et semblent difficiles à saisir, elles acquièrent plus de corps et plus de certitude à mesure que la pensée s'y attache avec plus de persévérance.

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, 1865, tome XXII, p. 214.

2. Ce qui a été établi dans le cas d'un cycle réversible peut s'exprimer comme suit, en supposant pour plus de clarté qu'il s'agisse du cycle le plus simple, celui que j'ai appelé cycle de Carnot :

Lorsque le corps qui sert d'agent à la chaleur parcourt le cycle dans un sens déterminé, une certaine quantité de chaleur est transformée en travail, et en même temps une certaine quantité de chaleur passe d'une source à la température  $t_1$  à une source à la température plus basse  $t_2$ .

Lorsque ce corps accomplit le même cycle, mais à rebours, une quantité de chaleur égale à celle qui avait été transformée en travail est engendrée par destruction de travail, et la même quantité de chaleur qui avait passé à la source de température  $t_2$  passe de celle-ci à la source de température  $t_1$ .

Or, l'observation des phénomènes naturels nous montre :

1° Que le travail mécanique se transforme de lui-même en chaleur, comme dans le frottement et la percussion.

2° Que la chaleur passe d'elle-même d'un corps à un corps plus froid, mais que jamais on ne la voit passer d'elle-même d'un corps à un autre plus chaud.

Ainsi nous voyons dans le cycle inverse s'accomplir simultanément, et pour ainsi dire solidairement, deux phénomènes que nous pouvons, faute de mieux, appeler, l'un un phénomène *spontané*, l'autre un phénomène *factice*, et cette solidarité même nous conduit très-logiquement à envisager le phénomène spontané comme étant la condition nécessaire du phénomène factice.

Dans le cycle direct, nous voyons s'accomplir solidairement un phénomène spontané et un autre phénomène

qui est la transformation de la chaleur en travail. Nous sommes conduits à envisager ce dernier phénomène comme étant *factice* (quoique en réalité on ne puisse pas dire que l'expérience se soit prononcée à cet égard), et à dire qu'il a pour condition nécessaire le phénomène spontané qui l'accompagne.

**3.** Faisons un pas de plus. Quand un phénomène est la condition d'un autre, on peut dire qu'il en est la compensation. De plus, des deux phénomènes envisagés, l'un porte le nom de transformation, et il est naturel d'attribuer ce même nom à l'autre et de donner au passage de la chaleur entre deux corps de températures différentes le nom de transformation de chaleur d'une certaine température en chaleur d'une autre température.

Faisant usage de cette nouvelle terminologie, nous pourrions dire que dans le cycle, soit direct, soit inverse, il s'accomplit deux transformations d'espèces différentes et que ces deux transformations se compensent.

De la notion de l'équivalence entre deux phénomènes découle logiquement l'idée de chercher pour eux des modes d'évaluation tels, que les grandeurs numériques, ainsi obtenues pour ces phénomènes qui se compensent, se trouvent être identiquement égales. C'est là la notion des valeurs d'équivalence (*Aequivalenzwerthe*) introduite dans la science par M. Clausius.

On peut trouver *à posteriori*, au moyen du cycle de Carnot, quelles sont ces valeurs équivalentes. Désignons<sup>1</sup> par  $\tau_1$  et  $\tau_2$  les températures absolues des deux sources

<sup>1</sup> Je conserve les notations employées dans l'article inséré au tome XXII, page 214, et en particulier je supprime le signe de l'équivalent mécanique, en supposant les quantités de chaleur exprimées en kilogrammètres, ou celles de travail exprimées en calories.

soit réservoirs de chaleur, supérieure et inférieure, au contact desquelles le corps qui sert d'agent aux transformations est successivement placé. Nous savons que dans le cycle direct ce corps emprunte à la source supérieure la quantité de chaleur  $H_1$ , dont une partie  $W$  est transformée en travail, tandis que l'autre  $H_2$  est transportée à la source inférieure. Nous pouvons assigner pour valeur d'équivalence, à la transformation de chaleur en travail, ou de première espèce, l'expression :

$$W \frac{1}{\tau_1}$$

et pour valeur d'équivalence à la transformation qui consiste dans un transport de chaleur, c'est-à-dire à celle de seconde espèce, l'expression :

$$H_2 \left( \frac{1}{\tau_2} - \frac{1}{\tau_1} \right)$$

car, d'une part, dans chacune d'elles, la quantité de chaleur qui est l'objet de la transformation à exprimer intervient simplement comme facteur, ce qui doit évidemment être, et, d'autre part, si l'on pose :

$$W \frac{1}{\tau_1} = H_2 \left( \frac{1}{\tau_2} - \frac{1}{\tau_1} \right)$$

on voit aisément qu'elle est satisfaite, c'est-à-dire rendue identique, par la relation connue :

$$\frac{W}{H_2} = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_2}$$

et qu'elle ne peut l'être autrement.

En envisageant le cycle inverse on aurait trouvé le même résultat.

**4.** Quand deux quantités sont égales, si on les affecte

de signes contraires, elles ont zéro pour somme algébrique. Si donc on affecte de signes contraires les valeurs d'équivalence des deux transformations d'espèces différentes qui ont lieu dans le même cycle, nous dirons que la somme algébrique de ces valeurs d'équivalence est nulle. Reste le choix du signe. Or, comme la valeur d'équivalence du passage de la chaleur de  $\tau_1$  à  $\tau_2$  contient comme facteur la quantité  $\frac{1}{\tau_2} - \frac{1}{\tau_1}$ , cette valeur se trouve positive pour  $\tau_1 > \tau_2$  et négative pour  $\tau_1 < \tau_2$ . Nous attacherons donc à la transformation de seconde espèce le signe  $+$  quand la chaleur passe de la température la plus élevée à la plus basse, c'est-à-dire quand le phénomène est spontané, et le signe  $-$  dans le cas contraire. Nécessairement alors, pour la transformation de première espèce, nous donnerons à  $W$  le signe  $+$  quand le travail est transformé en chaleur, et le signe  $-$  quand la chaleur est transformée en travail. Ainsi, dans les deux cas, le phénomène spontané sera une *transformation positive*, tandis que le phénomène factice sera une *transformation négative*.

Nous aurons donc, en faisant intervenir les signes, pour les valeurs d'équivalence des transformations qui ont lieu dans les deux cycles de Carnot, direct et inverse :

	Cycle direct.	Cycle inverse.
Transformation de 1 <sup>re</sup> espèce	$- W \frac{1}{\tau_1}$	$+ W \frac{1}{\tau_1}$
Transformation de 2 <sup>me</sup> espèce	$H_2 \left( \frac{1}{\tau_2} - \frac{1}{\tau_1} \right)$	$H_2 \left( \frac{1}{\tau_1} - \frac{1}{\tau_2} \right)$
Somme algébrique	0	0

**5.** Nous pouvons encore simplifier ce résultat, si nous rappelons :

1° Que dans le cycle direct le corps servant d'agent aux transformations acquiert les quantités de chaleur  $H_2$  et  $W$  à la température  $\tau_1$  et cède la quantité  $H_2$  à la température  $\tau_2$ .

2° Que, au contraire, dans le cycle inverse, le corps acquiert  $H_2$  à la température  $\tau_2$ , et cède  $H_2$  et  $W$  à la température  $\tau_1$ .

Or, ce qui a été établi peut s'écrire ainsi :

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Cycle direct.} & & \text{Cycle inverse.} \\
 - \frac{W}{\tau_1} - \frac{H_2}{\tau_1} + \frac{H_2}{\tau_2} = 0 & & + \frac{W}{\tau_1} + \frac{H_2}{\tau_1} - \frac{H_2}{\tau_2} = 0
 \end{array}$$

Ainsi, en affectant les quantités de chaleur du signe  $+$  ou du signe  $-$  suivant qu'elles sont acquises ou cédées par l'ensemble des réservoirs de chaleur, on peut exprimer le principe de l'équivalence des transformations dans le cycle de Carnot, en disant que :

*Les quotients obtenus en divisant les quantités de chaleur acquises ou cédées par l'ensemble des réservoirs de chaleur, respectivement par les températures absolues auxquelles elles sont acquises ou cédées, ont une somme algébrique nulle<sup>1</sup>.*

Nous nous sommes attachés, pour plus de simplicité, au cycle de Carnot, mais par analogie ce résultat s'applique à tout cycle réversible quelconque. Mais alors il y a à envisager une infinité de réservoirs de chaleur dont la température absolue  $\tau$  varie par degrés insensibles entre

<sup>1</sup> L'énoncé serait évidemment le même si on faisait pour les signes la convention contraire. Mais celle que nous avons faite a l'avantage de s'harmoniser avec celle qui consiste à attribuer le signe  $-$  aux quantités de chaleur transformées en travail, et le signe  $+$  à celles nées du travail, puisque les premières sont cédées par les réservoirs de chaleur, et les secondes acquises par ceux-ci.

les extrêmes  $\tau_1$  et  $\tau_2$ , et dont chacun prend ou cède au corps servant d'agent une quantité de chaleur infiniment petite  $dH$ . Le résultat ci-dessus aura donc pour expression analytique :

$$\int \frac{dH}{\tau} = 0.$$

**6.** Cet énoncé, auquel on arrive ainsi pour exprimer l'équivalence des transformations, doit être, en raison même de son caractère purement algébrique, susceptible d'être démontré directement et indépendamment de toutes les conceptions plus ou moins arbitraires qui y conduisent. C'est ce qui a lieu effectivement, comme nous allons le montrer.

Le premier principe<sup>1</sup> conduit à l'équation différentielle :

$$\frac{d\left(\frac{dH}{dv}\right)}{dt} - \frac{d\left(\frac{dH}{dt}\right)}{dv} = \left(\frac{dp}{dt}\right) \dots \dots \dots (1)$$

Il s'agit de la transformer en une équation de la forme :

$$dH = \left(\frac{dH}{dt}\right) dt + \left(\frac{dH}{dv}\right) dv \dots \dots \dots (2)$$

laquelle nous savons d'avance ne pas pouvoir être intégrée sans une relation donnée entre  $v$  et  $t$ , puisque (1) montre précisément que la condition d'intégrabilité immédiate :

$$\frac{d\left(\frac{dH}{dv}\right)}{dt} = \frac{d\left(\frac{dH}{dt}\right)}{dv}$$

<sup>1</sup> Voyez Clausius, *Abhandlungensammlung*, Abh. I, et Résal, *Annales des Mines*, 5<sup>me</sup> série, tome XX.

n'est pas remplie. Pour cela mettons-la sous la forme :

$$\frac{d\left(\frac{dH}{dt}\right)}{dv} = \frac{d\left(\frac{dH}{dv}\right)}{dt} - \left(\frac{dp}{dt}\right)$$

et intégrons par rapport à  $v$  :

$$\left(\frac{dH}{dt}\right) = \int \frac{d\left(\frac{dH}{dv}\right)}{dt} dv - \int \left(\frac{dp}{dt}\right) dv + \varphi(t)$$

$\varphi$  exprimant une fonction arbitraire. Puis remplaçons

$\left(\frac{dH}{dt}\right)$  par cette valeur dans (2) :

$$dH = \left[ \int \frac{d\left(\frac{dH}{dv}\right)}{dt} dv - \int \left(\frac{dp}{dt}\right) dv + \varphi(t) \right] dt + \left(\frac{dH}{dv}\right) dv \quad (3)$$

Pour éliminer de là  $\left(\frac{dH}{dv}\right)$  nous recourons au second principe <sup>4</sup> qui a pour expression :

$$\frac{\left(\frac{dp}{dt}\right)}{\left(\frac{dH}{dv}\right)} = \mu = \frac{1}{a+t} \dots \dots \dots, \quad (4)$$

d'où

$$\left(\frac{dH}{dv}\right) = (a+t) \left(\frac{dp}{dt}\right)$$

et

$$\frac{d\left(\frac{dH}{dv}\right)}{dt} = \left(\frac{dp}{dt}\right) + (a+t) \frac{d^2p}{dt^2}$$

et en substituant dans l'équation (3) on trouve :

<sup>4</sup> Voyez Clausius, loc. cit., et *Archives*, tome XXII, page 214 et suivantes.

$$dH = \left[ (a+t) \int \frac{d^2p}{dt^2} dv + \varphi(t) \right] dt + (a+t) \left( \frac{dp}{dt} \right) dv$$

ou puisque  $\tau = a+t$

$$dH = \left[ \tau \int \frac{d^2p}{d\tau^2} dv + \psi(\tau) \right] d\tau + \tau \left( \frac{dp}{d\tau} \right) dv. \dots (5)$$

Cette équation qu'on peut écrire

$$dH = A d\tau + B dv$$

donne la différentielle de la chaleur totale qu'un corps doit céder ou prendre en vertu d'une variation dans un état physique, tel qu'il est déterminé par son volume  $v$  et sa température  $\tau$ . Son second membre n'est, pas plus que celui de (2), la différentielle exacte d'une fonction de  $v$  et de  $\tau$ , car les dérivées  $\frac{dA}{dv}$  et  $\frac{dB}{d\tau}$  diffèrent de la quantité

$\left( \frac{dp}{d\tau} \right)$  ainsi qu'il est facile de le vérifier. Mais on peut toujours trouver un facteur  $z$ , tel que :

$$z A d\tau + z B dv$$

soit une différentielle exacte. En vertu de la propriété de ce facteur, on aura :

$$\frac{d. z A}{dv} = \frac{d. z B}{d\tau}$$

ou

$$\frac{z. dA + A. dz}{dv} = \frac{z. dB + B. dz}{d\tau}$$

d'où

$$z \left( \frac{dB}{d\tau} - \frac{dA}{dv} \right) = A \frac{dz}{dv} - B \frac{dz}{d\tau}$$

Cette équation permet, en se simplifiant, de déterminer le facteur  $z$ , s'il n'est fonction que d'une seule des deux variables. S'il n'est fonction que de  $\tau$ , elle devient :

$$\frac{dz}{z} = \frac{\frac{dA}{dv} - \frac{dB}{d\tau}}{B} d\tau$$

Or, si l'on substitue les valeurs :

$$B = \tau \left( \frac{dp}{d\tau} \right) \quad \frac{dB}{d\tau} = \left( \frac{dp}{d\tau} \right) + \tau \frac{d^2p}{d\tau^2}$$

$$\frac{dA}{dv} = \tau \frac{d^2p}{d\tau^2}$$

on trouve une équation différentielle d'où  $v$  se trouve effectivement éliminé :

$$\frac{dz}{z} = - \frac{d\tau}{\tau}$$

et qui, étant intégrée, donne :

$$z = \frac{1}{\tau}$$

Il est aisé de vérifier que le second membre de (5), multiplié par  $\frac{1}{\tau}$ , savoir :

$$\left[ \int \frac{d^2p}{d\tau^2} dv + \frac{\psi(\tau)}{\tau} \right] d\tau + \left( \frac{dp}{d\tau} \right) dv$$

est la différentielle exacte de la fonction :

$$S = \int \left( \frac{dp}{d\tau} \right) dv + \int \frac{\psi(\tau)}{\tau} d\tau$$

Par conséquent, lorsque le corps partant d'un état initial caractérisé par  $\tau_0, v_0$ , arrive au bout d'une série de modifications à l'état final caractérisé par  $\tau', v'$ , la valeur de  $\int \frac{dH}{\tau}$  est entièrement déterminée par l'état final et l'état initial, car on a :

$$\int \frac{dH}{\tau} = S' - S_0$$

et, par conséquent, si l'état final coïncide avec l'état initial, c'est-à-dire si le corps parcourt un cycle :

$$\int \frac{dH}{\tau} = 0$$

pourvu, bien entendu, que le cycle soit réversible, car c'est seulement dans l'hypothèse de modifications réversibles que l'équation (4) dont nous nous sommes servis est valable.

C'est ce qu'il s'agissait de démontrer.

**7.** Le résultat auquel nous venons de parvenir conduit à des conséquences intéressantes que M. Clausius<sup>1</sup> a indiquées le premier, et que nous allons expliquer en nous plaçant à un point de vue différent du sien.

La chaleur a pour tendance d'écarter les molécules des corps, et c'est en vertu même de cet écartement produit par elle qu'elle engendre, en se transformant, le travail extérieur et le travail intérieur. On peut donc, avec M. Clausius, envisager sous le nom de *désagrégation* une certaine grandeur qui dépend de l'état physique du corps en question, c'est-à-dire qui est une fonction des deux variables indépendantes choisies pour caractériser cet état, et en même temps chercher une relation entre cette grandeur et la chaleur transformée en travaux extérieur et intérieur, c'est-à-dire la chaleur latente, puisque c'est précisément parce que la chaleur produit un certain changement dans l'état physique du corps, c'est-à-dire fait varier la désagrégation d'une certaine quantité, qu'une certaine quantité de chaleur est rendue latente. Nous désignerons, d'après cela, par *Z* une cer-

<sup>1</sup> Voyez *Abhandlungensammlung*, Abh. VI : *Erweiterung des zweiten Hauptsatzes auf die innere Arbeit*.

taine fonction de  $v$  et  $\tau$  qui sera la désagrégation, et nous poserons, en appelant  $L$  la chaleur latente :

$$L = \varphi(Z)$$

d'où

$$dL = \varphi'(Z) dZ.$$

La variation de chaleur totale  $dH$ , qui correspond à un changement infinitésimal dans l'état du corps, se décompose en la variation  $dQ$  de la chaleur actuelle ou sensible et la variation  $dL$  de la chaleur latente. Comme il est convenu d'affecter les quantités de chaleur totale du signe  $+$  ou du signe  $-$  suivant qu'elles sont cédées ou acquises par le corps considéré, nous aurons :

$$-dH = dQ + dL$$

ou

$$dH + dQ + dL = 0$$

ou en remplaçant  $dL$  par sa valeur :

$$dH + dQ + \varphi'(z) dZ = 0$$

divisons par  $\varphi'(Z)$  :

$$\frac{dH + dQ}{\varphi'(z)} + dZ = 0$$

et, par conséquent, on aura pour un changement fini :

$$\int \frac{dH + dQ}{\varphi'(Z)} + \int dZ = 0$$

ou en désignant par  $Z_0$  et  $Z'$  les valeurs initiale et finale de la désagrégation :

$$\int \frac{dH + dQ}{\varphi'(Z)} + Z' - Z_0 = 0 \dots \dots (6)$$

Si le corps parcourt un cycle, on a nécessairement :

$$Z' = Z_0.$$

Donc

$$\int \frac{dH + dQ}{\varphi'(Z)} = 0 \dots \dots \dots (7)$$

Mais dans ce même cycle on a, comme nous l'avons vu :

$$\int \frac{dH}{\tau} = 0.$$

Comme de plus Q est une fonction  $f(\tau)$  de  $\tau$  seul, il est évident que l'intégrale :

$$\int \frac{dQ}{\tau} = \int \frac{f'(\tau)}{\tau} d\tau$$

est nulle lorsque les limites de l'intégration coïncident entre elles,  $\frac{f'(\tau)}{\tau}$  ne pouvant avoir plus d'une valeur pour une même valeur assignée à  $\tau$ . Par conséquent :

$$\int \frac{dH + dQ}{\tau} = 0 \dots \dots \dots (8)$$

La comparaison entre (7) et (8) montre que :

$$\varphi'(Z) = \frac{dL}{dZ} = \tau$$

résultat que l'on peut énoncer ainsi :

*La quantité de chaleur qui peut être<sup>1</sup> détruite en engendrant des travaux intérieur et extérieur (ou qui peut être engendrée en résultant de la transformation de ceux-ci), par suite d'une augmentation (ou d'une diminution)*

<sup>1</sup> C'est pour plus de généralité que nous disons *qui peut être* et non *qui est*. Toutes les fois qu'il n'y a pas d'écart entre la force extérieure et la force expansive du corps sur lequel la chaleur agit, c'est-à-dire toutes les fois que la modification est réversible, la chaleur effectivement détruite ou engendrée l'est conformément à cette loi. Mais quand il y a écart, c'est-à-dire quand la modification est irréversible, la quantité de chaleur qui devient latente par le fait de la dilatation est inférieure à celle qui, aux termes de cette loi, pourrait le devenir.

*donnée de la désagrégation, est proportionnelle à la température absolue du corps par l'intermédiaire duquel ces transformations ont lieu.*

Dans son Mémoire, M. Clausius a admis en principe cette même loi, sans prétendre la démontrer, mais en la présentant comme un *postulatum* possédant un haut degré de vraisemblance, et il arrive, en faisant le raisonnement que nous avons retourné, à cette conclusion : que la chaleur actuelle  $Q$  ne dépend que de la température absolue.

La raison pour laquelle nous avons cru, au contraire, devoir prendre pour point de départ cette dernière proposition, est celle-ci : la température est une qualité des corps qui s'apprécie par ses effets, mais à moins qu'on ne précise l'effet dont la mesure est prise pour mesure de la température, la définition de celle-ci est purement intuitive et sentimentale. Dans les prémisses qui nous ont conduit (§ 6) à la relation

$$\int \frac{dH}{\tau} = 0$$

notre conception des différentes dérivées prises par rapport à la température laisse complètement en suspens le choix de la mesure en question. C'est seulement à propos de l'équation (4) que nous nous sommes basés sur une définition précise, puisque c'est sur la loi de Gay-Lussac que l'on s'appuie pour donner à la fonction de Carnot la valeur  $\frac{1}{a+t}$  ou  $\frac{1}{\tau}$ . La loi de Gay-Lussac signifie que pour d'égaux accroissements de température les gaz permanents subissent d'égaux accroissements de volume. Mais, d'autre part, rien n'est plus vraisemblable que de supposer que dans un gaz permanent d'égaux accroisse-

ments de volume correspondent à d'égaux acquisitions de la force vive moléculaire que nous appelons *chaleur actuelle*. Nous pouvons donc, sans nous mettre en contradiction avec nos prémisses, définir la température en disant que d'égaux accroissements de température correspondent à d'égaux acquisitions de chaleur actuelle, et par suite que la chaleur actuelle ne dépend que de la température, ce qui est encore plus général.

8. Le lecteur reconnaîtra l'identité de l'énoncé de la page 401 avec celui que M. Rankine, qui n'admet pas comme évident que la chaleur ne peut d'elle-même passer d'un corps moins chaud à un autre plus chaud, pose d'emblée comme second principe de la thermodynamique <sup>1</sup>. Cet énoncé exprime bien le second principe sous la forme la plus frappante et la plus pratique, en ce qu'il fournit le moyen de déterminer la somme des travaux intérieur et extérieur qui accompagnent une dilatation, et par suite de déterminer le travail intérieur quand le travail extérieur se trouve connu *a priori*. M. Rankine, qui a fait ressortir ce point de vue dans un article du journal *the Engineer* (28 juin 1867), indique pour cela une règle dont nous pouvons aisément trouver l'expression analytique. Supposons qu'en fournissant à un corps de la chaleur on le dilate à pression et température constante de l'élément de volume  $dv$ . Dans l'équation (5) du § 6, le terme qui représente la variation de la chaleur actuelle disparaît, et il reste :

$$dH = \tau \left( \frac{dp}{d\tau} \right) dv$$

quantité qui représente seulement la chaleur latente, c'est-

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, tome XXII, p. 227, et la note au bas de la page.

à-dire la somme des travaux intérieur et extérieur, ou, en d'autres termes, la quantité de chaleur qui *peut* être transformée en travail en vertu de la dilatation  $dv$ . De plus, comme on sait que le travail extérieur est :

$$p. dv$$

on en conclut que le travail intérieur est :

$$\left[ \tau. \left( \frac{dp}{d\tau} \right) - p \right] dv.$$

9. Revenons au principe de l'équivalence des transformations. Il serait peu rationnel de supposer que ce principe n'est valable que dans le cas spécial des cycles. Nous sommes obligés d'admettre qu'il a une valeur générale pour toute modification réversible, mais que seulement dans le cas de cycles il revêt une forme particulièrement frappante.

Envisageons un corps qui éprouve une dilatation ou une compression. Que la chaleur qui entre en jeu dans le phénomène soit cédée, ou acquise, par le corps lui-même, ou qu'elle soit cédée, ou acquise, par des sources extérieures, toujours est-il que la transformation de première espèce, c'est-à-dire de chaleur en travail ou *vice-versâ*, n'est accompagnée d'aucune transformation de deuxième espèce, c'est-à-dire d'aucun passage de chaleur entre des corps de température différente. Il nous faut alors admettre que le phénomène, pourvu qu'il se passe dans des conditions qui le rendent réversible, est accompagné d'un autre phénomène qui le compense ou dont il soit lui-même la compensation. Il faut donc chercher une transformation de troisième espèce qui, à défaut de celle de la deuxième, accompagne celle de la première. C'est ce rôle que M. Clausius assigne au chan-

gement de désagrégation. Une augmentation de désagrégation compense la transformation de chaleur en travail, tandis qu'une diminution de la désagrégation est compensée par une transformation de travail en chaleur. Par conséquent, l'augmentation de désagrégation, c'est-à-dire le phénomène résultant de la tendance naturelle de la chaleur sera, dans la terminologie introduite par le principe de l'équivalence, une transformation positive, tandis que la diminution de la désagrégation, qui est produite en opposition à cette tendance, sera une transformation négative.

La nouvelle forme du principe de l'équivalence s'exprimera par l'équation (6) mise sous la forme :

$$\int \frac{dH + dQ}{\tau} + \int dZ = 0 \dots\dots (9)$$

**10.** Il nous reste à envisager les modifications irréversibles, et pour cela nous devons recourir à notre distinction des phénomènes spontanés et des phénomènes factices sur laquelle repose en dernière analyse tout l'échafaudage de la théorie de l'équivalence.

La spontanéité des uns naît d'une tendance générale à ce que la chaleur naisse du développement de la puissance mécanique, à ce qu'elle s'égalise dans les corps de la nature, semblable à l'eau qui tend à prendre son niveau, et à ce qu'elle produise dans tous les corps, en luttant contre les forces extérieures, une désagrégation aussi grande que possible. La nature artificielle des autres vient de ce qu'ils ne peuvent avoir lieu qu'en dépit de cette tendance.

Cette distinction nous a conduit à poser en principe que tout phénomène spontané peut s'effectuer sans com-

pensation, mais qu'aucun phénomène factice ne peut s'effectuer s'il n'est compensé par un phénomène spontané s'accomplissant solidairement. Nous avons été en outre amenés par nos déductions à envisager tout phénomène spontané comme une transformation positive, et tout phénomène factice comme une transformation négative. Ainsi nous pourrions dire, dans le langage adopté :

*Les transformations négatives sont nécessairement compensées par des transformations positives, et les transformations non compensées ne peuvent être que positives.*

Toute modification qu'un corps subit est l'ensemble d'un certain nombre de transformations. Si celles-ci sont partie positives, partie négatives et que les valeurs d'équivalence des unes aient une somme égale à celle des valeurs d'équivalence des autres, la modification est réversible, parce que, en cas de réversion, cette égalité, et par suite la compensation dont elle est le symbole algébrique, subsistera. Mais si la somme des valeurs d'équivalence des transformations positives se trouve prépondérante, la modification est irréversible, parce que, en cas de réversion, la prépondérance serait du côté des transformations négatives, ce qui est contraire à l'hypothèse.

*Ainsi toute modification est irréversible, lorsqu'elle renferme des transformations positives non compensées.*

L'hypothèse de laquelle nous sommes partis, et qui n'est au fond qu'une généralisation de certains faits acquis à l'expérience, conduit, entre autres conséquences, à l'idée d'une tendance déterminée dans les phénomènes naturels. Pour faire ressortir ce point de vue, nous ne pouvons mieux faire que de citer la conclusion d'un travail que M. Clausius a lu dans une réunion scientifique à Francfort (septembre, 1867).

« On entend fréquemment dire que dans le monde  
 « tout est périodique. Tandis que dans un endroit et dans  
 « un temps donné des changements ont lieu dans un cer-  
 « tain sens, des changements dans le sens opposé s'o-  
 « pèrent dans un autre lieu et un autre temps, en sorte  
 « que les mêmes états se reproduisent toujours et que le  
 « monde, envisagé dans son ensemble, reste en définitive  
 « toujours le même. Le monde pourrait ainsi persister  
 « éternellement dans le même état.

« Lorsque le premier principe de la théorie mécanique  
 « de la chaleur fut établi, on pouvait y voir une justifi-  
 « cation de cette manière de voir. Jusqu'ici, lorsqu'il était  
 « question de ce principe, nous ne parlions que de cha-  
 « leur et de travail. Mais là il faut remarquer que dans  
 « le mot *chaleur* la lumière peut être considérée comme  
 « comprise, et que le mot *travail* est encore bien plus  
 « compréhensif. L'action chimique, les effets des forces  
 « électriques et magnétiques, la naissance et la dispari-  
 « tion des mouvements, que ce soient des mouvements  
 « translatifs, rotatifs ou oscillatoires de masses pondé-  
 « rables, ou que ce soient des mouvements électriques,  
 « peuvent, en tant qu'ils entrent ici en considération, être  
 « envisagés comme du travail. Nous avons donc affaire à  
 « un principe applicable à tous les phénomènes naturels.

« Helmholtz, qui reconnut de suite la signification géné-  
 « rale du principe et qui, dans son bel écrit relatif à cet  
 « objet, le démontra d'une manière claire et convaincante  
 « en l'appliquant aux différents domaines de la physique,  
 « donna au principe pris dans sa plus large extension le  
 « nom de *principe de la conservation de la force*, auquel  
 « on pourrait peut-être substituer le nom plus approprié  
 « de *principe de la conservation de l'énergie*.

« Dans le but d'exprimer une loi générale de l'univers, on peut le mettre sous la forme suivante :

« *Une forme de l'énergie peut, il est vrai, se transformer dans une autre, mais rien ne se perd dans la quantité de l'énergie, et la quantité totale de l'énergie qui se trouve dans le monde est aussi constante que la quantité totale de matière qui s'y trouve.*

« Quoique la vérité de cette proposition soit indubitable, et que, dans le fait, elle exprime à un point de vue déterminé et très-important l'invariabilité de l'univers, ce serait aller trop loin que d'y chercher une justification de cette manière de voir, d'après laquelle l'état de l'univers, dans son ensemble, est invariable, et ne se compose que de périodes se succédant à l'infini. C'est cette manière de voir que le second principe de la théorie mécanique de la chaleur contredit de la manière la plus précise.

« Comme on l'a dit, toutes les modifications variables à l'infini qui s'opèrent dans le monde sont soumises à cette commune règle, que les transformations en sens opposé n'ont pas besoin de se présenter en quantités équivalentes, mais que la différence ne peut exister que dans un sens déterminé et de manière à ce que les transformations positives aient la prépondérance sur les négatives. D'où il suit que l'état du monde doit se changer peu à peu et de plus en plus dans un certain sens.

« Le travail que les forces naturelles peuvent accomplir et qui est en réserve dans les mouvements des corps se transformera progressivement en chaleur. La chaleur, en vertu de sa tendance à passer constamment de corps plus chauds à des corps plus froids, et par là à niveler les

« différences de température, se répartira d'une manière  
 « de plus en plus uniforme ; et il s'établira aussi un cer-  
 « tain équilibre entre la chaleur qui rayonne dans l'éther  
 « et la chaleur contenue dans les corps. Enfin, au point  
 « de vue de leur structure moléculaire, les corps s'ap-  
 « procheront d'un certain état où, eu égard à la tempé-  
 « rature régnante, leur désagrégation sera la plus  
 « grande possible.

« J'ai cherché à exprimer cet ensemble de phénomènes  
 « par une proposition simple caractérisant avec précision  
 « l'état vers lequel le monde tend. J'ai établi l'existence  
 « d'une grandeur qui représente, relativement aux trans-  
 « formations, une chose correspondante à ce que l'énergie  
 « représente relativement à la chaleur et au travail, à  
 « savoir la somme de toutes les transformations qui ont  
 « dû avoir lieu pour amener un corps, ou un ensemble  
 « de corps dans son état actuel. J'ai donné à cette gran-  
 « deur le nom d'*entropie*. Dans tous les cas où les trans-  
 « formations positives l'emportent sur les négatives, il y  
 « a un accroissement d'entropie. Nous devons donc con-  
 « clure que, à la suite de tous les phénomènes de la  
 « nature, la valeur totale de l'entropie ne peut qu'aug-  
 « menter, mais jamais diminuer. Nous pouvons exprimer  
 « cette transformation universelle et progressive par cette  
 « proposition :

« *L'entropie du monde tend vers un maximum.*

« A mesure que le monde se rapproche de cet état  
 « limite, où l'entropie est un maximum, les causes de  
 « changements ultérieurs vont en diminuant d'intensité,  
 « et si cet état de choses était finalement atteint, aucun  
 « changement ne pourrait plus avoir lieu, et le monde se  
 « trouverait dans un état définitif de mort et d'immobi-  
 « lité.

« Quand même l'état actuel du monde est encore très-  
 « loin de cet état limite, et s'en approche avec une telle  
 « lenteur que les durées que nous nommons temps his-  
 « toriques sont excessivement courtes en comparaison  
 « des durées immenses que réclament des changements  
 « relativement peu considérables, c'est cependant un ré-  
 « sultat important que d'avoir trouvé une loi de la nature  
 « permettant de conclure avec certitude que dans le monde  
 « tout n'est pas rotation périodique, mais que son état se  
 « modifie peu à peu dans un certain sens et tend ainsi  
 « vers un état limite. »

Pour se rendre compte de la signification de la citation qui précède, il faut savoir que M. Clausius désigne par *énergie* d'un corps, la somme de la chaleur actuelle de ce corps et de la chaleur qui, suivant les modifications qu'il éprouve, se transforme en travail intérieur ou résulte de la destruction de ce travail, et par *entropie* d'un corps la fonction  $S = \int \frac{dH}{\tau}$ . Imaginons des cycles, où, non plus un corps unique, mais un nombre quelconque de corps, soient intéressés comme agents des transformations relatives à la chaleur. Dans tous les cas l'énergie de cet ensemble de corps se retrouve, le cycle accompli, ce qu'elle était au début, quels que soient les échanges de chaleur qui auront pu, pendant le cycle, s'opérer entre les corps individuels composant l'ensemble qu'on envisage. Mais à l'égard de l'entropie, il y a une distinction à faire : ou bien le cycle est réversible, ce qui est un cas purement idéal, alors on a, comme il a été démontré :

$$\int \frac{dH}{\tau} = 0$$

ou bien le cycle est irréversible, c'est-à-dire se compose

de transformations dans lesquelles celles que nous avons appelées spontanées ou positives l'emportent sur les autres. Alors, en vertu de la concordance existant entre les signes attribués aux valeurs d'équivalence des transformations et les signes attribués aux quantités de chaleur qui se déplacent, on a :

$$\int \frac{dH}{\tau} = \text{quantité positive,}$$

en sorte que l'entropie de l'ensemble d'un nombre quelconque de corps, et par conséquent l'entropie de l'univers entier, ne peut aller qu'en augmentant et augmente nécessairement.

Mars 1868.

---

# DE LA MYOPIE

AU POINT DE VUE

DE LA PHYSIOLOGIE ACTUELLE <sup>1</sup>

---

Pour qu'un objet soit vu d'une manière nette, les deux conditions suivantes doivent être remplies: 1<sup>o</sup> les rayons lumineux partant de chaque point de l'objet considéré et passant par la pupille, doivent se réunir en un point de la tache jaune de telle manière qu'une image renversée de l'objet, nette et bien délimitée, vienne se former dans la couche d'éléments percepteurs de la rétine; 2<sup>o</sup> la modification qui résulte de cette première condition doit être transplantée par les fibres du nerf optique jusqu'au cerveau et provoquer une projection de l'image à l'extérieur. Les anomalies de la vision doivent donc provenir de ce que l'une ou l'autre de ces deux conditions, ou bien toutes les deux, ne sont pas entièrement remplies. M. Donders répartit en conséquence les anomalies de fonction de la vision monoculaire dans les trois classes suivantes: 1<sup>o</sup> modifications des milieux optiques par suite desquelles la marche des rayons lumineux est troublée et la formation d'une image nette sur la rétine n'est plus possible; 2<sup>o</sup> anomalies de réfraction et d'accommodation, résultant d'un défaut dans le rapport

<sup>1</sup> Cet aperçu est emprunté essentiellement aux deux ouvrages suivants: *Myopie en hare behandeling*, door T. C. Donders. Tiel, 1866, et *Om Myopi*, af Michaël Kolmodin Löwegren (Lunds Universitets årsskrift, 1866). Lund, 1866-67.

de la position de la rétine à celle du foyer principal de l'appareil dioptrique, ou bien de l'impossibilité pour l'œil d'augmenter ou de diminuer le degré de réfringence de cet appareil, de telle sorte que l'image de l'objet considéré se forme en avant ou en arrière de la rétine; 3<sup>o</sup> l'amblyopie ou amaurose, résultant d'une modification pathologique du système nerveux, soit de la rétine, soit du nerf optique ou de l'encéphale.

Le pouvoir réfringent de l'œil peut être décomposé en deux éléments: d'abord la *réfraction proprement dite* (réfraction passive ou statique), consistant en ce que l'œil, indépendamment de toute action de la volonté et uniquement par suite de sa structure anatomique et des propriétés physiques des milieux dioptriques, réfracte les rayons incidents sur un point déterminé. Cette réfraction se manifeste dans toute sa pureté seulement lorsque l'œil est à l'état de repos complet, et, dans ce cas, l'œil est ajusté pour le point le plus éloigné qu'il puisse voir distinctement, point auquel les physiologistes donnent le nom de *punctum remotissimum*. Le second élément est le *pouvoir d'accommodation* ou d'ajustement (réfraction active, dynamique), consistant en ce que l'œil peut volontairement s'ajuster pour un objet placé en deçà du point *remotissimum*.

Lorsque l'œil est ajusté pour le point le plus rapproché possible de vision distincte, il a employé le maximum de sa puissance d'accommodation, dont l'activité embrasse par conséquent toute la distance qui sépare le point *remotissimum* du point *proximum*.

Il est donc nécessaire que, pendant le phénomène de l'accommodation, il s'opère dans l'œil une modification par suite de laquelle la réfraction soit augmentée. Les

physiologistes savent aujourd'hui avec certitude, surtout depuis les recherches de Cramer et de Helmholtz, que cette modification consiste en un changement de forme du cristallin dont le diamètre antéro-postérieur s'allonge notablement, la surface antérieure se rapprochant de la cornée, tandis que la surface postérieure ne s'écarte pas de sa place première d'une manière appréciable. La distinction des deux éléments précités dans le pouvoir réfringent de l'œil est d'une haute importance. Il est clair, en effet, que dans les cas où la réfraction proprement dite est parfaitement normale, le pouvoir d'accommodation peut être néanmoins très-imparfait, tandis qu'inversement un œil à réfraction anormale peut jouir d'un pouvoir d'accommodation parfaitement normal.

L'œil qui voit distinctement un objet éloigné sans employer aucune partie de son pouvoir d'accommodation, et qui est ajusté par conséquent à l'état de repos pour des rayons parallèles, est désigné par M. Donders et tous les physiologistes actuels sous le nom d'œil *emmétrope* ( $\omega\psi$   $\acute{\epsilon}\mu\mu\epsilon\tau\rho\omicron\varsigma$ , *oculus modum tenens*).

Un tel œil a donc son point remotissimum à une distance infinie, et la rétine se trouve au foyer principal de l'appareil dioptrique. Tout œil dont la réfraction diffère de cet état normal est appelé *amétrope*. Les déviations possibles sont de trois espèces :

1<sup>o</sup> L'appareil dioptrique peut présenter un pouvoir réfringent exagéré par rapport à la longueur de l'axe antéro-postérieur de l'œil, de telle sorte que le foyer principal se trouve placé en avant de la rétine. Un œil ainsi conformé ne peut pas réunir sur sa rétine des rayons parallèles en une image nette. En effet, ces rayons se réunissent déjà en avant du plan rétinien et, se croisant,

ils divergent pour venir former sur la rétine un cercle de dispersion. Pour pouvoir former une image nette sur la rétine, les rayons, avant d'atteindre l'œil, devraient être divergents dans une certaine mesure et l'objet se trouver en deçà d'une distance infinie. L'œil à l'état de repos est ajusté pour la lumière divergente. Le point remotissimum est à une distance finie déterminable. Aucun objet placé au delà de ce point remotissimum ne peut donner lieu à une image distincte. Cette déviation de la réfraction normale a été désignée depuis longtemps sous le nom de *myopie*.

2° L'appareil dioptrique peut présenter un pouvoir réfringent trop faible par rapport à la longueur de l'axe de l'œil, de telle sorte que son foyer principal tombe en arrière de la rétine. Les rayons parallèles après avoir été réfractés atteignent par conséquent la rétine en formant des cercles de dispersion, puisqu'ils la rencontrent avant d'être arrivés au foyer principal. Pour que des rayons puissent se couper sur la rétine même, il faut qu'ils viennent frapper l'œil avec un certain degré de convergence ; or, comme tous les rayons lumineux qui partent d'un objet sont plus ou moins divergents, il en résulte qu'un tel œil, pouvoir d'accommodation mis à part, ne peut voir distinctement aucun objet. L'œil est ajusté pour la lumière convergente, le point remotissimum est situé pour ainsi dire *au delà* de l'infini. Cette anomalie de réfraction, aussi fréquente et aussi importante dans ses conséquences que la première, n'a bien été comprise que depuis les travaux de M. Donders qui la désigne sous le nom d'*hypermétropie*.

3° La formation d'une image rétinienne distincte et bien délimitée, peut être empêchée par une inégalité de

distance focale dans les différents méridiens de l'appareil dioptrique, de telle sorte qu'un point lumineux considéré ne puisse pas être représenté par un *point* sur la rétine. Cette anomalie de réfraction, qui a sa source essentielle dans une inégalité du rayon de courbure des différents méridiens de la rétine, porte aujourd'hui le nom d'*astigmatisme*.

De ces trois formes d'anomalies de réfraction, nous nous proposons de choisir la première pour une étude plus circonstanciée.

On appelle myope, ainsi que nous venons de le voir, tout œil dans lequel le foyer principal de l'appareil dioptrique est placé en avant de la rétine lorsque l'œil est à l'état de repos. Dans ce cas, les rayons parallèles provenant de chaque point d'un objet placé à une distance infinie, se coupent, après avoir été réfractés, en un point placé en avant de la rétine, point à partir duquel ils divergent pour former sur cette membrane un cercle de dispersion. Une image rétinienne résulte bien de l'ensemble de ces cercles de dispersion qui se recouvrent en partie les uns les autres, mais cette image n'est point distincte, ni nettement délimitée. Par suite de son pouvoir accommodateur, l'œil peut bien augmenter, mais jamais diminuer, comme cela serait nécessaire dans ce cas, son degré de réfringence. Il est donc impossible à un œil myope de s'ajuster pour des rayons parallèles. A l'état de repos, cet œil est ajusté pour une distance exactement déterminable, c'est-à-dire pour des rayons d'un certain degré de divergence. Au point de vue optique, on peut donc considérer un œil myope comme un œil emmétrope devant lequel serait placée une lentille convexe d'une courbure déterminée, à savoir une len-

tille dont la distance focale principale =  $R$  (distance entre le point remotissimum  $r$  et le point nodal antérieur de l'œil, qu'on peut d'ailleurs confondre pratiquement avec le centre optique). Un œil myope, dans lequel  $R=12$  pouces, peut donc être considéré comme un œil emmétrépe + une lentille positive de  $\frac{1}{12}$  <sup>1</sup>. Un œil emmétrépe armé d'une lentille convexe peut donc être considéré, au point de vue optique, comme un œil myope. Or, si l'on peut considérer la réfraction d'un œil myope comme semblable à celle d'un œil emmétrépe auquel on a ajouté une lentille convexe d'une certaine valeur, il en résulte forcément que, si l'on veut ramener cet œil à l'emmétropie, il n'y a qu'à annuler cette augmentation de réfraction, c'est-à-dire à neutraliser la lentille convexe par une lentille concave de même force. Un myope, dont le point remotissimum est à 12 pouces, par exemple, de l'œil, pourra voir nettement des objets éloignés avec une lentille —  $\frac{1}{12}$ . Les rayons parallèles, partant de l'objet éloigné, deviennent en effet, après avoir été réfractés par la lentille concave, divergents, comme s'ils partaient du foyer de la lentille négative. Or ce foyer, si l'on fait abstraction de la distance qui sépare la lentille de l'œil, est placé à 12 pouces en avant de l'œil, c'est-à-dire exactement à la distance pour laquelle l'œil que nous considérons est ajusté à l'état de repos. Les

<sup>1</sup> Dans la méthode de notation généralement adoptée pour les lentilles sphériques, les fractions  $\frac{1}{12}$ ,  $\frac{1}{10}$ , etc. désignent des lentilles positives avec une distance focale de douze pouces, dix pouces, etc. ; les fractions  $\frac{1}{12}$  —  $\frac{1}{10}$ , etc., désignent au contraire des lentilles négatives (c'est-à-dire des lentilles dont le foyer principal est placé du même côté de la lentille que l'objet) dont la distance focale principale est à douze ponce, dix pouces, etc.

oculistes ont par suite, d'après l'exemple de M. Donders, pris l'habitude de désigner le degré de myopie par une lentille dont la distance focale  $= R$ , c'est-à-dire la distance du point remotissimum à l'œil, exprimée en pouces de Roi. Une myopie de  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{12}$ ,  $\frac{1}{20}$ , etc., signifie, par conséquent, un degré de myopie avec point remotissimum placé à 6, 12 ou 20 pouces de l'œil. Grâce à ce mode de désignation, on indique à la fois le degré de la myopie et la forme de la lentille négative nécessaire pour la neutraliser. D'ailleurs, il ne faut pas oublier, comme nous l'exposerons en détail plus bas, que l'immense majorité des cas de myopie repose en *réalité* non point sur une augmentation de la force de l'appareil dioptrique, mais sur une modification de forme du bulbe oculaire.

D'après la définition que nous avons donnée de la myopie, il est clair que tout œil qui se trouve accommodé à l'état de repos pour un point situé en deçà d'une distance infinie, devrait être strictement considéré comme myope. Toutefois, dans la pratique, on considère les rayons partant d'un objet situé à 20 pieds de l'œil, comme parallèles entre eux, et l'œil qui est ajusté à l'état de repos pour cette distance comme emmétrope. En effet, comme pour tous les autres systèmes dioptriques à court foyer, la distance de l'image au centre optique de l'appareil n'augmente que d'une quantité insignifiante relativement au déplacement de l'objet en avant, aussi longtemps qu'il s'agit d'un éloignement considérable.

Pour déterminer l'amétropie d'un œil et, dans certains cas, même son degré, on emploie aujourd'hui généralement les caractères de Snellen. D'ordinaire, une lettre ne peut être distinguée nettement qu'à condition d'être vue sous un angle de 5 minutes. M. Snellen, par-

tant de cette base, a construit une échelle de caractères dont la taille va en grandissant depuis le numéro I jusqu'au n° CC, chaque numéro exprimant en pieds la distance à laquelle les caractères doivent être placés pour être vus sous cet angle de 5 minutes. Un œil emmétrope, doué d'une vision normale, verra par conséquent distinctement le n° I à un pied, le n° X à dix pieds, le n° C à cent pieds, etc.

Le degré de la myopie peut être déterminé à l'aide de deux méthodes, à savoir par l'emploi de lentilles et par celui de l'ophtalmoscope. Considérons d'abord la première.

Les lentilles sphériques négatives ont, comme l'on sait, la propriété de réfracter les rayons parallèles de manière à les rendre divergents exactement comme s'ils provenaient du foyer principal de la lentille. Cela posé, imaginons qu'un œil myope dont l'accommodation est à l'état de repos complet, soit armé d'une lentille négative dont la distance focale soit égale à la distance qui sépare de l'œil le point remotissimum. Il est clair que dans ces conditions l'œil ne verra pas directement un objet éloigné, mais seulement une image de cet objet, placée au point remotissimum pour lequel l'œil est naturellement ajusté. En effet, les rayons parallèles frappent l'œil après avoir été réfractés par la lentille concave qui les a rendus divergents comme s'ils provenaient de ce point remotissimum, et les rayons sont désormais dans des conditions qui leur permettent de venir se réunir sur la rétine. Il résulte de ce qui précède la règle suivante : *La distance focale de la plus faible lentille concave, à l'aide de laquelle la vision des objets éloignés devient aussi nette que possible, augmentée de la distance de la lentille au centre optique*

*de l'œil, est égale à la distance de l'œil à son point remotissimum, c'est-à-dire au degré de myopie.* Le degré de myopie étant mesuré par la distance du point remotissimum au centre optique de l'œil, il est clair qu'il faut toujours ajouter à la distance focale de la lentille la distance de cette lentille au centre optique. Cette valeur peut être évaluée à  $\frac{1}{2}$  pouce ( $\frac{1}{4}$  de pouce pour la distance de la lentille à la cornée et  $\frac{1}{4}$  pour la distance de la cornée au centre optique). Trouvons-nous donc, par exemple, dans un cas donné, qu'une lentille —  $\frac{1}{6}$  neutralise complètement la myopie, nous en concluons que le point remotissimum est placé à 6 pouces en avant de la lentille et à  $6\frac{1}{2}$  pouces en avant du centre optique. Le degré de myopie sera donc exprimé dans ce cas par  $\frac{1}{6\frac{1}{2}}$ . Il est à noter d'ailleurs que, dans la pratique, la lentille qui corrige une myopie donnée, ne rendra jamais la vision aussi parfaite que celle d'un œil emmétrope. A l'aide de la lentille qui corrige exactement sa myopie, un myope ne pourra, par exemple, pas lire à une distance de vingt pieds le n<sup>o</sup> XX des caractères de Snellen, mais seulement le n<sup>o</sup> XXX ou XL. Nous verrons en effet que, dans les forts degrés de myopie tout au moins, le pouvoir visuel est dans la règle quelque peu diminué, sans compter que l'emploi d'une lentille négative diminue la grandeur des images rétinienne.

La seconde méthode pour la détermination du degré de myopie exige l'emploi de l'ophthalmoscope. L'avantage essentiel de ce procédé consiste en ce que l'observateur peut asseoir son jugement sur des faits purement objectifs, indépendamment de l'âge, de l'instruction, de la faculté visuelle et de la volonté bonne ou mauvaise du sujet.

Son principal inconvénient est d'exiger une connaissance approfondie de l'ophthalmoscope et une grande habitude de l'emploi de cet instrument. Il est d'ailleurs des cas où cette méthode peut seule être employée : ainsi pour les enfants en bas âge, dans les cas de cécité, d'amblyopie considérable, de simulation et de dissimulation. L'observateur peut utiliser à son gré l'image droite ou l'image renversée. Mais dans la plupart des cas il convient plutôt de s'adresser à la première. L'œil myope ne pouvant réunir sur sa rétine que des rayons qui frappent la cornée en état de divergence, il est clair que les rayons partant d'un point lumineux de la rétine sortent de l'œil en état de convergence. L'observateur est-il emmétrope (état qui peut d'ailleurs être réalisé dans tous les cas par une lentille de correction), il ne peut réunir ces rayons sur sa propre rétine, puisqu'ils se croisent avant de l'atteindre. Le fond de l'œil du patient ne peut donc être vu que d'une manière indistincte, à moins du secours d'une lentille concave. Il découle de ce fait la règle suivante : *La distance focale de la lentille concave la plus faible, à l'aide de laquelle un œil accommodé pour des rayons parallèles, obtient une vision distincte du fond de l'œil observé, augmentée de la distance de la lentille à l'œil du patient, cette distance, disons-nous, donne le degré approximatif de la myopie.* Ainsi, par exemple, la lentille la plus faible qui permette d'obtenir à une distance de 2 pouces une image nette du fond de l'œil (image droite) a-t-elle une valeur de  $-\frac{1}{6}$ , la myopie sera approximativement de  $\frac{1}{8}$ . En effet, dans le cas d'une myopie de  $\frac{1}{8}$  les rayons sortant de l'œil, convergent vers un point situé à 8 pouces en avant de lui. Si nous tenons une lentille

de  $-\frac{1}{8}$  à 2 pouces de l'œil, les rayons qui convergent vers le foyer principal de la lentille (6 pouces) sont réfractés de manière à devenir parallèles et à pouvoir, par conséquent, être réunis sur la rétine de l'œil emmétrope de l'observateur. Dans les cas de très-forte myopie, il devient nécessaire de s'approcher de l'œil observé à un degré tel que l'observation n'est plus guère praticable. Il faut avoir alors recours à l'examen de l'image renversée. De même, en effet, qu'il se forme au fond de l'œil une image renversée d'un objet placé au point remotissimum, de même aussi il se forme au point remotissimum une image renversée du fond de l'œil, lorsque celui-ci est suffisamment éclairé. L'observateur peut donc voir en ce point une petite image réelle du fond de l'œil sans le secours d'aucune lentille.

La myopie reposant sur un défaut dans le rapport entre la force de l'appareil dioptrique et la position de la rétine, il est évident que ce défaut peut résulter ou bien d'une augmentation absolue du pouvoir réfringent, entraînant une distance focale principale plus courte que dans la norme ; ou bien d'un allongement du bulbe. De ces deux possibilités la seconde est dans tous les cas beaucoup plus fréquemment réalisée que la première. Pendant longtemps on avait cru que la convexité plus grande de la cornée est la cause principale de la myopie. Des mesures exactes du rayon de courbure de la cornée, dues surtout à M. Donders, enseignent que cette opinion n'était point fondée. Il résulte, en effet, de ces mesures que, chez les myopes, la cornée non-seulement n'est pas plus convexe que chez les emmétropes, mais encore qu'elle l'est généralement moins. En fait, le rayon de courbure de la cornée est soumis à d'assez grandes variations,

soit chez les yeux emmétropes, soit chez les yeux amétropes. Toutefois, dans la règle, la cornée est plus aplatie dans les yeux fortement myopes que dans les yeux emmétropes. Ce fait ne doit point surprendre : nous allons voir, en effet, que les hauts degrés de myopie sont toujours accompagnés par une dilatation du bulbe dans tous les sens, ce qui entraîne nécessairement une plus grande longueur du rayon de courbure de la cornée.

La cornée ne joue donc pas dans la règle de rôle important dans les causes anatomiques de la myopie. Cependant il est impossible de nier que dans certains cas de myopie, surtout de myopie légère, la cause de l'anomalie ne puisse résider dans une plus grande convexité de la cornée. Dans les cas d'astigmatisme myopique, on constate l'existence d'un degré de myopie très-appreciable, résidant dans une augmentation de convexité d'un méridien de la cornée, combinée avec l'emmétropie, c'est-à-dire avec une courbure normale d'un autre méridien. Il est clair que l'augmentation de convexité pourrait avoir lieu dans les deux méridiens à la fois, et nous aurions alors à faire à une véritable myopie due uniquement à la forme de la cornée. C'est d'ailleurs ce qu'on voit dans quelques cas de maladie, comme dans certaines formes de pannus et dans le cérotoconus. Il est vrai qu'il s'agit là, moins d'une myopie pure, que d'un astigmatisme irrégulier.

Relativement au rôle du cristallin comme cause de la myopie, les auteurs ne sont pas parfaitement d'accord. MM. Ed. von Jäger, Stellwag von Carion et d'autres admettent que certains degrés de myopie acquise sont causés par une augmentation de la convexité du cristallin, résultant d'efforts soutenus d'accommodation pendant le jeune âge. L'exercice continu de l'accommodation,

selon ces auteurs, maintiendrait presque continuellement le cristallin dans un état de convexité forcée. M. Donders, au contraire, ne concède au changement de forme du cristallin par suite d'efforts d'accommodation, aucune influence dans la production de la myopie, et son opinion semble singulièrement soutenue par les faits. Il est incontestable que, par une accommodation soutenue, le muscle ciliaire peut entrer dans un état de tonicité exagérée, mais cet état n'est que passager et disparaît en particulier toujours lorsqu'on paralyse le muscle par l'atropine. La manière de voir de MM. Jäger et Stellwag rend difficilement compte de ce qui se passe dans les cas d'hypermétropie. Chez les jeunes hypermétropes, par suite de la nécessité de toujours accommoder même pour les rayons parallèles, il arrive que le muscle de l'accommodation entre dans un état de tonicité augmentée, et qu'une partie de l'hypermétropie devient en quelque sorte *latente*. Toutefois, même dans ce cas, le cristallin ne change pas réellement sa forme, et, après de longues années, il revient encore à sa forme primitive dès que le muscle ciliaire est paralysé par l'atropine ou que le patient porte des lunettes neutralisant son hypermétropie. Stellwag von Carion oppose les cas de myopie qu'il croit résulter d'un changement de forme du cristallin, sous le nom de *myopie acquise* ou *plésiopie*, aux cas de myopie causés par un allongement de l'axe optique, cas qu'il désigne sous le nom de *myopie congénitale*. Il est incontestable qu'il y a des cas de myopie congénitaux et d'autres acquis, mais que ces derniers proviennent d'un changement de forme du cristallin, c'est ce qui demanderait encore à être prouvé. M. Stellwag admet lui-même qu'il existe vraisemblablement dans tous les cas de plésiopie

une diminution de la latitude d'accommodation; par cela même il prouve qu'il entend par myopie une simple anomalie de l'accommodation. Dans la véritable myopie au contraire, comme nous le verrons plus loin, la latitude d'accommodation n'est pas modifiée. M. Jäger, tout en exagérant peut-être l'importance et la fréquence de la plésiopie, a du moins bien compris qu'il ne s'agissait là que d'une pure anomalie d'accommodation. Dans ce sens l'hypermétropie latente, dont nous venons de parler, est un cas de plésiopie. Dans la plésiopie, le point remotissimum est *en apparence* rapproché de l'œil, parce que celui-ci ne peut pas relâcher entièrement son muscle accommodateur.

Il est clair que théoriquement la myopie pourrait aussi résulter d'une modification de l'indice de réfraction des milieux réfringents. Cependant, l'expérience ne semble pas donner à ce sujet une grande importance.

Les recherches de ces dernières années, et surtout celles de M. Donders, ont montré avec évidence que la cause de l'immense majorité des cas de myopie git dans un allongement du bulbe de l'œil. Déjà en 1708 Boerhaave indiquait parmi les causes de la myopie *nimia oculi longitudo*, et en 1770 Gendron mentionnait la *figure ovale* des yeux myopes; mais c'est en réalité durant ces dernières années que ce fait a été élevé au-dessus de toute espèce de doute. La forme typique de l'œil myope est celle d'un ellipsoïde assez régulier, dont le sommet coïncide dans la plupart des cas avec l'extrémité postérieure de l'axe de la cornée, c'est-à-dire tombe entre la tache jaune et la papille du nerf optique. Selon MM. Donders et Doyer, la longueur de l'axe longitudinal de l'œil est en moyenne, pour les yeux emmétropes, 23<sup>mm</sup>,53.

Elle est pour les yeux myopes de  $25^{\text{mm}},55$ , c'est-à-dire  $2^{\text{mm}},02$  de plus. Dans les cas extrêmes, la différence est encore bien plus considérable : dans les plus hauts cas de myopie, M. Hasner a vu la longueur de l'axe de l'œil atteindre jusqu'à  $38^{\text{mm}}$ . Cet allongement de l'axe antéro-postérieur provient d'une extension de la partie postérieure du bulbe, produisant consécutivement un amincissement et une atrophie de la sclérotique et de la choroïde. Les causes de cette modification pathologique sont encore obscures et envisagées de diverses manières par les auteurs, ce qui a donné naissance aux noms les plus divers, dont le plus simple est celui d'*ectasie postérieure du bulbe*. A l'aide de l'ophtalmoscope, on peut poursuivre pas à pas la formation et le développement de cette anomalie. M. Donders, dont les recherches embrassent plus d'un millier de myopes, n'a vu manquer l'atrophie de la choroïde que dans trois cas de myopie plus grande que  $\frac{1}{12}$ , après l'âge de trente ans, et dans cinq cas de myopie plus grande que  $\frac{1}{20}$ . La constance de l'atrophie de la choroïde dans la myopie indique évidemment une liaison intime des deux phénomènes.

Les modifications anatomiques qui accompagnent l'ectasie postérieure du bulbe ou *staphylome postérieur*, car tel est le nom que l'on donne le plus souvent à cette affection, sont en peu de mots les suivantes : La sclérotique qui, dans l'œil normal, est deux fois plus épaisse au pôle postérieur que près de l'équateur, s'amincit graduellement dans l'œil myope à mesure qu'on s'approche du pôle postérieur, où elle devient aussi mince et transparente qu'une feuille de papier. La choroïde subit dans sa région postérieure une modification analogue. Lorsque l'atrophie est très-avancée, l'épithélium

choroïdien disparaît même, laissant subsister çà et là de petits groupes de granules pigmentaires, semés surtout sur le bord externe de la région atrophiée. La couche chorio-capillaire disparaît souvent totalement et même une partie des plus gros vaisseaux choroïdiens s'oblitérent. Quelquefois, sur les limites de l'ectasie, l'union de la rétine et de la choroïde devient plus intime que d'habitude, M. Stellwag prétend même que dans un grand nombre de cas, la rétine décollée est tendue librement devant le staphylome, dont la cavité est remplie d'un liquide aqueux. L'examen ophtalmoscopique révèle une apparence extrêmement caractéristique : la région atrophiée sous la forme d'une figure semi-lunaire, réfléchit fortement la lumière, son bord concave enserre la papille du nerf optique et ses cornes sont tournées vers le côté externe.

L'atrophie choroïdienne se développe, comme nous l'avons dit, tôt ou tard chez presque tous les myopes. Selon M. Donders, elle est d'autant plus intense pour des individus d'un même âge que le degré de la myopie est plus fort et, pour un même degré de myopie, elle est d'autant plus forte que le patient est plus avancé en âge. Cependant, M. Jäger a rencontré quelquefois déjà une trace de la figure semi-lunaire caractéristique chez les nouveau-nés. Dans tous les cas, une fois l'âge de 40 ans passé, il est extrêmement rare qu'on ne puisse pas constater des traces d'atrophie très-appreciables même chez les gens faiblement myopes. D'ordinaire, l'affection progresse très-lentement, quelquefois cependant, surtout dans les cas intenses de myopie progressive, elle marche plus rapidement, avec des arrêts plus ou moins marqués.

L'étude anatomico-pathologique de l'atrophie de la

choroïde et de la sclérotique ne semble guère permettre de ramener cette affection, comme M. de Græfe le pensait il y a quelques années, à une scléro-choroïdite, c'est-à-dire à une inflammation des membranes du bulbe. Il semble bien plus naturel d'admettre que l'affection consiste en une véritable atrophie, résultant d'une augmentation de la pression intra-oculaire, augmentation qui entraîne après elle une tension anormale des membranes de l'œil.

La myopie est une anomalie assez fréquente comme chacun le sait. M. Donders qui a, sans contredit, la plus grande expérience de ce sujet, admet que dans la population germanique sur 2000 yeux, on en trouve 350 atteints d'une myopie ou d'une hypermétropie plus grande que  $\frac{1}{96}$ , et cette dernière anomalie paraissant être aussi fréquente et même plus fréquente que la première, on peut estimer la proportion des myopes à 8 pour  $\frac{0}{0}$  de la population totale. Sur un millier de gens à myopie de  $\frac{1}{24}$  et au-dessus, M. Donders compte :

15	cas de myopie de	$1 \frac{1}{2}$	jusqu'à	$\frac{1}{2}$
100	»	»	de	$\frac{1}{2}$ » $\frac{1}{3}$
310	»	»	de	$\frac{1}{3}$ » $\frac{1}{6}$
575	»	»	de	$\frac{1}{6}$ » $\frac{1}{24}$

Du reste, la fréquence de la myopie varie beaucoup avec les classes de la population, ce qui n'arrive pas pour l'autre anomalie de réfraction, l'hypermétropie. D'une manière générale, on peut dire que plus la civilisation d'un peuple est avancée, plus la proportion des myopes augmente.

Cette répartition variable de la myopie fait songer involontairement aux efforts d'accommodation, comme cause

essentielle de la myopie. Il semble que toutes les circonstances qui demandent une action soutenue du travail d'ajustement doivent contribuer au développement de cette affection. Cependant, il est aujourd'hui certain que l'âge joue ici un rôle essentiel, et que les circonstances auxquelles nous venons de faire allusion, ne peuvent guère contribuer au développement de la myopie que pendant la jeunesse. M. Donders n'a vu que très-rarement la myopie apparaître après l'âge de 15 ans et jamais après celui de 20 ans, dans un œil véritablement emmétrope dans le principe. Les cas où l'on a cru observer l'apparition plus tardive de la myopie, paraissent n'avoir consisté que dans le développement d'une myopie préexistante d'un très-faible degré, ignorée souvent du patient lui-même. Sans doute, la moins grande solidité et la plus grande extensibilité de la sclérotique pendant l'enfance doivent rendre compte de cette prédisposition du jeune âge à la myopie. Il n'y a pas de doute qu'un éclairage insuffisant, une vie sédentaire, l'habitude de travailler avec la tête penchée, les occupations nocturnes, les maladies hyposthénisantes, etc., contribuent au développement de cette anomalie de réfraction chez les enfants. Néanmoins, pour la majorité des cas, on est obligé d'admettre une disposition congénitale. L'hérédité se présente donc au premier rang parmi les causes de la myopie. Mais en quoi consiste cette disposition héréditaire? Il est difficile pour le moment de faire à cette question une réponse certaine. On a cherché la cause de la prédisposition à l'éctasie du bulbe dans une fermeture insuffisante du hiatus qui, d'après M. von Ammon, existerait dans la partie inférieure et externe du bulbe pendant les premiers temps de la vie embryonnaire. Cette manière de voir est

assez séduisante et réduirait la disposition à la myopie à un simple arrêt de développement. Toutefois la présence du hiatus de la sclérotique à l'état embryonnaire est contestée par une des premières autorités embryologiques, à savoir M. Kölliker. Dans tous les cas, l'accommodation soutenue paraît bien augmenter la tension intra-oculaire et contribuer ainsi à la formation de l'ectasie.

Une fois que l'atrophie de la choroïde a commencé, on la voit, d'après M. Donders, augmenter rapidement, même lorsque l'allongement du bulbe ne marche pas dans la même proportion. Le fait que l'atrophie commence toujours au côté interne de la papille du nerf optique a sans doute, selon M. Löwegren, sa cause dans une disposition anatomique. Immédiatement auprès de la papille, la choroïde est en effet intimement unie à la gaine du nerf optique, à la lame cribreuse et à la sclérotique. Là est son point fixe, tandis que le reste de la membrane n'est uni que très-lâchement à la sclérotique. Lorsque, sous l'influence des efforts d'accommodation, la pression intra-oculaire se trouve augmentée et la choroïde tendue dans sa totalité, le muscle ciliaire, contracté pour l'accommodation, tend à tirer cette membrane en avant. Il est clair que la tension et la traction doivent agir avec le plus d'énergie là où la membrane a son point d'attache et ne peut pas céder. C'est aussi en ce point que l'atrophie se manifeste d'abord.

Passons maintenant à l'étude des phénomènes d'accommodation dans l'œil myope.

Quand l'œil est ajusté pour son point proximum, il a employé le maximum de son accommodation, tandis que lorsque l'accommodation est à l'état de repos, l'œil est

ajusté pour son point remotissimum. La distance qui sépare le point proximum du point remotissimum, comprend donc l'espace dans lequel les objets peuvent être vus distinctement à l'aide de l'accommodation. On peut le désigner sous le nom d'*espace d'accommodation*, expression quelque peu différente de celle de *latitude d'accommodation*. Par cette dernière, on entend une valeur dioptrique déterminée, représentant l'excès de réfringence qu'un œil peut acquérir par l'accommodation. Un œil qui peut accommoder depuis l'infini jusqu'à une distance de 4 pouces de l'œil, a un espace d'accommodation infiniment plus grand qu'un autre œil ne pouvant s'ajuster que pour les distances de 12 pouces à 3 pouces, et cependant, dans les deux cas, la latitude d'accommodation est la même, à savoir  $\frac{1}{4}$ . L'augmentation de réfringence que l'œil peut acquérir par l'accommodation, peut en effet être représentée par une lentille convexe réfractant les rayons provenant du point proximum dans la même direction que s'il venait du point remotissimum. Un œil emmétrope ayant son point proximum à 4 pouces de distance, a une latitude d'accommodation  $= \frac{1}{4}$ . En effet, une lentille convexe  $\frac{1}{4}$  réfracte les rayons venant d'une distance de 4 pouces, c'est-à-dire de son foyer principal, de telle sorte qu'ils deviennent parallèles. L'œil pourra donc voir à l'aide de cette lentille, son point proximum sans s'ajuster aucunement. On voit par là que cette lentille représente exactement l'excès de pouvoir réfringent que l'œil acquiert en s'accommodant pour le point proximum.

M. Donders a montré que la latitude d'accommodation décroît normalement dans tout œil à partir de l'enfance par suite d'un éloignement graduel du point proximum.

En moyenne, chez un enfant de 10 ans, elle est de  $\frac{1}{2\frac{2}{3}}$ ; de 20 à 25, elle est de  $\frac{1}{4}$ ; de 30 à 35 ans de  $\frac{1}{6}$ . Ainsi, dans la règle, à l'âge de 30 ans, la latitude d'accommodation n'est plus qu'environ la moitié de ce qu'elle était à l'âge de 10 ans. A partir de cette époque de la vie, la diminution devient plus lente; à 40 ans, la latitude d'accommodation est d'environ  $\frac{1}{8}$ ; à 60 ans d'environ  $\frac{1}{4}$  et enfin vers 75 ans elle devient égale à 0. Le fait que la diminution de la latitude d'accommodation commence d'aussi bonne heure, c'est-à-dire à une époque où le système musculaire est en pleine activité, rend improbable l'opinion qui l'attribuerait à une insuffisance résultant d'une modification d'un muscle ciliaire. La cause doit être vraisemblablement cherchée dans l'organe passif de l'accommodation, le cristallin, dont la consistance augmente avec l'âge et oppose par conséquent, une résistance toujours croissante à l'action du muscle ciliaire. Le recul graduel du point proximum, ou, en d'autres termes, la diminution de la latitude d'accommodation avec l'âge, est un phénomène connu depuis longtemps, au moins pour l'époque avancée de la vie : c'est lui qu'on désigne sous le nom de *presbyopie*. Longtemps la presbyopie a passé pour l'opposé de la myopie, erreur compréhensible, si l'on songe à la connaissance insuffisante que les physiologistes avaient à cette époque des phénomènes de réfraction et d'accommodation. En réalité, la presbyopie a sa raison d'être dans un phénomène physiologique qui commence à se manifester dès l'enfance, dans tous les yeux, sans exception, quelle que soit leur condition de réfraction. L'œil myope, de même que son antipode, l'œil hypermétrope, sont soumis tout aussi bien

que l'œil emmétrope à cette diminution régulière et progressive de la latitude d'accommodation, bien que cette diminution soit dans le principe moins frappante pour l'œil myope par suite de l'extrême rapprochement du point proximum. A 40 ans, l'œil emmétrope a une latitude d'accommodation de  $\frac{1}{8}$ , le point proximum étant à 8 pouces de distance et il est par conséquent déjà presbyte, tandis que, à l'âge de 40 ans, l'œil atteint d'une myopie de  $\frac{1}{12}$  avec une latitude d'accommodation égale à celle du premier, a son point proximum encore à 4 pouces  $\frac{4}{5}$ . Ce n'est qu'à l'âge de 60 ans que sa latitude d'accommodation est réduite à  $\frac{1}{4}$ , son point proximum reculant à 8 pouces, et qu'il revient par conséquent presbyte.

Il existe une certaine corrélation entre l'accommodation et la convergence des axes optiques, en ce sens que chaque degré de convergence des axes optiques est toujours accompagné de la mise en jeu d'une certaine quantité d'accommodation.

Cependant, pour un degré de convergence donné, il est en notre pouvoir de faire varier l'ajustement de l'œil dans de certaines limites. Regardons-nous, par exemple, fixement avec un œil un objet placé à une distance de 12 pouces, et place-t-on alternativement devant cet œil des lentilles concaves et des lentilles convexes de force médiocre, il est en notre pouvoir de diminuer notre accommodation (pour surmonter la divergence des rayons due aux verres concaves) ou de la diminuer (pour surmonter la diminution de divergence des rayons due aux verres convexes), sans que la convergence des axes soit modifiée ni que la netteté de la vision soit troublée. La latitude d'accommodation qui est ainsi à notre disposition pour un certain degré de convergence des axes optiques s'ap-

pelle la *latitude d'accommodation relative*. Cette valeur est formée d'une *partie négative*, déterminable à l'aide de la plus forte lentille convexe que l'œil peut surmonter sans changer le degré de convergence des axes, et d'une *partie positive*, déterminable par la plus forte lentille concave que l'œil puisse surmonter dans ces conditions. Soit la latitude d'accommodation relative, soit le rapport de la partie positive à la partie négative qui la composent, sont très-variables pour des yeux dont les conditions de réfraction sont différentes. De là, les grandes différences constatées journallement dans la plus ou moins grande facilité qu'ont certaines personnes à soutenir à la longue les efforts d'accommodation. L'expérience enseigne, en effet, qu'on ne peut en général pas soutenir l'accommodation pendant un temps considérable pour d'autres degrés de convergence des axes optiques, que ceux dans lesquels la quantité non utilisée de latitude d'accommodation positive atteint une valeur considérable. Cette valeur doit être la moitié ou au moins un tiers de la latitude d'accommodation relative disponible. En revanche, dès que la partie négative l'emporte, on voit se manifester rapidement des symptômes d'*asthénopie accommodative*, à savoir de la fatigue, du mal de tête, de la chaleur et de la douleur dans les yeux, de la confusion et de l'instabilité des images, phénomènes compris en général sous le nom commun de *hebetudo visus*. L'œil hypermétrope qui emploie toujours pour le travail une très-grande partie de son pouvoir d'accommodation, est par suite très-facilement atteint d'asthénopie accommodative. Le myope est en revanche dans des conditions bien différentes: il travaille toujours dans le voisinage de son point remotissimum relatif, et il a par suite la plus grande partie de

l'accommodation disponible en réserve. Les myopes peuvent par suite s'adonner d'une manière beaucoup plus soutenue au travail sans souffrir d'asthénopie accommodative. Il est vrai que dans les cas de forte myopie, on voit surgir un inconvénient d'une autre nature, à savoir, comme nous le verrons tout à l'heure, l'impossibilité de soutenir pendant longtemps un haut degré de convergence des axes optiques.

On voit, d'après ce qui précède, que la latitude d'accommodation *absolue* est celle que chaque œil possède pour son propre compte, tandis que la latitude d'accommodation *relative* est celle dont l'œil peut disposer pour un degré donné de convergence des axes optiques. Il faut distinguer encore la latitude d'accommodation *binoculaire*, à savoir, celle dont les deux yeux disposent en commun et qui embrasse l'espace compris entre le point remotissimum binoculaire et le point proximum binoculaire. Pour l'œil emmétrope, le premier de ces points coïncide avec le point remotissimum monoculaire, et le second est placé un peu plus loin de l'œil que le point proximum monoculaire. La latitude d'accommodation absolue est par conséquent plus étendue que la latitude d'accommodation binoculaire, d'une quantité, il est vrai, minime. En portant son accommodation au maximum, l'œil emmétrope peut s'approcher de son point proximum absolu; mais cela ne peut avoir lieu qu'à la condition de sacrifier la vision binoculaire à un degré de convergence exagéré des axes optiques: Il en résulte un strabisme convergent accidentel, les axes optiques se coupant en point beaucoup plus rapproché que celui pour lequel l'œil est accommodé; c'est aussi le cas *à fortiori* pour les hypermétropes. Chez les myopes, au contraire, la

latitude d'accommodation binoculaire, au moins pour les cas de très-forte myopie, est beaucoup moindre que la latitude absolue. Pour se servir de son pouvoir d'accommodation dans la même étendue que l'emmétrope, dans la vision binoculaire, le myope devrait mettre en jeu un degré de convergence des axes optiques encore bien plus grand que lui, mais c'est précisément ce qu'il ne peut pas faire, la mobilité du bulbe en dedans étant souvent très-limitée dans les cas de myopie par suite de l'allongement de cet organe. Une conséquence nécessaire de cette diminution de la mobilité de l'œil en dedans, c'est que le point proximum pour la vision binoculaire s'éloigne et que la latitude de l'accommodation binoculaire diminue. Les conditions sont donc bien différentes pour l'emmétrope et pour le myope : l'emmétrope ne peut s'occuper d'objets très-rapprochés, parce qu'il ne peut pas augmenter son accommodation sans sacrifier la vision binoculaire par suite d'une convergence exagérée des axes ; le second, au contraire, ne peut pas soutenir le travail de très-près, parce qu'il ne peut pas augmenter suffisamment la convergence des axes optiques ; il peut bien s'ajuster pour un point plus rapproché, mais alors il abandonne la vision binoculaire, l'un de ses yeux déviant en dehors. Le résultat d'efforts soutenus pour le travail rapproché n'entraîne point pour le myope une asthénopie accommodative, mais bien une fatigue des muscles droits internes (*asthénopie musculaire*) et finalement le strabisme divergent.

M. Donders a le mérite d'avoir montré le premier la liaison intime qui existe entre le strabisme et les anomalies de réfraction. Toutes les fois qu'un hypermétrope veut voir distinctement, et mettre en jeu pour cela une

grande partie de sa faculté d'accommodation, il se manifeste chez lui une tendance exagérée à augmenter le degré de convergence des axes optiques. De là, une disposition à contracter le strabisme convergent. Chez le myope, au contraire, le strabisme divergent est une conséquence de la modification de forme du bulbe oculaire, modification qui oppose une résistance plus grande à l'action des muscles droits internes, lorsque les yeux s'ajustent pour un objet rapproché. Dans les hauts degrés de myopie, le bulbe est augmenté dans toutes ses dimensions, mais l'allongement suivant l'axe antéro-postérieur est le plus effectif pour entraver les mouvements de l'œil. Sans doute, la mobilité en dehors est aussi limitée, mais le myope peut y suppléer dans une certaine mesure par des mouvements de la tête entière. L'insuffisance des muscles droits internes et l'asthénopie musculaire qui en résulte, ont donc leur cause dans une disproportion entre la force des muscles droits internes et les exigences de la convergence des axes. L'asthénopie passe donc très-facilement chez les myopes au strabisme divergent. On peut même regarder ce strabisme comme une sorte de palliatif naturel contre l'asthénopie musculaire. Grâce à l'intervention du strabisme, le myope est pour ainsi dire débarrassé du travail fatigant de faire converger ses axes optiques. C'est ainsi qu'on voit souvent apparaître un véritable strabisme divergent qui n'était dans le principe que relatif. Le patient ne louche d'abord que pour regarder les objets très-rapprochés, mais dirige bien ses axes optiques pour les objets éloignés; plus tard, ce strabisme devient absolu, le patient ne regardant plus les objets qu'à l'aide d'un seul œil pour une distance quelconque, tandis que l'autre œil dévie en dehors.

Si l'on réunit sous le nom de strabisme divergent la forme absolue et la forme relative, on peut affirmer, selon M. Donders, que la myopie est suivie de strabisme divergent aussi souvent et même plus souvent que l'hypermétropie de strabisme convergent.

Quelquefois la myopie entraîne à sa suite une forme de strabisme bien différente, à savoir : un strabisme convergent relatif. Pendant le jeune âge, lorsque la myopie ne progresse que lentement, la force des muscles droits internes augmente pour l'ordinaire dans la même proportion que l'espace d'accommodation se rapproche de l'œil. Au contraire, la myopie progresse-t-elle plus rapidement, les muscles droits internes deviennent insuffisants et le strabisme divergent se manifeste. Mais dans certains cas, compris en général entre une myopie de  $\frac{1}{4}$  et une myopie de  $\frac{1}{6}$ , les muscles droits internes prennent un développement inusité. La convergence des axes peut s'opérer par suite sans difficulté, mais alors cet avantage est balancé par une diminution de la mobilité de l'œil en dehors. Cette diminution peut atteindre un degré tel que le patient ne puisse plus rendre ses axes optiques parallèles. Il les dirige exactement pour les objets rapprochés, mais pour des objets éloignés, il ne peut pas relâcher suffisamment ses muscles droits internes et, pour une distance de 6, 8 ou 12 pouces de l'œil, le strabisme convergent apparaît. Au lieu d'une insuffisance des muscles droits internes, nous avons donc dans ce cas un strabisme interne dynamique. Les muscles internes ont ici une prépondérance sur les externes. Pour la vision des objets éloignés, ce strabisme dynamique devient réel. Dans certains cas de très-forte myopie, l'obstacle à la convergence résultant de la forme du bulbe peut devenir si considé-

rable qu'un strabisme divergent relatif apparaisse. Dans ces cas, un seul et même patient peut présenter un strabisme divergent pour les objets rapprochés, un strabisme convergent pour les objets éloignés et une fixation binoculaire normale pour l'espace intermédiaire.

Il nous reste à dire quelques mots des fâcheux résultats que la myopie entraîne à la longue pour la rétine. La faculté visuelle diminue dans la règle chez les myopes. Cela résulte en première ligne de ce que la rétine se trouve distendue par suite de la dilatation du bulbe. Les éléments percepteurs n'augmentant pas de nombre, il est clair qu'à surface égale, la rétine du myope contiendra un moins grand nombre de ces éléments que celle de l'emmetrope. Il est vrai que, d'autre part, par suite de l'allongement du bulbe, les images sont plus grandes dans l'œil myope que dans l'œil normal ; toutefois la distension de la rétine atteignant son maximum précisément dans le voisinage de la tache jaune, on ne peut guère espérer que la seconde circonstance contre-balance la première. Cet affaiblissement de la vue chez les myopes n'est, il est vrai, pas admis par les masses. On croit généralement que la myopie diminue dans beaucoup de cas avec l'âge. Cette conclusion repose sur des observations insuffisantes. Elle trouve son explication dans le fait que la pupille se resserrant avec l'âge, les cercles de dispersion se trouvent diminués et la vision à distance devient par suite, en effet, un peu plus distincte. En outre, le point proximum s'éloignant avec l'âge dans tous les yeux, on peut facilement prendre ce recul, chez un myope, pour une diminution de la myopie. Enfin des efforts d'accommodation exagérés amènent quelquefois, dans le jeune âge, une sorte de contracture spasmodique du muscle

d'accommodation, contracture qui n'a plus l'occasion de se manifester à un âge avancé, la cause n'existant plus, et l'on peut attribuer faussement sa disparition à une diminution de la myopie.

M. Donders divise la myopie en *myopie stationnaire*, *myopie temporairement progressive* et *myopie constamment progressive*. La myopie stationnaire comprend les cas qui n'augmentent que lentement et d'une petite quantité pour s'arrêter complètement à partir de l'âge de 25 ans, c'est-à-dire lorsque la croissance du bulbe est terminée. La myopie temporairement progressive comprend, pour M. Donders, les cas où l'affection augmente rapidement de la 12<sup>me</sup> à la 25<sup>me</sup> ou même à la 30<sup>me</sup> année, pour devenir complètement stationnaire à partir de ce moment-là. La myopie est surtout progressive lorsque, vers l'âge de 17 ans, elle a déjà atteint un degré considérable, par exemple  $\frac{1}{8}$ . Il arrive d'ailleurs rarement qu'une myopie d'un tel degré devienne stationnaire à l'âge indiqué. Dans la majorité des cas elle continue d'augmenter, au moins légèrement, faisant ainsi le passage à la forme continuellement progressive. Cette dernière comprend les cas qui ont déjà atteint un très-haut degré vers l'âge de 15 ans. Même dans ces cas-là la progression la plus rapide a lieu jusqu'à l'âge de 25 ou de 30 ans. A partir de ce moment elle devient plus lente, bien que toujours fort marquée. Lorsque la myopie a ainsi une tendance à croître d'une manière continue, elle peut atteindre le degré de  $\frac{1}{2}$ , et dans ces cas on peut craindre les résultats les plus tristes pour la fonction visuelle. Il est impossible alors d'attendre de l'âge une amélioration quelconque, puisque l'allongement constant du bulbe contre-balance et au delà les modifications séniles du cristallin.

Dans les hauts degrés de myopie, la tension du bulbe produit quelquefois un état de la rétine connu sous le nom d'*amblyopie myopique*, qui peut atteindre un degré considérable. Les symptômes en sont une disposition de l'œil à la fatigue et aux douleurs, un accroissement de la résistance du bulbe à la pression, de la photophobie, de la photopsie et des mouches volantes avec une diminution de la netteté de la vision. Les mouches volantes tourmentent quelquefois des myopes, même dans les cas de myopie faible. Ces mouches existent, comme l'on sait, aussi dans l'œil normal et dérivent de petits corpuscules qui flottent dans le corps vitré. La différence est seulement que les myopes les voient mieux. L'emploi de verres concaves en diminue d'ailleurs le nombre.

Lorsque les modifications pathologiques de la choroïde ont envahi la région de la tache jaune, la vision centrale devient défectueuse à un haut degré. Les patients se plaignent qu'un nuage se place devant leurs yeux; lorsqu'ils lisent, une partie des lettres semblent à moitié effacées, d'autres disparaissent complètement. Ce phénomène provient de ce que de petites parties de la fosse centrale ou de la région avoisinante ont perdu la sensibilité pour la lumière et il en résulte des scotomes, c'est-à-dire des lacunes dans le champ visuel. Dans les hauts degrés de myopie, le champ visuel peut être restreint par des taches résultant de ce que des parties atrophiées de la choroïde ont intéressé la rétine dans un état inflammatoire, produisant même des extravasations sanguines dans cette membrane. Un des plus fâcheux résultats auxquels puissent conduire les plus hauts degrés de myopie progressive, c'est le décollement de la rétine qui amène souvent une perte totale de la fonction visuelle. D'ordinaire le décolle-

ment commence dans le voisinage de l'équateur et souvent sur la paroi externe du bulbe. Dans les degrés les plus forts de l'affection, on voit se manifester quelquefois une excavation glaucomateuse de la papille du nerf optique et cela surtout chez les vieillards, mais cependant aussi chez des personnes plus jeunes. Selon M. de Græfe, cet état conduit nécessairement à la cécité, si l'on ne pratique pas à temps l'iridectomie.

En terminant, il nous reste à attirer l'attention sur une particularité remarquable de la physionomie des myopes consistant en un *strabisme convergent apparent*, qu'il ne faut pas confondre avec le strabisme véritable. Le diagnostic de ces deux formes est facile. On fait regarder au patient un petit objet et, s'il s'agit d'un véritable strabisme, l'œil dévié fait, pour se porter sur l'objet, une excursion en dehors, dès qu'on cache l'autre œil avec la main. Au contraire, dans le cas du strabisme apparent, cette excursion n'a point lieu; on est obligé de se convaincre que les deux yeux sont en réalité dirigés exactement sur l'objet, et que le strabisme n'est qu'apparent. La cause de ce strabisme convergent apparent doit être cherchée dans le rapport de position de l'axe de la cornée et de l'axe optique, rapport qui n'est pas le même pour des yeux de réfraction différente. L'axe de la cornée (c'est-à-dire la ligne qu'on suppose menée du sommet de la cornée à la rétine en passant par le centre optique) ne coïncide pas avec l'axe optique (c'est-à-dire avec la ligne qui, passant par le centre optique, réunit le point regardé avec son image rétinienne sur la tache jaune); mais l'axe optique coupe la cornée en dedans de l'axe de celle-ci formant, par conséquent, avec lui un angle qui varie avec les conditions de réfraction. D'après les mensurations de

MM. Donders et Doyer, cet angle est en moyenne de  $5^{\circ},08$  chez les emmétropes, de  $7^{\circ},55$  chez les hypermétropes et de  $2^{\circ}$  chez les myopes. La diminution de l'angle chez les myopes peut même être poussée si loin que la valeur de cet angle devienne négative : dans ce cas l'axe optique coupe la cornée en dehors de son centre. Cette anomalie a été constatée par les savants en question cinq fois sur dix-sept yeux myopes examinés par eux à ce point de vue. La diminution de l'angle provient, d'après M. Donders, de ce que l'expansion du bulbe concerne surtout sa partie externe, de telle sorte que la tache jaune se trouve comme repoussée en dedans. Dans un œil emmétrope, lorsque les axes optiques sont parallèles entre eux, les axes des cornées divergent d'environ  $10^{\circ}$  et chez les hypermétropes d'environ  $15^{\circ}$ , tandis que chez les myopes cette divergence est minime et peut même faire place à un certain degré de convergence. Habités comme nous le sommes à considérer la position de l'œil emmétrope comme normale, parce que l'emmétropie est l'état de réfraction le plus fréquent des milieux dioptriques, nous sommes disposés à rapporter la position de l'œil hypermétrope à un strabisme divergent et celle de l'œil myope à un strabisme convergent.

E. C.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

Ch. MATTEUCCI. SUR LA PROPAGATION DES TEMPÊTES PROVENANT DE L'ATLANTIQUE VERS LES CÔTES D'ITALIE. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 11 mai 1868, tome LXVI, p. 884.)

En examinant les registres qui ont été recueillis pendant les deux dernières années, depuis avril 1866 jusqu'à ces derniers jours, par le Bureau central météorologique, qui est le centre du service organisé sur nos côtes par le ministre de la marine, on constate un fait sur la propagation de ces tempêtes en Italie qui a une certaine importance pour nous et aussi pour la science.

En prenant note des tempêtes qui ont assailli les côtes occidentales de l'Irlande et de l'Angleterre, et qui ont été accompagnées par une baisse barométrique de 15 à 20 millimètres et quelquefois en hiver de 28 à 33 millimètres, on trouve dans nos registres les résultats inscrits dans le tableau suivant :

	Nombre total des tempêtes	Tempêtes arrivées en Italie.
Janvier . . . . .	8	5
Février . . . . .	16	5
Mars . . . . .	15	4
Avril . . . . .	12	3
Mai . . . . .	4	1
Juin . . . . .	7	2
Juillet . . . . .	11	2
Août . . . . .	7	2
Septembre . . . . .	9	2
Octobre . . . . .	5	5
Novembre . . . . .	12	9
Décembre . . . . .	12	9
	<hr/> 118	<hr/> 49

On voit par ce tableau que, dans les mois d'octobre, novembre et décembre, la propagation des tempêtes de l'Atlantique vers l'Italie est beaucoup plus fréquente que dans tous les autres mois, et que, au milieu de l'hiver, et principalement en été, cette propagation devient beaucoup moins fréquente. En effet, dans les trois mois d'octobre, novembre et décembre, sur 29 tempêtes, il y en a eu 23 qui sont arrivées avec beaucoup de force sur la Méditerranée. Au contraire, dans les mois d'avril, mai, juin, juillet et août, sur 41 tempêtes, il n'y en a eu que 8 arrivées en Italie.

---

Th. WIMMEL. UEBER DEN SCHMELZPUNKT DER FETTE, etc. DU POINT DE FUSION ET DU POINT DE SOLIDIFICATION DES GRAISSES. (*Pogg. Ann.*, vol. CXXXIII, p. 121.)

1° *Point de fusion des graisses.* — Différentes méthodes ont été employées par les divers physiciens qui se sont occupés de cette étude. Les uns, en effet, ont observé le moment où la substance devient transparente, après l'avoir disposée pour cela soit dans des tubes capillaires, soit sur la boule même du thermomètre, comme Pohl; soit dans une boîte métallique à double enveloppe, comme Bergsmann. Les autres ont apprécié directement le point auquel la substance devient entièrement fluide, comme Bouis, qui, plongeant dans de l'eau des tubes capillaires ouverts aux deux bouts au bas desquels était une goutte solidifiée de la substance, observait le moment où cette goutte, étant devenue fluide, montait dans le tube pour y prendre le niveau de l'eau extérieure.

L'auteur a repris la même étude en employant simultanément la méthode de Pohl et la méthode de Bouis, un peu modifiée, et a reconnu que la première est sujette à des erreurs. En effet, il y a des graisses qui ne deviennent transparentes qu'à une température un peu supérieure au point où elles deviennent entièrement fluides, comme les graisses de mouton, de bœuf, etc. et d'autres qui présentent la propriété

inverse, comme la cire du Japon, par exemple, qui est déjà transparente à 42° C. et ne passe entièrement à l'état liquide qu'à 53° ou 54° C.

L'appareil employé par M. Wimmel se composait d'un thermomètre et de trois tubes capillaires portant trois échantillons identiques de la substance à étudier, plongeant dans un verre rempli d'eau jusqu'au-dessus du niveau des gouttes de graisse dans les tubes, et chauffé lentement par une lampe à alcool, jusqu'à ce que, chassée par la pression de l'eau, la graisse en fusion se mit à monter dans l'intérieur des tubes. Ces tubes doivent être capillaires, à parois minces et à surface intérieure bien cylindrique et bien égale. Après avoir introduit à une de leurs extrémités une goutte de graisse, on laisse celle-ci se durcir pendant un jour ou deux avant de la soumettre à l'expérience. Cette précaution est indispensable, parce que la plupart des graisses ne reprennent que très-lentement leur dureté première, et que, si on les soumet trop vite à une nouvelle fusion, celle-ci s'opère à une température beaucoup plus basse que si on les eût laissées séjourner quelque temps à l'état solide.

2° *Solidification des graisses.* — C'est dans le passage de l'état liquide à l'état solide que les graisses présentent les phénomènes les plus intéressants. C'est une loi universellement acquise en physique que le point de solidification d'un corps coïncide toujours exactement avec son point de fusion, or, d'après les travaux de M. Wimmel, cette loi ne serait absolument pas applicable aux corps gras.

Toutes les graisses proprement dites, à base de glycérine, reprennent l'état solide à une température très-inférieure à celle à laquelle s'était opérée leur fusion; et cette propriété constitue même une distinction tranchée entre elles et les substances grasses, qui ne sont pas des combinaisons de glycérine, telles que le blanc de baleine et la cire d'abeilles, qui se solidifient immédiatement au-dessous de leur point de fusion.

Cette solidification retardée est toujours accompagnée d'une élévation de température, comme M. Chevreuil l'avait déjà reconnu dans plusieurs corps. Cette élévation de température, très-faible dans certains cas, est suffisante dans d'autres pour ramener la substance tout près de son point de fusion.

Outre ce point de solidification fixe, les graisses en présentent un second. Dans certaines circonstances particulières on peut les faire solidifier à une température plus élevée et plus rapprochée de leur point de fusion ; il n'y a point alors d'élévation de température.

De ceci il semble résulter que, dans les circonstances ordinaires, les graisses présentent la propriété imparfaitement nommée *surfusion* ; et si lors de la solidification la température ne revient pas au point de fusion, comme dans le cas de l'eau maintenue liquide au-dessous de 0°, cela tient probablement à la lenteur avec laquelle se meuvent les molécules des corps gras. La solidification s'effectuant très-lentement, il en est de même de la production de chaleur qui l'accompagne et qui est alors soumise à de grandes déperditions pendant ce temps. En effet, plus la solidification d'une graisse est rapide, plus est grande la production de chaleur qui l'accompagne. Le beurre de muscade se solidifiant à 33° C., et cela assez promptement, sa température s'élève pendant ce temps jusqu'à 42° C., son point de fusion étant à 42°  $\frac{1}{2}$  C. ; l'huile de palmier, au contraire, se solidifie très-lentement et ne dépasse pas pendant ce temps 21°  $\frac{1}{2}$  C., tandis que son point de fusion est à 30°.

M. Wimmel a trouvé, comme nous l'avons déjà vu, qu'on peut, suivant le traitement que l'on fait subir à une graisse, la faire solidifier à deux températures différentes. En effet, ayant fondu de la graisse de mouton à une température assez élevée pour la rendre parfaitement transparente, il la laisse lentement refroidir : à 37° elle perd toute sa transparence, mais sa température s'abaisse encore jusqu'à 36°, resta fixe un certain temps en ce point et enfin remonta jusqu'à 40° et

41°, tandis que la solidification s'achevait. Au lieu de fondre cette graisse à une température élevée, il la maintint ensuite quelque temps à une température à peine supérieure à son point de fusion (48° C.) de manière à ce qu'elle fût parfaitement fluide, mais non absolument transparente, et la laissa ensuite refroidir. Dans ce second cas, elle se solidifia déjà à 45° ou 46° sans élévation de température.

Toutes les graisses proprement dites se comportent de la même manière. Celles auxquelles M. Wimmel s'est particulièrement attaché sont les suivantes : graisse de bœuf, de mouton, de porc, beurre, cire du Japon, beurre de cacao, huile de coco, huile de palmier, beurre de muscade. La cire d'abeille ordinaire et blanchie, ainsi que le blanc de baleine, qui ne sont pas des graisses proprement dites, se solidifient au contraire immédiatement au-dessous de leur point de fusion, et il n'y a pas alors dégagement de chaleur. Tous ces faits présentent un intérêt particulier à cause du jour qu'ils jettent sur l'équilibre moléculaire qui est spécial aux corps gras.

E. S.

---

Th. GRAHAM. SUR L'OCCLUSION DU GAZ HYDROGÈNE PAR LES MÉTAUX. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXVI, p. 1014.)

Dans les expériences que j'ai déjà publiées sur l'occlusion de l'hydrogène par le palladium, le platine et le fer<sup>1</sup>, j'ai constaté que l'absorption du gaz était très-incertaine à basse température, mais qu'elle ne manquait pas de se produire toutes les fois qu'on chauffait le métal, soit sous la forme d'éponge, soit à l'état de masse agrégée sous le marteau, et qu'on la laissait refroidir lentement et complètement dans une atmosphère d'hydrogène. J'ai attribué ce fait à la nécessité d'employer une surface métallique absolument pure, condition essentielle à la première action absorbante, ainsi que cela a

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, 1867, tome XXVIII, p. 193.

lieu, d'après l'observation de Faraday, pour la feuille ou le fil de platine, lorsqu'ils déterminent la combustion d'un mélange gazeux d'oxygène et d'hydrogène. Une nouvelle méthode de charger d'hydrogène ces métaux sous l'influence d'une basse température s'est présentée récemment et ne manque pas d'intérêt.

Lorsqu'on met une plaque de zinc dans l'acide sulfurique étendu, l'hydrogène se dégage abondamment de la surface du métal ; mais il ne se produit dans cette expérience aucune occlusion ni rétention du gaz. On devait s'attendre, dans ce cas, à un résultat négatif à cause de la structure cristalline du zinc. Mais qu'on plonge une feuille de palladium dans le même acide, et qu'on le mette en contact avec le zinc, et il se charge aussitôt fortement de l'hydrogène qui se transporte alors à sa surface. La charge absorbée en une heure par une plaque de palladium assez épaisse, à la température de 12 degrés, s'éleva à 173 fois son volume.

L'absorption de l'hydrogène fut plus frappante encore lorsqu'on se servit de la plaque de palladium comme d'électrode négative plongeant dans l'eau acidulée d'une pile de Bunsen de six cellules. Tandis que l'oxygène se dégageait vivement au pôle positif, l'effervescence au pôle négatif était entièrement suspendue pendant vingt secondes, à cause de l'occlusion de l'hydrogène par le palladium. La quantité absorbée s'éleva à 200<sup>vol</sup>,4, et dépassa de beaucoup la quantité d'hydrogène absorbée par la même plaque chauffée, puis refroidie dans une atmosphère du gaz, savoir 90 volumes. Il est digne de remarque que l'hydrogène, bien qu'il pénètre et imprègne sans doute toute la masse du palladium, ne montre pourtant aucune tendance à quitter le métal et à s'échapper dans le vide, du moins à la température de son absorption. Ainsi, une plaque mince de palladium, chargée d'hydrogène par le procédé qu'on vient de lire, fut lavée, séchée dans un linge, puis scellée à la lampe dans un tube de verre purgé d'air. Lorsqu'au bout de deux mois on brisa le tube sous le

mercure, on trouva que le vide était parfait. Aucune trace d'hydrogène ne s'était vaporisée à froid (environ 12 degrés) : mais sous l'influence d'une température de 100 degrés et au-dessus, il se dégagait du métal 333 volumes du gaz.

On obtint un résultat semblable en se servant d'un cylindre creux de palladium, de 115 millimètres de long, 12 millimètres de diamètre et 1 millimètre d'épaisseur, comme d'électrode négative plongeant dans l'eau acidulée, et en maintenant le vide dans la cavité du cylindre au moyen d'un aspirateur Sprengel. Il ne pénétra dans cette cavité vide aucune trace d'hydrogène, même au bout de plusieurs heures, quoique le gaz fût sans aucun doute absorbé en quantité considérable par la surface extérieure du cylindre, et qu'il en imprégnât toute la masse.

Il paraît donc que, lorsque l'hydrogène est absorbé par le palladium, la volatilité du gaz se trouve entièrement supprimée, et qu'il peut exister en quantité considérable dans les métaux sans manifester aucune tension sensible à basse température. L'hydrogène à l'état d'occlusion cesse par conséquent d'être un gaz, quelle que soit d'ailleurs l'idée qu'on se fait de sa condition physique. On arriva à la même conclusion par une autre série d'expériences qui démontrèrent que, pour être *occlus* par le palladium et même par le fer, l'hydrogène n'exige pas une forte pression, mais qu'au contraire il est encore facilement absorbé par les métaux lorsqu'il se trouve à un haut degré de raréfaction.

Il est facile d'extraire l'hydrogène occlus par le palladium en renversant la position de ce dernier dans la cellule décomposante, de manière à faire dégager l'oxygène sur la surface du métal. L'extraction de l'hydrogène est aussi rapide que l'avait été auparavant son occlusion par le palladium ; le métal est complètement privé de gaz par ce traitement. Lorsqu'on abandonne à l'air le palladium chargé d'hydrogène, il arrive souvent qu'il s'échauffe subitement et perd ainsi complètement son gaz par l'oxydation spontanée.

Le platine peut, ainsi que le palladium, se charger d'hydrogène par l'action voltaïque ; mais, comme d'habitude, la proportion du gaz est moindre. La quantité d'hydrogène absorbée dans une cellule voltaïque par du vieux platine sous forme de tube, de l'épaisseur d'un petit creuset ordinaire, fut égale à 2<sup>vol</sup>,19. On réussit également à chasser le gaz du platine et à l'oxyder, en renversant la place du platine dans la cellule décomposante. L'hydrogène occlus communiqua, dans ce cas, au platine son pouvoir polarisant bien connu, propriété que conserva le métal après avoir été lavé à l'eau pure, essuyé dans un linge et mis en action par le contact avec l'acide étendu. Le degré de chaleur nécessaire pour chasser l'hydrogène ainsi absorbé par le platine se trouva très-rapproché du rouge, quoique l'absorption du gaz eût eu lieu à basse température.

Le fer doux, abandonné pendant quelque temps en contact avec un acide dilué, absorba 0,37 de son volume d'hydrogène. Cette charge fut retenue à basse température, et ne s'échappa dans le vide qu'après que la température eut été portée presque au rouge. Cette expérience démontre que le fer, comme le platine, ne se laisse pas pénétrer par l'hydrogène à froid, la température nécessaire pour l'émission du gaz étant très-élevée<sup>1</sup>.

Tandis que l'hydrogène fut absorbé en quantité considérable par le platine et par le palladium agissant comme électrodes négatives, on n'observa aucune absorption d'oxygène par des plaques des mêmes métaux jouant le rôle d'électrodes positives. L'oxygène se dégagea en abondance de la surface de ces derniers sans s'y condenser. Une plaque de platine qui avait servi pendant plusieurs heures d'électrode positive,

<sup>1</sup> Dans l'ingénieuse expérience de M. Cailletet, il est vrai qu'une mince feuille de fer est pénétrée par l'hydrogène à froid, mais seulement, à ce qu'il semblerait, à la faveur de l'action pénétrante de l'acide qui s'insinue en même temps dans les pores du métal. (*Comptes rendus*, 4 mai 1868.)

soumise ensuite à l'action de la chaleur dans le vide, donna une petite trace d'acide carbonique, mais point d'oxygène.

La propriété bien connue de l'éponge de platine (ou d'une feuille bien nettoyée) d'enflammer un jet d'hydrogène au contact de l'air paraît dépendre uniquement de l'influence exercée par le métal sur son hydrogène occlus. L'hydrogène semble se polariser, tandis que son attraction pour l'oxygène devient beaucoup plus vive. En soumettant à l'Académie l'explication suivante du phénomène, qu'il me soit permis de réclamer son indulgence à cause du caractère purement spéculatif de l'hypothèse. La molécule gazeuse de l'hydrogène étant envisagée comme une association de deux atomes, un hydrure d'hydrogène, il s'ensuit que c'est l'attraction du platine pour l'atome négatif ou chloryleux de la molécule d'hydrogène qui attache ce dernier au métal. Il y a tendance, imparfaitement satisfaite, à la formation d'un hydrure de platine. La molécule hydrogène est, en conséquence, polarisée, orientée avec sa face positive ou basyleuse tournée en dehors, et son attraction pour l'oxygène reçoit en même temps une vive impulsion. Il est vrai que les deux atomes d'une molécule d'hydrogène sont considérés comme inséparables, mais cette manière de voir n'est pas incompatible avec le remplacement des atomes enlevés pour satisfaire aux affinités de l'oxygène, par d'autres atomes d'hydrogène provenant des molécules environnantes. Il est seulement nécessaire d'admettre qu'une paire de molécules d'hydrogène contiguës réagit à la fois sur une seule molécule d'oxygène extérieur. Elles formeraient de l'eau et laisseraient pourtant une paire d'atomes, ou une seule molécule d'hydrogène, encore attachée au platine.

L'oxydation de l'alcool, de l'éther et de corps analogues, sous l'influence du platine, paraît être aussi, dans chaque cas, une conséquence immédiate de la polarisation de l'hydrogène ou de quelque autre principe oxydable contenu dans ces substances, comme cela arrive dans la combustion de l'hydrogène lui-même.

Ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, de ce qu'un gaz est absorbé par un métal à basse température, il ne s'ensuit pas qu'il doive s'en échapper dans le vide à la même température; il faut souvent un degré de chaleur bien plus élevé pour son expulsion que pour sa première absorption. Cela est surtout vrai de l'oxyde carbonique occlus par le fer. La fonte est beaucoup trop poreuse pour de pareilles expériences, et livre un passage facile à l'oxyde carbonique, comme aux autres gaz, par l'action de la diffusion gazeuse. Même avec le fer malléable il y a une difficulté d'observation, à cause de la durée du temps pendant lequel ce métal continue à dégager l'oxyde carbonique provenant de sa provision naturelle de ce gaz. Mais un tube de fer malléable, d'abord privé de son gaz naturel, n'abandonna que très-lentement l'oxyde carbonique dans le vide (comparativement à l'hydrogène), quoique le volume d'oxyde carbonique que ce métal est susceptible d'absorber soit considérable, se montant à 4 volumes, ce qui dépasse le volume d'hydrogène occlus par le même métal. L'oxyde carbonique ne commença à traverser sensiblement le fer de 1<sup>mm</sup>,7 d'épaisseur qu'après que la température eut atteint une élévation considérable, et alors le passage du gaz par minute s'éleva

	Par mètre carré.
Pour l'oxyde carb., à une bonne chaleur rouge,	à 0 <sup>cc</sup> ,284
Pour l'hydrogène                   »                   »	à 76 <sup>cc</sup> ,500

C'est le palladium qui permet d'étudier avec le plus d'avantages la condition de l'hydrogène à l'état d'occlusion dans un métal colloïdal, la proportion du gaz absorbé étant considérable. Sous la forme de poudre spongieuse, le palladium absorba 655 volumes d'hydrogène, et ainsi chargé ne laissa rien échapper dans le vide à la température ordinaire, mais seulement après que la chaleur eut été élevée à près de 100 degrés. La feuille de palladium forgé absorbe tout autant de gaz. Mais la condition la plus favorable à l'absorption s'ob-

tient lorsqu'on précipite le palladium d'une solution d'environ 1,6 pour 100 de son chlorure, sous forme de métal compacte par l'action de la pile. Le palladium n'est pas du nombre des métaux qui se précipitent facilement de cette manière. Mais on l'obtient pourtant à l'état de lamelles brillantes, en se servant d'un fil mince de platine et d'une seule grande cellule. Le palladium se détache au bout d'un certain temps et présente une surface métallique d'un blanc éclatant du côté qui se trouvait en contact avec le platine, et une surface terne, rappelant l'arsenic métallique, sur la face exposée à l'acide. Ainsi préparé, il ne contient pas d'hydrogène occlus. Mais les minces pellicules métalliques, chauffées à 100 degrés dans l'hydrogène, et abandonnées ensuite pendant une heure à un refroidissement lent dans le même gaz, renfermaient 982<sup>vol.</sup>14 de gaz mesurés à la température de 11 degrés sous une pression barométrique de 756 millimètres. C'est l'absorption d'hydrogène la plus considérable que j'aie observée. Le palladium ainsi chargé laisse échapper dans le vide, mais avec une lenteur extrême, quelques traces d'hydrogène à la température ordinaire. Il est représenté en poids par les nombres

Palladium, 1,0020. . . . .	99 <sup>gr.</sup> 27
Hydrogène, 0,0073. . . . .	0,72
	100,00

soit dans la proportion de l'équivalent de palladium pour 0,772 équivalent d'hydrogène <sup>1</sup>, ou approximativement d'équivalent à équivalent, PdH. Mais l'idée d'une combinaison chimique définie est inadmissible pour plusieurs raisons. Il ne se produit aucun changement visible dans le palladium après son association avec l'hydrogène. Les hydrures de certains métaux sont d'ailleurs connus, tels que l'hydrure de cuivre (Wurtz) et l'hydrure de fer (Wanklyn), mais ce sont

<sup>1</sup> H=1, Pd=106,5.

des substances brunes, pulvérulentes, ne possédant aucune des propriétés des métaux. On réussit à préparer l'hydrure de palladium lui-même, mais on ne peut le conserver à cause de sa grande instabilité. En se conformant au procédé de M. Wurtz pour la préparation de l'hydrure de cuivre, on fit bouillir du nitrate de palladium dans l'acide sulfurique, et on obtint ainsi un sel rouge cristallin, le sulfate de palladium. On traita une solution de ce sel dans un excès d'acide sulfurique par l'hyposulfite de soude. Il se précipita une poudre noire qui se décomposa bientôt à 0 degré, en dégageant une quantité considérable de gaz hydrogène. Le résidu final était du palladium pur, ayant l'aspect noir amorphe habituel, sans aucune trace de cristallisation. Il est singulier que ce précipité de palladium ne contienne pas d'hydrogène occlus, même après avoir été chauffé, et exposé à une atmosphère d'hydrogène à la manière ordinaire; le noir de palladium ainsi préparé n'absorbe aucune quantité appréciable de ce gaz.

Je suis donc porté à croire que le passage de l'hydrogène au travers d'un métal est toujours précédé de la condensation ou occlusion du gaz. Il faut admettre cependant que la rapidité de pénétration n'est pas proportionnelle au volume du gaz occlus, autrement le palladium serait beaucoup plus perméable à basse qu'à haute température. Une plaque de ce métal fut à peu près complètement épuisée d'hydrogène à 267 degrés; mais elle n'en resta pas moins perméable; elle augmenta même en perméabilité à des températures plus élevées encore, sans pour cela devenir perméable en même temps à d'autres gaz. Dans une expérience frappante, on fit passer un mélange, à volumes égaux, d'hydrogène et d'acide carbonique au travers d'un petit tube de palladium dont le diamètre intérieur était de 3 millimètres et l'épaisseur de la paroi de 0<sup>mm</sup>,30. De la surface extérieure de ce tube, le gaz se dégage dans le vide, à la température du rouge, avec l'énorme vitesse de 4017<sup>cc</sup>,54 par minute et par mètre carré. Ce gaz ne troublait pas l'eau de baryte: c'était de l'hydrogène pur.

La quantité d'hydrogène retenue par le métal à ces hautes températures peut n'être plus appréciable; mais je pense néanmoins qu'il y existe et qu'il passe au travers du métal par une sorte de cémentation rapide. Cette extrême mobilité est une singulière propriété de l'hydrogène, qui se rattache à la découverte fondamentale, par MM. H. Sainte-Claire Deville et Troost, du passage de ce gaz au travers des plaques de fer et de platine à de hautes températures. Le rapide passage du même gaz à travers une feuille mince de caoutchouc paraît plus susceptible d'une explication fondée sur des principes reconnus.

Le caoutchouc de moins de 1 millimètre d'épaisseur, et préalablement imprégné d'hydrogène, perd entièrement son gaz par la plus courte exposition à l'air. Un tube de 2 millimètres d'épaisseur, au travers duquel on fit passer l'un après l'autre, pendant une heure, un courant d'hydrogène et d'acide carbonique, retenait :

D'hydrogène . . . . .	vol. 0,0113
D'acide carbonique . . . . .	0,2200

L'absorption est donc dans la proportion de 1 d'hydrogène pour 20 d'acide carbonique; mais la vitesse comparative des deux gaz à travers une feuille de caoutchouc est comme 1 d'hydrogène à  $2\frac{1}{2}$  d'acide carbonique, c'est-à-dire que l'hydrogène se meut avec une rapidité huit fois grande que celle indiquée par la densité de sa solution. Mais les diffusibilités de ces deux gaz diffèrent entre elles comme 1 d'acide carbonique est à 4,7 d'hydrogène. Le rapide passage de l'hydrogène au travers du caoutchouc s'explique donc en partie par la rapidité avec laquelle le gaz est amené à l'une des surfaces de la feuille et enlevé à l'autre par l'effet de la diffusion gazeuse. De plus, les deux gaz passent au travers de la substance du caoutchouc en vertu de leur diffusibilité *comme liquides*. Si l'on suppose que la diffusibilité de l'hydrogène sous cette forme dépasse autant celle de l'acide carbonique

que lorsque les deux substances sont à l'état gazeux, on aura alors, ce semble, une explication satisfaisante du passage rapide de l'hydrogène au travers du caoutchouc.

La diffusion liquide influe également sur la rapide dissémination de l'hydrogène à haute température à travers un métal colloïdal mou, comme le palladium ou le platine. On sait que la diffusion liquide des sels dans l'eau est six fois plus rapide à 100 degrés qu'à zéro. Si la diffusion de l'hydrogène liquide augmente avec la température dans la même proportion, ce doit être un mouvement bien rapide à la chaleur rouge. Quoique la quantité absorbée puisse être réduite (ou le passage rétréci), il se peut aussi que l'écoulement du liquide augmente ainsi de vitesse. Tous ces phénomènes semblent compatibles avec la solution de l'hydrogène liquide dans le métal colloïdal. L'affinité dissolvante des métaux paraît se borner à l'hydrogène et à l'oxyde carbonique; ils ne sont pas pénétrés d'une manière appréciable par d'autres gaz.

---

#### MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

DELESSE et de LAPPARENT. REVUE DE GÉOLOGIE POUR LES ANNÉES 1865 ET 1866, tome V, 1868 <sup>1</sup>.

Nous avons déjà parlé quelquefois de la publication de la *Revue de Géologie*; c'est avec plaisir que nous annonçons l'apparition du cinquième volume de cet important recueil. Il traite des années 1865 et 1866. Ce travail est d'autant plus précieux qu'en France il ne paraît pas de résumé annuel des progrès de la géologie, à l'exception de l'excellente publication de M. Cotteau dans l'Annuaire de l'Institut des Provinces. Mais les travaux français seuls y trouvent place, tandis que la *Revue de Géologie*, sans négliger les travaux français,

<sup>1</sup> Un extrait de cette Revue a été publié dans les *Annales des Mines*, tome X, 1866.

s'occupe particulièrement de ceux qui ont paru à l'étranger. « Elle embrasse, disent les auteurs dans la préface, un ensemble de travaux comprenant au moins une année entière, classés suivant l'ordre méthodique adopté dans la plupart des manuels ; chaque question particulière y est autant que possible envisagée dans son entier ; les travaux des divers auteurs y sont rattachés les uns aux autres, et les controverses présentées de manière à ce que l'on puisse en saisir tous les incidents. De plus, toutes les fois que l'occasion s'en présente, des renvois permettent de se reporter aux volumes précédents et de bien saisir les phases successives par lesquelles a passé chaque question. Aussi une collection complète de la *Revue* offre-t-elle le résumé des travaux les plus importants et l'histoire des progrès de la géologie depuis 1860. »

Le volume de 293 pages que nous avons sous les yeux contient une grande quantité de renseignements sur les cartes agronomiques et géologiques, la physique du globe, les produits extérieurs et intérieurs de notre planète, les systèmes de montagnes, la lithologie, la géogénie, la paléontologie, la paléophytologie et les terrains ; l'ouvrage se termine par des articles très-nombreux classés par ordre géographique. Cet arrangement nous paraît excellent, mais eût-il des défauts, il est important qu'il reste toujours le même, pour que les recherches se fassent aisément dans la série des volumes.

Nous ne saurions donner trop d'éloges à la courageuse persévérance des auteurs de ce grand travail qui emploient un temps fort considérable à mettre les autres géologues au courant des œuvres de leurs confrères. Il est d'une haute importance que rien n'y soit omis et que chacun en consultant ce recueil puisse être assuré que tous les travaux y sont analysés ou au moins mentionnés. Il serait à désirer qu'on ne fût jamais obligé de chercher des renseignements ailleurs que dans cet ouvrage, si ce n'est pour avoir plus de détails que ceux qui y sont contenus.

Or, malgré quelques lacunes, la *Revue* nous semble avoir atteint le but qui lui est assigné. Ces lacunes, il faut le dire, sont un peu la faute de ceux qui ne font pas connaître leurs publications à l'un des deux auteurs de cet important résumé.

A. F.

### ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Prof. SCHIFF. NUOVE RICERCHE, etc. NOUVELLES RECHERCHES SUR LA CIRCULATION DE LA BILE ET SUR LA CAUSE DE L'ICTÈRE. (*Giornale di scienze naturali ed economiche*. Palermo, 1868, vol. IV.)

C'est une question depuis longtemps agitée que de savoir pourquoi l'absorption de la bile produit l'ictère, lorsqu'elle a lieu par le vésicule du fiel et pourquoi elle ne le produit pas, lorsque la même quantité de bile est absorbée par l'intestin. Un état ictérique se produit lorsqu'on injecte dans le torrent circulatoire, chez un chien ou un lapin, une quantité de bile bien inférieure à celle sécrétée par le foie pendant 12 heures de digestion. Le phénomène ne provient pas de ce qu'à la quantité de bile normalement absorbée vient s'ajouter encore la quantité injectée, car le résultat de l'expérience est le même si l'injection a lieu chez un animal pourvu d'une fistule biliaire, c'est-à-dire, chez lequel toute la bile sécrétée par le foie est emmenée au dehors et chez lequel il existe déjà depuis quelque temps des symptômes d'absence de bile dans l'organisme. L'état ictérique ne provient pas non plus de ce qu'une grande quantité de bile est introduite tout à coup dans le sang, car le résultat est encore le même si l'injection est faite dans les mailles du tissu cellulaire, de manière à ce que la bile ne passe dans le sang que par une absorption graduelle.

Tout cela pourrait faire admettre que dans l'état normal il n'y a point d'absorption de bile par le canal intestinal. On

a même dit que si l'intestin pouvait absorber l'acide et la matière colorante biliaires, comme le fait le tissu cellulaire, chaque période de digestion devrait donner lieu à un état ictérique. Mais la petite quantité de matière biliaire qui se retrouve dans les excréments normaux paraît être en opposition avec cette manière de voir.

Leyden, le dernier auteur qui se soit occupé de ce sujet, croit que tous les faits jusqu'ici connus ne permettent pas d'admettre une absorption des matières essentielles de la bile dans le canal intestinal, et qu'une absorption de bile, même en petite quantité, ne peut avoir d'autre effet que l'ictère ou du moins un état ictérique. En conséquence, il admet que la quantité de la bile normalement produite par le foie est bien inférieure à celle généralement considérée comme normale d'après les recherches de Bidder et Schmidt, de Kölliker et Müller, de Nasse, d'Arnold et de Blondelot.

M. Schiff, dans une suite de remarquables expériences, est arrivé à des conclusions diamétralement opposées et paraissant péremptoires. Son mode d'expérimentation est le suivant : chez un chien il pratique une fistule biliaire ordinaire (schwannienne). L'animal une fois rétabli mange peu, mais reçoit chaque jour une quantité indéterminée de viande tant crue que cuite et un peu de pain. Chez le même animal, M. Schiff pratique ensuite une fistule duodénale, un peu au-dessous de l'ouverture du conduit pancréatique principal ; et il s'assure que pas une goutte de bile ne passe dans le duodénum. Quelques jours après l'établissement de la fistule duodénale on mesure la bile qui sort de la fistule biliaire. Chez un chien, M. Schiff recueille ainsi 2 centimètres cubes de bile en 20 minutes. Puis il pratique dans le duodénum, dans le sens périphérique, une injection de 180 centimètres cubes de bile de bœuf fraîche, et ferme ensuite la fistule duodénale. Au bout d'environ 20 minutes, on voit une augmentation surprenante de la quantité de bile sortant de la fistule schwannienne. Au bout d'une demi-heure, la fistule

livre jusqu'à dix centimètres cubes de bile en 20 minutes. Après une heure écoulée, la quantité est encore de 8 centimètres  $\frac{1}{2}$  en 20 minutes. Toutes les fois que l'expérience est répétée, le résultat est le même. L'analyse des urines sécrétée pendant ce temps révèle la présence de matières biliaires. Il y a donc excès de la bile dans la circulation. L'injection d'une autre substance, de lait par exemple, dans la fistule duodénale n'exerce aucune action sur la sécrétion biliaire.

M. Schiff obtient toujours, et sur les chiens les plus divers, les mêmes résultats. Il en déduit les conclusions suivantes. D'abord la bile de bœuf est absorbée par l'intestin du chien. Il en est exactement de même pour la bile de chien comme d'autres expériences l'ont prouvé. L'absorption s'étend à la matière colorante et aux acides biliaires: car, soit l'une, soit les autres se montrent dans les urines, peu après l'injection d'une quantité modérée de bile de bœuf. Ensuite la bile absorbée par l'intestin produit une augmentation de la sécrétion biliaire. Il est vrai que, dans les expériences précitées, ce résultat pourrait dépendre de ce que la bile a été absorbée en excès. Toutefois l'auteur montre que les choses se passent de la même manière lorsque la quantité absorbée ne dépasse pas les limites normales. M. Schiff pense que la bile absorbée dans l'intestin fournit les matériaux pour l'augmentation de la sécrétion, qu'elle pénètre dans la veine porte pour être en grande partie retenue dans le foie et retourner de là dans l'intestin, peut-être même avant d'être entrée dans le torrent de la circulation générale. S'il en est bien ainsi, les difficultés que nous avons exposées plus haut dans l'histoire physiologique de l'ictère n'existent plus. Il en résulterait l'existence pour la plus grande partie de la bile d'une véritable circulation entre le foie et l'intestin, et seulement quand cette circulation est insuffisante et que par une cause quelconque le foie ne peut plus éliminer toute la bile absorbée de l'intestin ou de la vésicule du fiel, la bile, entrant en trop

grande quantité dans la circulation générale, produirait l'ictère.

Une autre conséquence importante de ces vues nouvelles, c'est que la quantité de bile obtenue d'une fistule schwannienne, bien loin d'être trop considérable comme quelques auteurs l'ont supposé, est au contraire bien inférieure à la quantité sécrétée par le foie dans l'état normal. La fistule de Schwann, qui détourne la bile de l'intestin, ne saurait être un moyen de connaître le volume de la sécrétion hépatique, puisqu'elle prive le foie de tous les matériaux déjà formés qui lui seraient venus par la circulation de la bile. Le produit de la fistule de Schwann ne représente plus que l'excédant de matière biliaire qui se forme de nouveau dans le sang, selon la plus ou moins grande abondance de matières nutritives.

M. Schiff insiste sur l'analogie qui, selon lui, existe dans le mode de production du suc gastrique, du suc pancréatique et de la bile. Le suc gastrique et le pancréatique se produisent, et même dans l'état normal se produisent exclusivement, après une absorption des produits de la digestion, de sorte que le constitutif essentiel de ces sucs peut être considéré comme un produit de la digestion stomacale ou salivaire, qui après l'absorption retourne une seconde fois dans la cavité gastro-intestinale. Une telle circulation, malgré toutes les preuves fournies par les expériences de M. Schiff, paraît à certains physiologistes, spécialement à M. Meissner, tellement paradoxale qu'ils se refusent à l'admettre. Le mode de formation de la bile, tel qu'il résulte des expériences mentionnées plus haut, n'offre pas, il est vrai, une parfaite analogie avec le mode de formation du suc gastrique, mais il s'y retrouve la circulation, le retour de la bile absorbée dans l'intestin vers ce même organe, et ce retour qui paraissait un paradoxe à beaucoup d'auteurs est susceptible pour la bile d'une preuve plus directe et plus immédiate que pour les autres liquides intestinaux.

Il est vrai que ces conclusions sont basées sur des expériences dans lesquelles la bile fut introduite dans l'intestin en quantité plus ou moins exagérée. Il s'agit de savoir si *mutatio mutandis*, l'effet serait le même lorsque la bile serait introduite en quantité normale. Cette question est essentiellement liée à une autre non moins intéressante pour le physiologiste. La méthode de Schwann, suivie jusqu'ici par tous les expérimentateurs et consistant à obtenir la bile par une fistule de la vésicule biliaire, après la ligature du canal cholédoque, cette méthode ne doit-elle pas toujours fournir des valeurs trop petites, puisque la bile se déversant à l'extérieur ne peut plus être absorbée dans l'intestin ?

M. Schiff répond à cette question par l'affirmative. L'écoulement de bile pendant les premières minutes qui suivent l'établissement de la fistule, peut seul, suivant lui, donner une idée de la quantité de la sécrétion normale. Dans leurs expériences, MM. Bidder et Schmidt ont mesuré de quart d'heure en quart d'heure, la bile fournie par une fistule biliaire récemment établie. Mais voyant que la quantité de la bile diminuait constamment à partir du commencement de l'expérience, et qu'il n'était pas possible de trouver un chiffre moyen, ces auteurs renoncèrent à cette méthode pour se servir de fistules permanentes faites sur des chiens. Pour les autres animaux chez lesquels ils n'ont pu établir de fistule permanente, ils pensent devoir donner la préférence à la quantité trouvée dans la seconde heure de l'expérience, parce que, dans leur idée, l'excès constaté durant la première heure, pourrait provenir de ce que la vésicule n'a pas été complètement vidée.

M. Schiff a repris l'étude de ce sujet à l'aide d'un nouveau mode d'expérimentation : il pratique une fistule biliaire non plus de la vésicule, mais du canal cholédoque, fistule pouvant à la volonté de l'expérimentateur déverser la bile dans l'intestin ou à l'extérieur. Cette fistule amphibolique est tenue ouverte par l'appareil suivant : une longue canule

passant par la blessure externe, traverse le duodénum et entre dans le canal cholédoque dont elle a le diamètre. Une plaque ovale entourant le tube au niveau de la blessure externe est fixée entre les muscles abdominaux et sert à maintenir le tube après la guérison. La canule porte une grande ouverture latérale communiquant avec le duodénum. Une seconde canule plus mince entre exactement dans la première. Sa longueur est assez grande pour lui permettre de recouvrir l'ouverture latérale de la canule enveloppante. Aussi dès que cette seconde canule est introduite, la bile du canal cholédoque doit forcément s'écouler au dehors. Lorsque la seconde canule est enlevée, et qu'un bouchon vient former la canule externe, la bile coule librement et exclusivement dans l'intestin.

Les expériences faites à l'aide de la fistule amphibolique chez des chiens qui n'avaient pas mangé depuis quelques jours, soit parce qu'ils refusaient les aliments par suite de l'état fébrile, soit parce qu'on ne leur donnait que du lait, ces expériences furent des plus instructives. Lorsque la canule interne avait séjourné pendant 3 ou 4 heures dans l'externe, de manière à laisser toute la bile s'écouler au dehors, la sécrétion se trouvait si ralentie que la quantité de bile fournie dans l'espace de 10 minutes, pouvait à peine être mesurée exactement à l'aide du volumètre. Ce résultat est d'accord avec celui qu'ont obtenu d'autres observateurs opérant, dans des conditions analogues, sur des chiens munis de fistule de Schwann. Mais lorsqu'on retire le tube interne, et que, fermant l'ouverture, on laisse entrer pendant 3 heures la bile dans le duodénum, la quantité de bile obtenue par une nouvelle introduction du tube interne, augmente beaucoup. Il est clair que, dans ce mode d'expérimentation, la bile recueillie pendant 10 minutes, peut devenir une mesure de la quantité de bile sécrétée. De nombreuses expériences faites à l'aide de la fistule amphibolique, donnent, pour la sécrétion de la bile, des chiffres

toujours fort supérieurs à ceux que fournit, dans les mêmes conditions, la fistule de Schwann.

M. Schiff promet de reprendre dans un prochain mémoire et sous un autre point de vue, la question de la relation entre la sécrétion de la bile et l'absorption des substances biliaires.

E. C.

Prof. SCHIFF. NOUVELLES RECHERCHES SUR LE POUVOIR DIGESTIF DU SUC ENTÉRIQUE. (*Nuove ricerche sul potere digerente del succo enterico*. Firenze, Luglio 1867, br.)

M. le professeur Vizioli a fait d'intéressantes observations sur la digestion intestinale chez un homme pourvu par accident d'un anus artificiel au niveau de l'intestin grêle. Les résultats obtenus par M. Vizioli sont en général d'accord avec ceux auxquels il était déjà arrivé au sujet du pouvoir digestif du suc intestinal, chez des chiens munis d'une fistule latérale de l'intestin. Cependant ces résultats sont en contradiction avec les expériences d'autres observateurs, avec celles de M. Thiry en particulier. Ce physiologiste, à l'aide d'une méthode ingénieuse, réussit chez des chiens à isoler l'action du suc intestinal, non-seulement des liquides digestifs provenant de la partie supérieure du canal intestinal, mais encore des liquides provenant de la décomposition des matières alimentaires mélangées. La méthode de M. Thiry consiste essentiellement à isoler une partie plus ou moins longue d'une anse intestinale de ses communications avec le reste de l'intestin, en laissant cependant subsister dans toute leur intégrité, les relations de ce fragment avec le système nerveux et le vasculaire. L'une des extrémités de ce fragment isolé est fixé dans la plaie de la paroi abdominale pour former l'ouverture de la fistule; l'autre extrémité est fermée à l'aide d'une suture ou d'une ligature. Le fragment intestinal reste dans la cavité de l'abdomen. La continuité du tube digestif est rétablie par entéroraphie.

La guérison achevée, la digestion s'effectue fort bien par le tube intestinal raccourci seulement de toute la longueur du fragment détaché qui constitue désormais un boyau aveugle, débouchant par la fistule externe. Le boyau aveugle présente encore sa circulation normale, ses mouvements propres et la sécrétion de ses glandes, laquelle peut être recueillie franche de tout mélange avec d'autres sécrétions ou avec les produits de la digestion.

MM. Thiry et Ludwig, chez des chiens heureusement opérés de cette manière, ont constaté que la sécrétion intestinale, tant que le tube intestinal n'est pas irrité, est à peine suffisante pour tenir la muqueuse couverte d'une couche humide et qu'on ne peut recueillir aucun liquide de la fistule aveugle. La sécrétion est à peine augmentée par l'activité digestive du reste de l'intestin, mais bien par le contact immédiat des aliments avec la muqueuse ou par toute autre irritation directe de cette membrane. Les purgatifs introduits par la bouche n'augmentent pas la sécrétion intestinale dans le fragment isolé. Le produit de la sécrétion intestinale, contrairement à l'opinion généralement admise, ne posséderait point par lui-même la propriété d'émulsionner les corps gras, ni celle de transformer l'amidon en sucre, ni celle de dissoudre la caséine, l'albumine et la viande. En revanche, il pourrait dissoudre une certaine quantité de fibrine solide.

Pas plus que M. Vizioli, M. Schiff n'a pu se mettre entièrement d'accord avec les résultats annoncés par M. Thiry. Il a étudié d'abord ce sujet à l'aide d'une fistule latérale, faite suivant le mode généralement pratiqué pour les fistules stomacales. Cette fistule lui permit de reconnaître que dans l'intestin grêle et le duodénum, l'amidon se transforme en sucre et tous les corps albuminoïdes primitifs (albumine, caséine, fibrine, légumine) sont dissous. Pour l'amidon, il ne fut pas possible de prouver que la transformation observée dans l'intestin résulte uniquement de l'action de cet organe, c'est-à-dire qu'elle soit due uniquement au suc intestinal et

qu'elle soit indépendante du suc pancréatique. Mais quant à la dissolution des corps albuminoïdes, M. Schiff pense pouvoir démontrer qu'elle est indépendante, soit du suc pancréatique, soit du suc gastrique. Elle lui semble indépendante du suc pancréatique, parce que, ainsi qu'il l'a montré ailleurs, ce suc perd toute action sur les corps albuminoïdes solides après la digestion d'aliments suffisamment abondants pour ne réacquérir de pouvoir digestif qu'après une nouvelle absorption stomacale de matières peptogènes. A jeun, il ne reste pas dans l'intestin de matière pancréatique active comme résidu de la sécrétion faite pendant la digestion, parce que cette matière, en contact avec les substances albuminoïdes et à la température du corps de l'animal, se neutralise et se décompose avec rapidité. En revanche, l'action du suc intestinal sur les corps albuminoïdes se manifeste de la même manière dans toutes circonstances, ce qui montre que le pouvoir digestif de ce suc est inhérent à la sécrétion et nullement subordonné à la saturation des glandes intestinales par la digestion ou par l'absorption de matières peptogènes. La digestion intestinale des substances albuminoïdes continue d'ailleurs d'avoir lieu après la ligature des conduits excréteurs du pancréas et de l'extirpation de la glande.

M. Schiff a aussi répété ses expériences par le procédé de la fistule aveugle de M. Thiry, et les résultats fort divers auxquels il est arrivé semblent donner la clef des divergences constatées par les différents observateurs. En effet, l'activité digestive du boyau aveugle paraît varier extraordinairement, selon que la guérison a été accompagnée de troubles circulatoires plus ou moins grands dans le boyau isolé. Lorsque l'opération a très-bien réussi et que la muqueuse a conservé à peu près son apparence normale, le boyau aveugle est en état de dissoudre de petits fragments d'albumine, de caséine fraîche, de fibrine, de substance musculaire cuite et crue. Il transforme rapidement l'amidon en sucre : son pouvoir diastatique ne paraissant que peu inférieur à celui

du suc pancréatique. Enfin le liquide intestinal émulsionne aussi un peu les corps gras, formant une émulsion plus parfaite lorsque la fistule est placée dans le jéjunum ou dans la partie supérieure de l'iléum que lorsqu'elle est située dans le duodénum. Au contraire, lorsque la circulation de la muqueuse est troublée, l'amidon ne se transforme point et les corps albuminoïdes ne se dissolvent qu'en partie ou imparfaitement.

E. C.

---

N. LIEBERKÜHN. UEBER DAS CONTRACTILE GEWEBE, etc. SUR LE TISSU CONTRACTILE DES ÉPONGES. (*Archiv für Anat. und Phys.*, 1867, p. 509.)

Dans un nouveau supplément à ses nombreuses recherches sur les spongiaires, M. Lieberkühn consacre une attention particulière aux embryons ciliés des spongilles. Les œufs présentent une segmentation parfaitement régulière. Ils sont placés, de même que les embryons, dans des lacunes du parenchyme contractile du corps. C'est aussi là que se trouvent les cellules spermatiques. M. Lieberkühn, pour observer les embryons, divise la spongille en minces tranches, qu'il laisse tremper dans l'eau pendant un jour. Les embryons, jusqu'au moment où ils commencent leur vie indépendante, restent dans l'enveloppe formée par le tissu contractile de la spongille, et ils s'y meuvent en tournant à l'aide de leur habit ciliaire. Pendant ce temps se forme la cavité du corps pleine de liquide. Une partie des sphères de segmentation qui n'ont pas subi de grande modification, sont refoulées dans la partie postérieure du corps, où elles forment une masse opaque. Les cils de l'embryon sont forts longs et implantés sur du sarcode encore amorphe, mais point sur de véritables cellules. La masse proprement dite de l'embryon est cependant formée de cellules contractiles et nucléées, dont une partie renferme des spicules siliceux à l'intérieur. Ce tissu est identique avec le parenchyme contractile de la spongille adulte.

E. C.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS DE MAI 1868.

Le 1<sup>er</sup>, le 2 et le 3, forte rosée le matin.

4. couronne lunaire de 7 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. à 9 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. du soir.
5. de 8 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. à 9 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. du matin, on voit l'arc tangent supérieur au halo ordinaire ; halo solaire partiel vers midi et 2 h. après midi.
6. couronne lunaire dans la soirée.
7. à 11 h. 11 m. du soir un éclair et un coup de tonnerre.
8. éclairs au SSO. depuis 9 h. du soir ; à 11 h. du soir violente averse qui a donné 6<sup>mm</sup>,5 dans 25 minutes, et qui était accompagnée de forts éclairs sans tonnerres.
9. couronne solaire dans l'après-midi ; éclairs et tonnerres depuis un peu avant 8 h. du soir jusqu'à 9 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h.
10. éclairs et tonnerres de 5 h. à 6 <sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. partant de deux nuages orageux, l'un à l'O. de l'Observatoire et se dirigeant vers le N., l'autre au NE. dans lequel les décharges ont commencé un quart d'heure plus tard, et se dirigeant également vers le N., dans quelle direction ces deux nuages se sont réunis.
11. forte rosée le matin ; halo solaire partiel au milieu de la journée. De 3 h. 5 m. à 3 h. 40 m. tonnerres, l'orage se dirigeant du S. vers le NO. ; un second orage éclate au S. un peu avant 4 h., les nuages orageux se dirigeant en partie vers le SE. en partie vers le SO.
12. éclairs et tonnerres de 6 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. à 10 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. du soir, le nuage orageux passant successivement du SE. au SO., du SO. au NE. ; c'est dans ce passage vers 8 <sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. du soir que l'intensité a été la plus grande, les éclairs et les tonnerres se succédant presque sans interruption et qu'il est tombé une violente averse, 9<sup>mm</sup> dans 21 minutes.
13. de midi et demi à 1 h. quelques tonnerres à l'Ouest de l'Observatoire. La dernière trace de neige a disparu du sommet du Grand-Piton, depuis plusieurs jours, il n'y avait plus qu'une petite tache dans cette localité.

- 15, éclairs du côté du S. le soir.  
 16, couronne solaire à plusieurs reprises dans l'après-midi ; éclairs au S. le soir.  
 17, et 18, rosée le matin.  
 20, éclairs et tonnerres de 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. à 10 h. du soir ; l'orage atteint sa plus grande intensité de 9 h. à 9<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. en passant du NE. vers le SSO.  
 21, éclairs et tonnerres continuels de 1 h. à 2 h. après midi, l'orage passe du SO. au SE. au S. de l'Observatoire.  
 22, vers 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. quelques coups de tonnerre au NO.  
 23, forte rosée le matin ; halo solaire de 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. à 10 h. du matin.  
 24, de 8 h. à 9 h. du soir éclairs à l'Ouest.  
 26, vers 9 h. du soir éclairs du côté de l'Est.  
 27, depuis la tombée de la nuit, éclairs continuels dans toute la partie S. de l'horizon jusqu'à 9<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h.; plus tard, et jusqu'après 10 h., du côté du NE. l'on entend le tonnerre.  
 28, éclairs depuis la tombée de la nuit jusqu'après 11 h. du côté du S.; couronne lunaire, à plusieurs reprises depuis 9 h.  
 29, violent orage vers 4 h. de l'après-midi, précédé d'un très-fort coup de vent du SSO. qui s'est levé à 3<sup>5</sup>/<sub>4</sub> h.; l'orage a suivi la direction du SO. au NE., il a atteint sa plus grande intensité de 4<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. à 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h., il est tombé 13<sup>mm</sup>,5 dans 35 minutes. Couronne lunaire presque toute la soirée.  
 30, halo solaire de 8<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. à 2<sup>3</sup>/<sub>4</sub>, très-beau par moments. Eclairs au NE. depuis 9 h. du soir, à 10 h. du soir on entend le tonnerre du côté de l'Est.  
 31, de 5 h. 45 m. à 6<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. on voit les 2 parhélies sur le halo ordinaire ; celui de gauche (vers le nord) est particulièrement éblouissant, plus tard de 7<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. à 11<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. halo solaire. De 2 h. à 2<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. tonnerres au SE., l'orage passe du SE. au NO. Un second orage éclate au NO., éclairs et tonnerres dans cette direction de 6<sup>3</sup>/<sub>4</sub> h. à 7<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. Enfin un troisième orage a lieu de 7<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. à 7<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h., on l'on entend le tonnerre du côté du SE.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 1 à 8 h. matin	736,03	Le 5 à 4 h. soir	722,56
7 à 8 h. matin	724,77	8 à 4 h. soir	721,74
10 à 10 h. soir	725,12	12 à 4 h. soir	722,05
14 à 10 h. matin	732,45	16 à 4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> h. soir	724,90
19 à 8 h. matin	730,20	22 à 6 h. soir	723,79
27 à 10 h. soir	731,61		

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.			Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.			Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des fractions norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d les 24 h.			Nomb. pl.	0	
1	735,21	+10,48	+13,02	+2,07	0	0	7,39	+0,52	450	910	...	...	N.	0,10	9,4	- 0,8	110
2	732,75	+ 7,99	+14,39	+3,29	7,4	+20,9	7,77	+0,83	360	930	...	...	N.	0,00	9,9	- 0,1	112
3	729,01	+ 4,22	+18,40	+7,16	9,0	+26,3	8,06	+1,05	240	840	...	...	S.S.O.	0,00	...	...	114
4	726,00	+ 1,18	+17,15	+5,77	9,7	+24,9	7,91	+0,83	330	790	...	...	N.	0,06	10,8	+ 0,6	116
5	724,23	- 0,62	+16,86	+5,34	+2,2	+22,7	9,05	+1,90	60	430	0,1	1/2	N.	0,74	13,4	+ 3,1	119
6	724,13	- 0,76	+16,39	+4,73	+12,4	+21,5	10,10	+2,88	32	530	880	...	N.	0,81	10,8	+ 0,3	121
7	724,01	- 0,92	+14,90	+3,10	+13,6	+18,0	10,10	+2,81	98	650	860	...	N.	0,87	13,0	+ 2,4	123
8	722,66	- 2,31	+14,91	+2,96	+12,3	+18,6	10,27	+2,91	+114	620	890	...	N.	0,60	12,8	+ 2,1	125
9	723,46	- 1,55	+15,73	+3,64	+11,2	+21,1	10,78	+3,34	+101	630	920	...	N.	0,62	13,5	+ 2,7	127
10	723,99	- 1,06	+15,16	+2,93	+10,4	+20,8	10,07	+2,55	86	570	980	...	variable	0,64	...	...	130
11	724,08	- 1,07	+16,28	+3,91	+11,1	+22,5	10,52	+2,92	37	480	920	...	variable	0,57	14,5	+ 3,5	132
12	723,11	- 2,09	+17,02	+4,51	+12,5	+22,9	10,82	+3,14	62	540	940	...	N.	0,51	12,9	+ 1,8	135
13	728,71	+ 3,46	+17,94	+5,28	+14,4	+23,0	11,72	+3,96	+69	620	930	...	variable	0,86	13,9	+ 2,7	139
14	731,72	+ 6,42	+16,94	+4,14	+12,7	+21,1	9,23	+1,39	52	430	890	...	N.N.E.	0,21	15,8	+ 4,5	142
15	729,48	+ 4,03	+15,88	+2,94	+11,9	+20,9	9,27	+1,36	9	490	830	...	N.	0,23	15,5	+ 4,1	144
16	726,27	+ 0,87	+16,29	+3,21	+10,5	+24,0	8,99	+1,01	48	410	800	...	variable	0,48	15,7	+ 4,2	145
17	727,44	+ 1,99	+15,10	+1,88	+ 8,2	+21,7	8,34	-0,29	41	390	910	...	N.	0,22	...	...	146
18	729,31	+ 3,81	+16,95	+3,58	+ 9,1	+23,8	8,70	+0,58	83	260	830	...	N.N.E.	0,06	15,8	+ 4,1	146
19	729,04	+ 3,49	+17,54	+4,03	+ 9,1	+24,0	9,13	+0,94	88	380	850	...	N.	0,18	15,9	+ 4,0	147
20	727,46	+ 1,87	+19,27	+5,62	+11,2	+27,0	9,46	+1,20	118	360	850	...	variable	0,40	16,7	+ 4,7	148
21	725,98	+ 0,35	+16,99	+3,20	+13,0	+22,0	12,20	+3,87	+133	680	940	...	variable	0,77	...	...	150
22	724,90	- 0,77	+16,52	+2,60	+12,2	+22,0	11,42	+3,02	115	570	970	...	N.	0,50	16,3	+ 4,1	152
23	725,03	- 0,68	+19,31	+5,26	+10,9	+25,5	11,06	+2,59	40	440	910	...	S.O.	0,70	16,7	+ 4,4	152
24	727,05	+ 1,30	+21,59	+7,41	+13,0	+28,2	10,92	+2,38	123	350	820	...	S.S.O.	0,32	...	...	154
25	728,31	+ 2,52	+22,38	+8,27	+14,8	+28,5	12,06	+3,45	110	400	800	...	S.S.O.	0,17	16,5	+ 4,1	155
26	729,48	+ 3,65	+22,87	+8,42	+16,1	+29,9	12,09	+3,41	114	410	770	...	S.S.O.	0,18	15,8	+ 3,2	157
27	730,61	+ 4,74	+23,41	+8,53	+14,2	+30,1	10,57	+1,82	188	280	740	...	variable	0,33	15,1	+ 2,4	159
28	730,29	+ 4,38	+22,89	+8,17	+14,7	+29,1	12,70	+3,88	83	380	750	...	N.	0,27	15,2	+ 2,4	163
29	727,47	+ 1,52	+20,38	+5,53	+15,2	+28,0	12,90	+4,02	38	420	980	...	variable	0,62	17,1	+ 4,2	166
30	727,56	+ 1,57	+20,10	+5,12	+12,6	+27,7	11,60	+2,65	38	410	860	...	variable	0,49	15,9	+ 2,9	169
31	727,02	+ 0,99	+19,32	+4,21	+14,1	+25,5	12,04	+3,02	21	460	890	...	N.	0,62	...	...	174

## MOYENNES DU MOIS DE MAI 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	727,34	727,43	727,23	726,63	725,89	725,30	725,36	725,80	726,15
2 <sup>e</sup> "	728,23	728,36	728,21	727,66	727,09	726,68	726,72	727,27	728,00
3 <sup>e</sup> "	728,19	728,39	728,14	727,58	727,06	726,56	726,73	727,47	728,13
Mois	727,93	728,07	727,87	727,31	726,69	726,49	726,29	726,87	727,45

<b>Température.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	+11,66	+14,62	+16,64	+18,38	+19,36	+20,35	+19,32	+17,60	+15,33
2 <sup>e</sup> "	+13,19	+16,10	+18,55	+20,53	+21,45	+21,68	+20,29	+17,51	+14,97
3 <sup>e</sup> "	+16,45	+19,89	+21,92	+24,36	+24,75	+25,79	+23,85	+20,87	+19,45
Mois	+13,85	+16,97	+19,13	+21,20	+21,95	+22,71	+21,24	+18,54	+16,67

<b>Tension de la vapeur.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	8,96	9,45	9,42	9,02	8,89	8,96	8,86	9,37	9,68
2 <sup>e</sup> "	9,78	10,05	9,81	9,80	9,73	9,10	9,29	9,64	9,62
3 <sup>e</sup> "	11,46	12,16	12,01	11,99	11,34	11,69	12,13	12,04	11,43
Mois	10,11	10,60	10,47	10,33	10,03	9,97	10,16	10,41	10,28

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	874	763	673	582	543	513	545	658	754
2 <sup>e</sup> "	866	745	623	553	518	485	527	647	760
3 <sup>e</sup> "	829	708	616	537	506	485	575	671	692
Mois	855	738	637	557	522	494	550	659	734

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
1 <sup>re</sup> décade	+10,38	+21,39	0,44	11,66	19,7	119,7
2 <sup>e</sup> "	+11,07	+23,99	0,37	15,19	33,3	142,4
3 <sup>e</sup> "	+13,71	+27,05	0,45	16,07	21,1	159,2
Mois	+11,78	+23,95	0,42	14,34	74,1	141,0

Dans ce mois, l'air a été calme 6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,37 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 24°, 1 O., et son intensité est égale à 28,6 sur 100.

# TABLEAU

## DES

### OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1868.

- Le 8, brouillard jusqu'à 8 h. du matin.  
 9, id. à 6 h. du matin et de 4 h. à 6 heures de l'après-midi.  
 10, id. jusqu'à 10 heures du matin.  
 13, id. depuis 6 heures du soir.  
 14, id. jusqu'à midi et à 8 heures du soir.  
 21, id. depuis 6 heures du soir.  
 23, id. depuis 8 heures du soir.  
 28, deux coups de tonnerre vers les 8 heures du soir et à 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> des éclairs très-fréquents.  
 29, à 3 heures du soir, grêles, pluie, tonnerres et éclairs répétés; la pluie continue jusqu'à 4<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. et elle reprend de 5<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. à 5<sup>5</sup>/<sub>4</sub> h.

#### *Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 2 à 10 h. matin.....	573,51	Le 8 à 6 h. matin.....	563,13
10 à 10 h. soir.....	566,22	12 à 6 h. matin.....	564,54
14 à 10 h. soir.....	571,01	16 à 4 h. soir.....	566,12
18 à 10 h. soir.....	570,54	22 à 6 h. soir.....	565,46
27 à 10 h. soir.....	574,89		

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Charté moy. du Ciel.	
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum.	Maximum.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
1	572,92	+10,35	571,20	573,49	0	+5,30	0	0,8	.....	.....	.....	NE.	1	0,01
2	573,14	+10,88	572,89	573,51	+9,09	+10,76	+5,0	+12,8	.....	.....	.....	NE.	1	0,00
3	570,63	+8,28	569,99	571,48	+7,83	+9,36	+3,1	+10,0	.....	.....	.....	calme	.....	0,01
4	567,78	+5,34	567,13	568,40	+6,16	+7,54	+3,4	+11,4	.....	.....	.....	NE.	1	0,12
5	566,75	+4,22	566,35	567,92	+2,92	+4,16	+1,4	+5,7	.....	.....	.....	SO.	1	0,92
6	566,16	+3,53	566,02	566,50	+1,11	+2,25	+1,1	+2,1	.....	.....	.....	SO.	2	0,99
7	564,33	+1,61	563,88	564,87	+1,30	+2,25	+1,1	+3,9	.....	.....	.....	SO.	1	1,00
8	563,55	+0,73	563,13	564,17	+3,37	+4,17	+0,7	+6,9	.....	.....	.....	SO.	1	0,92
9	564,75	+1,84	564,23	565,46	+2,52	+3,18	+1,2	+5,0	.....	.....	.....	SO.	1	0,87
10	564,75	+1,84	564,23	565,46	+2,52	+3,18	+1,2	+5,0	.....	.....	.....	SO.	1	0,87
11	565,71	+2,70	564,82	566,22	+2,24	+2,76	+0,9	+5,4	.....	.....	.....	SO.	2	0,66
12	565,20	+2,09	564,88	565,58	+4,71	+5,09	+1,6	+7,8	.....	.....	.....	variable	.....	0,71
13	564,94	+1,73	564,34	565,74	+5,04	+5,28	+2,3	+8,1	.....	.....	.....	SO.	1	0,52
14	569,07	+5,76	567,07	570,66	+3,39	+5,49	+3,6	+9,8	.....	0,8	.....	NE.	1	0,53
15	570,67	+7,26	570,30	571,01	+3,69	+3,65	+2,2	+6,2	.....	.....	.....	NE.	1	0,79
16	568,94	+5,43	568,55	569,54	+2,44	+2,96	+1,4	+3,4	.....	.....	.....	SO.	1	0,77
17	566,53	+2,92	566,12	568,55	+1,66	+1,34	+0,8	+4,1	.....	.....	.....	SO.	1	0,73
18	567,54	+3,83	566,74	568,55	+3,69	+3,23	+1,4	+7,1	.....	.....	.....	SO.	1	0,56
19	569,59	+5,78	569,02	570,54	+4,99	+4,39	+1,4	+8,8	.....	.....	.....	NE.	1	0,07
20	569,68	+5,77	569,18	570,06	+4,82	+4,08	+2,5	+9,7	.....	.....	.....	NE.	1	0,36
21	568,48	+4,47	568,03	569,04	+4,98	+4,10	+2,0	+8,2	.....	.....	.....	SO.	1	0,62
22	566,60	+2,48	566,24	566,84	+4,97	+3,95	+2,6	+8,5	.....	.....	.....	NE.	1	0,81
23	565,72	+1,50	565,46	566,90	+4,90	+3,75	+3,2	+8,3	.....	3,8	.....	NE.	1	0,87
24	566,64	+2,32	565,47	567,92	+6,45	+5,16	+2,3	+11,4	.....	.....	.....	NE.	1	0,58
25	569,91	+5,49	568,75	570,96	+8,26	+6,84	+4,5	+11,5	.....	.....	.....	SO.	1	0,17
26	571,49	+6,97	571,04	572,30	+8,37	+6,82	+6,0	+11,8	.....	.....	.....	calme	.....	0,61
27	572,50	+7,87	572,10	572,88	+10,01	+8,33	+6,9	+13,6	.....	.....	.....	variable	.....	0,09
28	573,71	+8,97	572,91	574,89	+10,81	+9,09	+7,9	+14,4	.....	.....	.....	NE.	1	0,27
29	573,43	+8,59	572,70	574,04	+10,81	+8,87	+8,2	+16,1	.....	0,6	.....	NE.	1	0,62
30	570,77	+5,82	569,96	571,95	+6,91	+4,84	+4,3	+12,1	.....	16,4	.....	SO.	1	0,84
31	569,67	+4,62	569,32	570,09	+7,13	+4,93	+4,9	+10,1	.....	.....	.....	SO.	2	0,39
	569,29	+4,14	568,89	569,56	+6,60	+4,28	+5,8	+9,4	.....	.....	.....	SO.	1	0,76

\* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 4 heures du soir, le thermomètre étant tenu hors de service.

## MOYENNES DU MOIS DE MAI 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm								
1 <sup>re</sup> décade	567,42	567,62	567,78	567,71	567,50	567,41	567,37	567,62	567,72
2 <sup>e</sup> " .	567,87	568,07	568,14	568,14	567,96	567,89	568,03	568,33	568,50
3 <sup>e</sup> " .	569,74	570,00	570,11	570,03	569,94	569,95	569,77	570,16	570,44
Mois	568,39	568,61	568,72	568,67	568,52	568,46	568,43	568,75	568,94

### Température.

1 <sup>re</sup> décade	+ 2,46	+ 3,89	+ 4,74	+ 6,20	+ 6,58	+ 6,31	+ 4,92	+ 3,51	+ 3,17
2 <sup>e</sup> " .	+ 1,59	+ 3,96	+ 5,92	+ 7,02	+ 7,29	+ 6,24	+ 4,51	+ 3,37	+ 3,13
3 <sup>e</sup> " .	+ 5,50	+ 8,32	+ 9,12	+ 10,41	+ 10,87	+ 9,88	+ 8,18	+ 6,86	+ 6,41
Mois	+ 3,26	+ 5,48	+ 6,67	+ 7,96	+ 8,33	+ 7,55	+ 5,95	+ 4,65	+ 4,31

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
1 <sup>re</sup> décade	+ 2,07	+ 7,00	0,55	56,3	—
2 <sup>e</sup> " .	+ 1,59	+ 7,55	0,57	0,8	—
3 <sup>e</sup> " .	+ 5,15	+ 11,56	0,55	20,8	—
Mois	+ 3,01	+ 8,80	0,55	77,9	—

Dans ce mois, l'air a été calme 27 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,78 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° O., et son intensité est égale à 10,0 sur 100.

\* Voir la note du tableau.



# OBSERVATIONS DE TACHES DU SOLEIL

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS OBTENUS APRÈS PLUSIEURS ANNÉES  
D'OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES

PAR

**M. le Professeur G. SPÖRER.**

Anclam, 1868.

---

(Lu à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, dans sa séance du 4 juin 1868.)

---

A plusieurs reprises déjà les travaux de M. le professeur Spörer, à Anclam (Poméranie), ont été mentionnés dans des études sur la constitution du Soleil <sup>1</sup>. Ces travaux ont continué à être publiés à intervalles rapprochés dans les *Astronomische Nachrichten*. L'auteur en donne aujourd'hui un résumé, imprimé à part, dont nous croyons utile d'offrir une analyse pouvant mettre au courant de l'état actuel de la science astronomique sur ce sujet.

Dès l'année 1862, M. Spörer s'est occupé de la fixation des éléments de la rotation du Soleil, et il a confirmé une loi découverte avant lui et étudiée aussi par M. Carrington : c'est que la vitesse de rotation des taches varie avec leur latitude héliographique, cette vitesse allant en

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, tome XIX, p. 265, avril 1864 ; tome XXIV, p. 21, septembre 1865 ; tome XXV, p. 71, janvier 1866.

décroissant, à mesure qu'elles s'éloignent de l'équateur solaire.

La belle série d'observations qui a permis d'établir cette comparaison a valu à leur auteur une faveur royale, savoir l'octroi d'une lunette de 7 pieds de distance focale, dont il a disposé dès les premiers temps de 1865. Son observatoire a dû être transporté bientôt après, par suite de constructions élevées près de son premier emplacement, et il est établi aujourd'hui au sommet d'une vieille tour de massive maçonnerie, dont les murailles, à 60 pieds d'élévation au-dessus du sol, ont encore  $6 \frac{1}{2}$  pieds d'épaisseur.

Je ne m'étendrai pas sur les procédés de mensuration et sur les formules de réduction employées par M. Spörer, pour chercher à réunir les conclusions diverses auxquelles il est arrivé dans ses travaux successifs.

Le calcul des angles de rotation diurne des diverses taches est le principal élément d'où ces conclusions peuvent être tirées. Déjà nous avons vu la loi générale à laquelle il est parvenu en les rapprochant des latitudes héliographiques des taches. Mais les variations de ces vitesses sont beaucoup plus capricieuses, et elles se manifestent parfois d'une manière parfaitement irrégulière entre deux taches toutes voisines cependant. Elles feraient alors présumer comme une sorte de torsion dans leur ligne de séparation. L'étude de ces variations pourra un jour peut-être permettre quelque induction sur le mode de formation des taches, mystère insondé jusqu'ici. En effet, la loi générale des vitesses angulaires est presque toujours violée dans la première phase d'apparition des taches et lorsqu'elles subissent de grands changements d'apparence.

Des irrégularités analogues se manifestent aussi dans un même groupe pendant plusieurs apparitions successives. Ainsi la tache observée en 1863, pendant trois périodes de rotation sous les n<sup>os</sup> 45, 61 et 74, a subi pendant les soixante-deux jours d'observations une diminution de 2 degrés dans sa latitude héliographique. Conformément à la loi, on devait s'attendre à ce que son angle de rotation diurne, appelé  $\xi$  dans les travaux que nous examinons, irait en s'accroissant. C'est le contraire qui a eu lieu : la tache n<sup>o</sup> 45 correspondant à  $10 \frac{1}{2}$  degrés de latitude avait, en avril, un angle de rotation diurne  $\xi = 14^{\circ}, 296$  ; la même tache sous n<sup>o</sup> 61, avec une latitude de  $9 \frac{1}{2}$  degrés, avait en mai un  $\xi = 14^{\circ}, 083$ , et en juin, sous n<sup>o</sup> 74, avec une latitude de  $8 \frac{1}{2}$  degrés,  $\xi = 13^{\circ}, 966$ .

A la même époque, la tache n<sup>o</sup> 65 était, le 24 mai, au bord oriental du disque solaire sous la forme d'une grosse tache double avec une pénombre commune. Les deux noyaux se modifiaient peu, mais subissaient visiblement un mouvement considérable. Il était hors de doute que le noyau oriental tendait à se placer de plus en plus au sud de l'autre. Le 3 juin, le noyau devenu méridional était un peu plus grand que son voisin ; le 4 juin, près du bord occidental du Soleil, la séparation entre eux était à peine perceptible. Lorsque, dans la période de rotation suivante, la tache reparut sous n<sup>o</sup> 79, le noyau qui était arrondi le 22 juin reçut, le 23 juin, un appendice du côté de l'est qui, le lendemain 24, s'était détaché. Le 25, la pénombre commençait aussi à se scinder, et le 26, la tache principale, de même que le noyau détaché, avaient chacun une pénombre distincte. L'écartement entre les deux taches augmenta ensuite graduellement, ainsi que cela se présente fréquemment dans l'étude de ces phénomènes.

L'année suivante, en mars 1864, un fait curieux est rapporté comme ayant été observé à Vienne par M. E. Weiss. Celui du *recouvrement* de deux taches l'une par l'autre, par suite de leur mouvement inégalement rapide. Jusqu'à quel point ce phénomène est-il réel ? c'est ce qu'il ne nous appartient pas de décider. Nous verrons plus loin quelles sont les notions relatives à la *formation* des taches qui peuvent influencer sur ces diverses apparences.

La collaboration de M. le professeur Heis, astronome à Münster, a permis à M. Spörer de faire dès 1864 des tableaux plus complets sur l'abondance comparative des taches dans les diverses régions de la surface du Soleil. Déjà en 1863, il avait conclu que leur répartition n'était pas uniforme suivant les longitudes héliographiques. Certains espaces restent dépourvus de taches, tandis qu'à d'autres places il s'en présente de remarquables accumulations. Ainsi on est frappé du dénuement relatif dans lequel est laissé, à cette époque, le troisième quadrant des longitudes. Cette étude se trouve connexe avec celle des emplacements des facules. De tout temps on a remarqué que les groupes de taches sont accompagnés de facules. Celles-ci peuvent être vues sans qu'il y ait des taches dans le voisinage, mais jamais il n'y eut de taches tant soit peu considérables sans facules. Or il se trouve que la plupart des groupes de taches peuvent être classés dans les limites de régions à facules, déterminées ; que ces facules, quoique de durée plus prolongée, ont aussi leurs périodes de formation et de disparition, et qu'elles subissent aussi de notables changements de place. Elles se présentent parfois avec une intensité d'éclat tout à fait extraordinaire qui se modifie souvent très rapidement.

Leur remplacement par des taches et réciproquement de taches par des facules s'est offert à l'observation pendant le courant de l'année 1865.

Dès 1866, les données relatives aux facules font sensiblement défaut. C'est la conséquence de l'entrée dans la phase de minimum des taches. En même temps que celles-ci sont devenues plus rares, les facules ont perdu leur éclat. Ce changement périodique a fait émettre à M. Weber, astronome à Peckelow, l'idée d'un mouvement de va et vient dans l'enveloppe solaire pendant la durée de onze ans qu'on lui a assignée. Il l'aurait pressenti d'après la circonstance, qu'au début de la phase de minimum, les facules ont apparu plus fréquentes et plus brillantes dans le voisinage des pôles. M. Carrington avait déjà reconnu que la zone des taches va en diminuant de largeur à mesure qu'on se rapproche de cette phase. Après s'être étendue jusqu'à  $\pm 20$  degrés de latitude, elle avait baissé à  $\pm 10$  degrés, pour cesser entièrement. Après le minimum, les taches ont recommencé à se montrer dans les latitudes entre 20 et 30 degrés, pendant que les parages près de l'équateur en étaient dépourvus. Tout en admettant ces conclusions comme probables, M. Spörer pressent que des observations ultérieures pourront beaucoup étendre leur importance. Suivant lui, les taches ne sont point bornées par une zone rétrécie, telle qu'elle est admise généralement par les astronomes qui ont observé les taches avec un instrument de faible grossissement, ou dans des conditions imparfaites de limpidité atmosphérique. Avec une lunette puissante et un ciel favorable, les apparences de la surface solaire changent du tout au tout. Des taches et des facules sont en tout temps éparses sur toute cette surface et y produisent

l'apparence marbrée, pommelée qu'elle présente. Le *procédé* qui engendre les unes et les autres est donc en continue activité, et il ne fait que varier d'intensité jusqu'à donner naissance aux phénomènes plus marqués auxquels on a appliqué vulgairement ces noms. Plus les circonstances sont propices, plus la matière composant les taches se laisse discerner, et plus les modifications qu'elle subit sont rapides. Malheureusement, ces conditions se réalisent rarement; tous les observateurs du disque du Soleil sont d'accord sur ce point, et cette excessive rareté est un grave obstacle aux progrès que feraient sans cela nos connaissances dans cette étude.

On trouve dans le mémoire que nous analysons la description détaillée des changements singulièrement prompts subis par diverses taches, de l'année 1865 entre autres. Leur observation a amené l'auteur à la conviction, déjà communiquée à notre Société, que les taches sont situées au-dessus de surfaces brillantes, et que les pénombres sont des agglomérations de très petites taches dont les intervalles laissent entrevoir ces surfaces brillantes sous-jacentes. Cette conclusion dérive pour lui de l'observation directe, faite par un ciel très favorable. Avec un grossissement au delà de 100 fois, les nuances des diverses portions des noyaux se manifestent et offrent des changements perceptibles, ainsi que cela est le cas pour nos nuages terrestres quand ils passent devant le Soleil. On explique aisément, avec cette conception, le fait que lors du rapprochement d'une tache près du bord du disque, l'ensemble du phénomène s'atténue, la pénombre devient relativement plus foncée, en sorte qu'à cinq secondes de distance du bord, noyau et pénombre ne peuvent se distinguer l'un de l'autre.

La rapidité de la formation des taches et de leurs changements de forme vient fournir une facilité essentielle pour expliquer les phénomènes de torsion apparente que paraissent subir deux taches voisines et qui sont difficiles à admettre dans leur réalité. Admettez, en effet, des résolutions de la matière obscurcissante d'un côté et des productions nouvelles de l'autre, et vous aurez des effets tout à fait assimilables à des déplacements relatifs et moins invraisemblables.

A propos de cette question des déplacements, l'auteur n'admet pas que des apparences instables, telles que les taches, soient soumises à une simple propulsion. « On pourrait supposer indifféremment, dit-il, qu'une tache est entraînée avec une certaine vitesse par un ouragan, ou qu'elle s'est trouvée dans un courant atmosphérique possédant cette même vitesse. Mais ces deux manières de s'exprimer diffèrent essentiellement par l'image que nous y rattachons involontairement. Nous savons que, lorsqu'on observe avec un pouvoir amplifiant suffisant, on discerne dans les taches des changements dans un temps très court, qui permettent de les comparer avec nos nuages. Nous voyons nos nuages se mouvoir, quelques-unes de leurs principales masses restant en contact, pendant que tout autour se produisent des variations, des résolutions, des formations nouvelles. Même dans les masses principales, nous pouvons reconnaître que leur déplacement est souvent plus apparent que réel, des dissolutions ayant lieu à une extrémité pendant qu'à l'autre se manifestent de nouvelles formations par lesquelles la dimension générale de l'ensemble est conservée. Cette image, s'adaptant aux apparences des taches, nous saute aux yeux lorsque nous exprimons la pensée que, comme pour nos

nuages, elles sont entraînées par des ouragans. C'est pourquoi j'ai préféré cette expression à l'autre, avec laquelle nous n'associons pas immédiatement l'idée que la cause motrice n'est pas inégale ni irrégulière, mais suivant les temps plus ou moins prédominante. En affirmant, au contraire, que les taches se trouvent dans un certain courant atmosphérique, nous sommes plus enclins à nous représenter leur mouvement comme uniforme, idée qui ne cadre pas avec la variabilité de leurs apparences. Un pas de plus, nous arrivons alors à l'hypothèse erronée que pour le Soleil la période de la rotation varie par zones ou par anneaux, et que sa durée, variant avec la position, est exprimée par la loi qui lie l'angle de rotation avec la latitude. Tandis que M. Faye adopte cette manière de voir, il argue contre moi qu'il n'y a pas de motif suffisant pour supposer des vents d'est ou d'ouest : je réplique que bien moins fondée me paraît être la supposition d'une diversité permanente dans les périodes de rotation, excluant leur équilibre final. »

Ici, qu'on nous permette de le dire, nous ne comprenons pas très bien la répugnance de l'auteur à admettre un *fait*, que lui-même a contribué à faire connaître, dont il a formulé la loi et dont il a reconnu la généralité : la variation des vitesses avec les latitudes. S'en rendre compte dans l'état actuel de la science n'est assurément pas possible, mais avec quelques notions de plus sur les couches superficielles du Soleil, sur son atmosphère, sur les périodes qui régissent les phénomènes dont elle est le théâtre, il n'est point impossible que la mécanique ne parvienne à élucider ce sujet. Le fait existe, tout le monde l'admet, et probablement il dure depuis que le Soleil luit. Qu'il viole un équilibre désirable dans les relations

réci-proques de ses composants, cela n'est pas douteux, mais il y a bien d'autres cas où cet équilibre n'est pas atteint, et le rayonnement lui-même du Soleil en est un exemple tout aussi malaisé à expliquer. Les perpétuelles déviations à la loi précitée, que fournissent les taches et qu'étudie M. Spörer, lui font attacher une importance légitime aux causes locales, perturbantes, de leurs mouvements. Mais il admet néanmoins, que les taches sont la seule base sur laquelle puissent être assis les calculs de la vitesse de rotation du globe solaire. Ce sont elles qui ont démontré les variations de cette vitesse, il faut donc bien consentir à les voir participer d'une manière générale à ces variations, tout en les reconnaissant sujettes à d'autres influences accidentelles, ou en relation directe avec leur mode de formation.

Nous sommes, en revanche, parfaitement d'accord avec lui, lorsqu'il poursuit sa réfutation de l'hypothèse Wilsonienne sur les taches-entonnoirs. Il nous a dit naguère s'être efforcé en vain pendant plusieurs années d'observations de trouver une seule tache conforme à la description qu'on en fait dans les ouvrages populaires, où leur forme est représentée, suivant une marche régulière et concordant avec la théorie de Wilson, pendant leur trajet du bord oriental au bord occidental. Depuis qu'il opère avec une lunette plus forte, ses expériences lui rendent de jour en jour plus incompréhensible comment cette théorie a pu acquérir une notoriété aussi générale et aussi prépondérante.

Encore ici les faibles grossissements ont pu être la cause des illusions des astronomes : aussitôt qu'on applique un pouvoir amplifiant suffisant, les apparences présentent des caractères incompatibles avec elle. Ce qui

devient surtout frappant lorsqu'on dépasse certaines limites de grossissement, 200 fois, par exemple, c'est l'excessive mobilité des apparences que présentent les taches. Au bout de quelques heures seulement des changements s'y produisent qui, pour ne paraître que minimes, n'en sont pas moins très considérables en réalité, vu l'éloignement où ils se manifestent. Pour s'en faire une idée, il faut se reporter aux énormes dimensions des taches. Ainsi un groupe, vu en septembre 1865 et qui n'est point parmi les plus grands, varie du 24 au 26 dudit mois entre des étendues valant de 60 à 35 fois la surface du continent africain. Afin de ne pas avoir recours à des hypothèses de vitesses dépassant toute imagination, il faut, pour se rendre compte de pareilles modifications, admettre des résolutions et des reformations des masses obscurcissantes, même là où au premier coup d'œil ces masses ont paru se déplacer elles-mêmes.

Ce ne sont pas seulement les contours des taches qui subissent ces rapides changements d'apparence. Les diverses parties dont elles se composent sont loin de rester uniformes de teinte et d'aspect, comme on pourrait le supposer en voyant les représentations graphiques qu'on en a tentées dans maint ouvrage destiné à l'enseignement ou à la démonstration de l'hypothèse des entonnairs. Aujourd'hui encore il se rencontre des auteurs qui parlent de taches normales ou régulières. Ces taches sont circulaires ou à peu près. Leur noyau est uniformément noir et leur pénombre d'un gris à peu près constant. Dès que l'on emploie des grossissements tant soit peu forts, toute régularité disparaît dans ces diverses surfaces. Les noyaux sont couverts de vagues plus ou moins foncées, sans parler des ponts lumineux qui les

traversent. Les pénombres présentent des surfaces tachetées en tous sens, s'enchevêtrant les unes dans les autres, et empiétant soit sur le noyau, soit sur la photosphère environnante. On peut reconnaître ordinairement un éclaircissement marqué de leur teinte dans le voisinage du noyau; souvent aussi une direction concentrique des raies obscures qui couvrent leur superficie. M. Spörer compare ces raies à celles que l'on obtient en saupoudrant de limaille de fer une feuille de papier et en promenant au-dessous un barreau aimanté. Dans certains cas on observe ces raies venant se placer près du noyau ou de ses prolongements, et il est parfois fort difficile de décider où finit le noyau et où commence la pénombre. Ce fait, joint à l'observation fréquente de ce qui se passe lors de la résolution d'une pénombre en petites taches disséminées, est une preuve très concluante de ce que, de leur nature, les pénombres ne diffèrent point essentiellement des noyaux.

Pour M. Spörer l'explication des colorations plus ou moins intenses des diverses parties des taches n'offre aucune difficulté. Considérant les taches comme situées au-dessus de la région brillante des facules, la teinte plus ou moins foncée de leur noyau ou de leur pénombre tient à l'accumulation plus ou moins considérable des matières obscurcissantes qui les produisent. Il reconnaît du reste que cette manière de concevoir les taches est contraire à l'effet qu'elles produisent sur la vision.

La vue de taches situées près des bords du disque, avec les facules brillantes qui les entourent, préviendra tout observateur *contre* l'idée que les taches se trouvent au-dessus de ces surfaces lumineuses. Les facules paraissent, en effet, d'une manière frappante semblables à des

exhaussements montueux, et les taches interposées placées à des profondeurs d'autant plus grandes que la tache est plus foncée. Même en admettant que la réalité fût conforme à l'impression visuelle, l'apparence devrait toutefois être considérée comme une illusion dont on réussit à se débarrasser quand on projette l'image dans une salle obscure sur une surface blanche.

Les matériaux dont se sont servis MM. Warren de la Rue, B. Stewart et B. Lœwy, pour démontrer la vérité de l'hypothèse de Wilson, ne lui paraissent pas propres à servir de preuves suffisantes en pareille matière. On sait que ces astronomes, comparant des dessins photographiques du Soleil, trouvèrent que sur 530 taches, 456 se trouvaient favorables et 74 seulement défavorables à la loi de Wilson. Très différentes seraient les appréciations des apparences des taches, si on avait employé des documents basés sur des grossissements plus considérables. M. Spörer s'appuie aussi sur un fait admis par les astronomes anglais, c'est que très fréquemment les taches disparaissent à la partie orientale d'un groupe, tandis que les facules persistent. Quand en pareil cas les pénombres de la partie subsistante d'un groupe voisin du bord occidental du Soleil ne sont pas concentriques avec les noyaux, il y a grande probabilité que c'est l'effet d'une cause locale, qui auparavant a dissous la partie orientale du groupe. La position concentrique des noyaux par rapport à la pénombre, n'est point un fait qui doive être considéré comme normal et sur lequel on puisse se baser pour induire d'une époque antérieure à une postérieure sa déviation du centre de la pénombre. De nombreuses observations montrent en effet combien d'un jour à l'autre cette position relative peut varier.

M. Faye a eu recours au calcul des lieux des taches, afin de prouver qu'on devait les supposer dans des approfondissements de la surface, pour les faire cadrer avec l'observation. Il a appelé parallaxe de profondeur la correction produite par cet enfoncement de la tache et il a tenté d'en déterminer la valeur. Dans de certains cas, cette correction s'est trouvée opportune pour mettre d'accord le calcul avec l'observation, empruntée aux travaux de M. Carrington. Dans d'autres cas, l'erreur s'est trouvée de signe contraire et l'explication cherchée dans les effets de la réfraction de l'atmosphère solaire, qui agit en sens inverse. Ces contradictions prouvaient avant tout que les observations, bases de ces calculs, n'offraient pas un degré suffisant d'exactitude. En employant de plus récentes, une entre autres de juin 1866, observée par le P. Secchi et par M. Spörer, suivant deux procédés différents, la conclusion a toujours tourné contre la parallaxe de profondeur.

Pour expliquer les approfondissements en forme d'entonnoirs, M. Faye a de nouveau introduit l'idée d'un Soleil obscur, en le considérant comme une sphère gazeuse non lumineuse à la surface de laquelle la photosphère incandescente se produit par des procédés chimiques analogues à ceux qui accompagnent l'enveloppe des flammes. Kirchhoff a réfuté cette conception et certains astronomes anglais se sont aussi élevés contre elle. Leur explication des entonnoirs est attribuée à des courants froids, tourbillonnant des plus hautes régions de l'atmosphère solaire jusqu'en bas à la surface de l'astre. Dans cette théorie, les taches sont considérées comme des phénomènes analogues aux nuages; c'est là un progrès à constater, mais on y conserve ces gigantesques murailles de matière in-

candescence qui sont censés entourer les substances de couleur obscure, douées d'une température plus basse. Notre auteur se flatte d'avoir démontré que l'observation des taches n'exige point l'hypothèse de ces fantastiques entonnoirs et il espère que ses recherches tendront à produire une unité de vues plus complète, en faisant abandonner à quelques-uns des partisans de l'hypothèse de Wilson, l'idée du bourrelet qui enveloppe les taches.

On a conclu aussi à l'enfoncement des taches par suite d'observations faites quelquefois au bord du Soleil, de facules apparaissant comme de petits exhaussements montueux, au moment où un groupe de taches disparaît. Ce phénomène peut s'expliquer par l'effet de la réfraction de l'atmosphère solaire, qui fait apercevoir des surfaces brillantes déjà passées du côté opposé du Soleil, pendant que les surfaces plus foncées, également réfractées, ne se discernent pas. Mais on peut aussi considérer ces exhaussements observés, exceptionnels, comme existant réellement. On pourrait admettre qu'ils n'existaient pas auparavant dans le voisinage immédiat des taches, mais qu'ils viennent de se former, à l'instant où le groupe de taches contourne le bord du Soleil, en sorte que ces colonnes de flammes jaillissantes auraient occasionné la résolution des taches.

Cette thèse peut fort bien se concilier avec la conviction acquise par M. Spörer, que les taches se trouvent au-dessus de surfaces lumineuses, au-dessus de la surface des facules, considérant cette surface comme identique avec la couche de vapeur incandescente, admise par Kirchhoff et formant la surface visible du Soleil. Cette couche pourrait s'appeler du nom anciennement adopté de Photosphère, en écartant l'idée qu'elle enve-

loppe un corps solaire froid et obscur et parfois visible par des ouvertures ou percées. Il admet que la couche de vapeur incandescente enveloppe uniformément un corps fluide incandescent lui-même qui n'est nulle part visible. Ceci ne veut point dire que la surface formée par la couche incandescente soit partout équilibrée à un niveau uniforme. Tel n'est sûrement pas le cas en réalité. Il est au contraire présumable que parfois des vagues enflammées jaillissent à des hauteurs plus grandes peut-être que celles où sont situées les taches dans d'autres régions.

Se basant sur ces données relatives à la constitution du Soleil, M. Spörer émet quelques présomptions sur l'origine des taches et leur mode de formation. Il choisit des exemples réels, étudiés et décrits récemment par lui, et cherche à se rendre compte des diverses phases de transformation qu'ils ont subies. Il voit, à un jour donné, un courant abondant de gaz s'élever du fluide incandescent, subir une condensation dans les régions les plus élevées qu'il atteigne et donner naissance aux premiers fragments d'un groupe de taches. Le courant ascendant continue à augmenter en un certain point, dissolvant les masses obscures qui s'y étaient formées, et en créant de nouvelles dans les régions voisines et plus élevées. Il remarque que, pour une même vitesse angulaire de rotation, les vitesses linéaires doivent nécessairement varier avec l'éloignement du corps en mouvement de son centre de rotation. La vitesse linéaire des couches supérieures est plus grande que celle des couches inférieures, et les masses apportées par les courants ascendants de bas en haut, y arrivent avec une vitesse linéaire moindre que celle qui correspond à la couche où elles parviennent. Le mé-

lance des matières a pour conséquence de faire prendre la vitesse plus grande à une partie du courant ascendant; pour une autre partie, cela n'est pas le cas, elle reste en arrière de telle sorte qu'il en résulte une diffusion de l'ouest à l'est des matières surgies. Cette diffusion devient d'autant plus intense que les matières sont plus abondantes, de sorte que du côté de l'ouest (vu de la Terre), c'est-à-dire dans le sens de la rotation la vitesse augmente, il y a vent d'ouest, tandis que vers l'orient le vent d'est produit par l'arrêt des matières, est encore augmenté par le courant descendant supérieur. Dans le dernier cas, il y a une lutte plus prononcée entre masses douées de vitesses opposées et il y voit le motif produisant en général une dissolution plus prompte de la partie orientale d'un groupe.

Ces tentatives d'explications de l'origine et de la formation des taches sont basées sur des exemples réels et nées de l'observation suivie de cas particuliers; l'auteur ne les donne toutefois que comme des présomptions et il reconnaît que le sujet n'est pas encore mûr pour permettre des conclusions positives. Le zèle qu'il déploie dans son étude, l'intelligence dont il fait preuve et toutes les conditions qu'il pressent devoir être réalisées pour permettre une conception nette et sûre de ce mystérieux sujet, inspirent confiance dans la voie où il essaie de conduire la science. Il lui a déjà fait faire de grands pas dans cette sphère; tout nous fait espérer qu'il verra ses nouveaux et persévérants efforts couronnés de succès.

Emile GAUTIER.

**RECHERCHES**  
SUR LA  
**POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE**

PAR  
**M. le Professeur A. de la RIVE.**

---

(Communiquées à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de  
Genève, dans sa séance du 7 mai 1868.)

---

La polarisation rotatoire magnétique, découverte par Faraday, est restée l'un des phénomènes les plus curieux et en même temps les plus inexplicables encore de la physique. Il a été cependant l'objet des recherches d'un grand nombre de physiciens et, entre autres, de MM. Edmond Becquerel, Bertin, Wiedemann, Matthiessen, Edlung, Matteucci et Wertheim. Mais M. Verdet, quoique le dernier en date, est peut-être celui qui en a fait l'étude la plus approfondie et la plus détaillée. Quatre Mémoires publiés successivement de 1854 à 1863 renferment les résultats de ses nombreuses et persévérantes recherches sur ce genre de phénomènes; et si une mort prématurée n'était pas venu l'enlever à ses amis et à la science, il est probable qu'il les aurait continuées.

Le sujet de la polarisation rotatoire magnétique peut être, et a été effectivement envisagé sous des rapports très-divers. Faraday, en découvrant le phénomène fondamental, en avait décrit les caractères essentiels et l'avait étudié sur un très-grand nombre de substances. M. Edmond Becquerel et M. Bertin avaient introduit quelques

modifications heureuses dans la manière d'opérer de Faraday, et avaient ajouté quelques faits intéressants à ceux déjà observés par le savant anglais. M. Bertin, en particulier, avait signalé deux substances liquides douées d'un pouvoir rotatoire magnétique considérable, le bichlorure d'étain et le sulfure de carbone, et avait déterminé quelques lois importantes des phénomènes. M. Wiedemann avait étudié exclusivement la polarisation rotatoire que produit l'action d'un courant électrique qui parcourt le fil d'une hélice dans l'axe de laquelle est placée la substance transparente traversée par le rayon polarisé; mode d'action que Faraday avait signalé comme produisant le même effet que celui qui provient d'un électro-aimant. MM. Edlung, Matteucci et Wertheim s'étaient surtout occupé de l'influence sur la polarisation rotatoire magnétique, des actions qui modifient l'état moléculaire du corps transparent traversé par le rayon polarisé. Enfin différentes considérations théoriques sur la nature et la cause du phénomène avaient été mises en avant par quelques physiciens. J'avais moi-même, dans mon *Traité de l'électricité* publié en 1853, essayé de rattacher le pouvoir rotatoire magnétique des corps à leur puissance réfractive<sup>1</sup>.

On peut voir par ce court résumé que, malgré beaucoup de travaux soit expérimentaux, soit théoriques, la science était loin d'avoir dit son dernier mot sur les phénomènes de la polarisation rotatoire magnétique, quand M. Verdet s'empara de ce sujet. On lui doit d'avoir, par des méthodes nouvelles et d'une extrême précision, bien établi les lois du phénomène en ce qui concerne l'influence de l'intensité et de la direction de la force agissante. Ces lois une fois obtenues, il a cherché à détermi-

<sup>1</sup> Voyez *Traité d'Électricité*, tome I, p. 555.

ner d'une manière plus précise qu'on ne l'avait encore fait, le pouvoir rotatoire magnétique d'un assez grand nombre de substances et il a découvert que certaines dissolutions de fer et de quelques autres métaux font tourner, sous l'influence magnétique, le plan de polarisation dans un sens contraire à celui dans lequel le font tourner la plupart des substances transparentes. Il n'a du reste pas réussi à établir aucun rapport entre le pouvoir rotatoire magnétique des corps et leurs autres propriétés. Il n'a pas été plus heureux quand il a cherché à lier la rotation magnétique du plan de polarisation avec la longueur des ondulations lumineuses, quoiqu'il ait trouvé en opérant sur des rayons de diverses couleurs, que cette rotation suit *approximativement* la loi de la raison inverse du carré des longueurs d'onde. L'écart entre l'observation et la loi est d'autant plus considérable que la substance transparente est douée d'une plus forte dispersion, sans cependant qu'il y ait de rapport constant entre cet écart et la dispersion même. Enfin il a reconnu que les substances douées d'une forte réfraction possèdent généralement un grand pouvoir rotatoire magnétique, sans cependant qu'il y ait de rapport constant entre les deux ordres de propriétés; *cette proposition, dit M. Verdet, est une restriction d'une règle trop générale donnée par M. de la Rive.*

On voit, d'après ce court exposé, qu'il reste encore beaucoup à faire pour découvrir la cause de la polarisation rotatoire magnétique, ou tout au moins les rapports qui la lient avec les autres propriétés, soit des corps, soit de la lumière. Je me suis, à différentes reprises, occupé de cette question et quoique jusqu'ici je ne sois pas encore parvenu à des conclusions très-positives, je crois cependant que les résultats que j'ai obtenus peuvent con-

tribuer, jusqu'à un certain point, à éclaircir la question.

Dès l'origine de la découverte de Faraday, deux opinions très-différentes se manifestèrent parmi les savants sur l'explication qu'on pouvait donner de la polarisation rotatoire magnétique. Les uns pensèrent que de puissants aimants pouvaient modifier la constitution moléculaire des corps transparents et leur communiquer ainsi pour un moment les propriétés que certaines substances, telles que l'essence de térébenthine et le quartz, possèdent naturellement. Les autres, du nombre desquels était Faraday lui-même, furent plutôt portés à admettre que l'action magnétique s'exerce directement sur l'éther intermoléculaire de la substance transparente. Le grand argument de Faraday était que, contrairement à ce qui a lieu dans les corps qui possèdent naturellement la polarisation rotatoire, les déviations du plan de polarisation d'un rayon qui traverse une substance transparente en allant et revenant sur lui-même, au lieu de s'annuler, s'ajoutent dans le cas où la polarisation rotatoire est magnétique : preuve que l'effet ne provient pas d'un arrangement particulier imprimé aux particules matérielles, et qu'il est intimement lié avec la direction de la force extérieure agissante, par conséquent avec le sens des courants de l'aimant ou de l'hélice qui produisent le phénomène.

J'étais arrivé, par différentes considérations, à la même conclusion que Faraday<sup>1</sup>, mais j'avais seulement fait remarquer que la présence de la matière pondérable est nécessaire pour que l'action magnétique s'exerce sur l'éther, puisqu'elle n'a pas lieu dans le vide, et que, comme son intensité varie avec la nature et l'état physique de cette matière pondérable, il est probable qu'elle a lieu sur

<sup>1</sup> Voyez mon *Traité d'Électricité*, tome I, p. 555.

l'éther par l'intermédiaire des particules matérielles. C'est à cette occasion que j'avais remarqué que l'état plus ou moins grand de densité de l'éther dans les substances transparentes doit avoir une grande influence sur le phénomène, puisque ce sont les plus réfringentes pour lesquelles la polarisation rotatoire magnétique est la plus prononcée; règle qui du reste, comme je l'ai déjà dit, présente plus d'une exception, ainsi que l'a montré M. Verdet.

Le premier point qui a attiré mon attention, quand j'ai repris ce sujet, a été précisément celui que je viens de signaler, c'est-à-dire l'étude du rapport qui existe entre l'état moléculaire du corps et son pouvoir rotatoire magnétique.

Divers physiciens, entre autres Matteucci, avaient montré qu'une pression opérée sur le verre modifie son pouvoir rotatoire magnétique, soit en le diminuant ou même en l'annulant quand la compression est très-forte, soit en le rendant plus énergique dans un sens que dans l'autre. M. Wertheim de son côté avait démontré, au moyen d'expériences faites avec beaucoup de soin sur diverses substances transparentes soumises à des pressions ou des tractions croissantes, que les phénomènes de polarisation rotatoire magnétique disparaissent chez ces substances à mesure qu'elles cessent d'être mécaniquement homogènes et optiquement isotropes, et lorsque, par conséquent, elles acquièrent la propriété de la double réfraction. Il remarque que, parmi les corps naturellement biréfringents ou rendus tels par l'emploi d'une force mécanique, ceux qui ont les pouvoirs rotatoires magnétiques les plus énergiques sont en même temps ceux qui sont doués des pouvoirs biréfringents les plus faibles.

Dans tous les cas que je viens de citer, les substances

qui ont perdu leur pouvoir rotatoire magnétique par l'effet de la pression ou de la traction, le reprennent quand cette pression ou cette traction viennent à cesser, sauf dans quelques cas exceptionnels. Mais il n'en est plus de même si la modification moléculaire, au lieu d'être produite par une action mécanique, résulte d'une décharge électrique. C'est ce que j'ai réussi à constater par quelques expériences que je vais rapporter. Ayant placé un prisme de crown-glass, qui avait été percé par la décharge du grand appareil Ruhmkorff, entre les pôles d'un électro-aimant, je trouvai qu'il avait perdu presque entièrement le pouvoir rotatoire magnétique et que par contre il était devenu biréfringent. Je soumis à la même épreuve un prisme de crown-glass de moindres dimensions, un autre semblable de flint-glass et un plus petit de verre pesant de Faraday. Tous donnèrent le même résultat, ainsi que je le constatai en les comparant à des échantillons semblables qui n'avaient pas été soumis à l'action de la décharge<sup>1</sup>. Ainsi le passage d'une forte décharge électrique à travers des corps transparents isolants imprime à ces corps une modification moléculaire permanente analogue à celle que détermine la pression ou la traction, mais d'une manière momentanée seule-

<sup>1</sup> Ayant communiqué ces expériences à l'Académie des Sciences de Paris, dans sa séance du 15 mai 1865 (voyez *Comptes rendus*, tome LX, p. 1005), je reçus quelque temps après une lettre de M. Morren, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, dans laquelle ce savant me disait avoir obtenu les mêmes résultats que moi, et les avoir montrés à son auditoire. Il reconnaît que, ne les ayant pas publiés, il n'a pas droit à réclamer une priorité que je suis, du reste, tout disposé à lui accorder. Ce n'est pas la première fois, et ce ne sera pas la dernière, que deux personnes, occupées du même sujet, se trouvent faire simultanément la même expérience.

ment. Ce qu'il y a de curieux, c'est que la modification n'est pas limitée aux portions de la substance voisines de la trace qu'a laissée le passage de la décharge, mais qu'elle s'étend dans toute la masse, lors même qu'elle est considérable<sup>1</sup>, de sorte que cette masse tout entière a subi un changement moléculaire qui n'altère en rien l'apparence du corps. On sait que la route qu'a suivie la décharge est marquée par un défaut de transparence dans les particules du verre contiguës à la fissure plus ou moins sinueuse que le passage de l'électricité a déterminée. Or ces particules ont conservé seules le pouvoir rotatoire magnétique, car elles paraissent noires quand le rayon polarisé qui les traverse est éteint et redeviennent brillantes sous l'action du magnétisme.

J'ai essayé à plusieurs reprises de transmettre à travers des liquides traversés par le rayon polarisé, soit des fortes décharges de l'appareil Ruhmkorff quand ils étaient isolants comme le sulfure de carbone, soit un courant voltaïque quand ils étaient conducteurs comme le chlorure de zinc<sup>2</sup>, et je n'ai pas trouvé qu'il en résultât aucune altération quelconque dans leur pouvoir rotatoire magnétique. J'ai fait passer les décharges et le courant tantôt longitudinalement, tantôt transversalement; l'effet a toujours été nul. Il n'y a donc que les corps solides qui puissent, sous l'influence de forces extérieures, éprouver des modifications moléculaires, soit passagères, soit per-

<sup>1</sup> Le plus gros des prismes de crown-glass, dont j'ai fait usage, avait une longueur de 65 centimètres sur une largeur de 40 et une épaisseur de 30.

<sup>2</sup> Faraday avait fait, à l'époque de sa découverte, plusieurs essais du même genre, mais sans succès. Il n'avait pas employé les décharges de l'appareil Ruhmkorff, mais par contre il avait essayé l'application de l'électricité statique à haute tension, le tout inutilement.

manentes, qui altèrent ou détruisent leur pouvoir rotatoire magnétique.

Le résultat négatif que j'ai obtenu avec les liquides était déjà une présomption bien forte contre l'opinion qui attribue le phénomène découvert par Faraday à une modification moléculaire déterminée dans les substances transparentes par l'action du magnétisme. Les liquides en effet qui ne paraissent pas susceptibles de telles modifications, présentent cependant au plus haut degré le phénomène de la polarisation rotatoire magnétique.

J'ai cherché à vérifier cette conséquence indirecte par différentes expériences ; ainsi je n'ai nullement réussi à modifier le pouvoir rotatoire magnétique ni des liquides, ni des solides, en leur imprimant, soit une grande vitesse, soit des mouvements moléculaires très-prononcés pendant qu'ils transmettaient le rayon polarisé sous l'influence de l'aimant. Pour faire ces expériences j'étais obligé d'enfermer les liquides dans des vases cylindriques terminés par deux disques de verre parallèles. Or il s'est trouvé que les bords de ces disques m'ont presque toujours présenté les propriétés du verre trempé, ce qui rendait mes expériences très-difficiles. J'avais cru d'abord pouvoir attribuer cette trempé à l'action combinée de l'aimant et du mouvement soit vibratoire, soit simplement de translation très-rapide, imprimé au verre ; mais des expériences directes m'ont démontré qu'il n'en est rien, et que le verre n'éprouve sous de semblables actions aucun effet de ce genre<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> M. Matteucci avait déjà montré qu'on ne modifie nullement la constitution moléculaire du verre en lui imprimant un mouvement vibratoire pendant qu'il est sous l'influence de l'aimant. Il avait également constaté, sous une autre forme que moi, que le mouve-

Je crois donc que les physiciens, et entre autres M. Matthiessen, qui ont cru apercevoir une influence des forces magnétiques sur l'état moléculaire du verre sont dans l'erreur, et que par conséquent on ne peut pas attribuer la lenteur avec laquelle le verre de Faraday perd son pouvoir rotatoire magnétique, quand l'action de l'aimant a cessé, à un retour plus ou moins long à son état d'équilibre moléculaire qui aurait été troublé momentanément par cette action de l'aimant. Cette prolongation tient évidemment au magnétisme de l'aimant lui-même. Voici comment je m'en suis assuré.

J'ai soumis à l'expérience, en les plaçant entre les pôles d'un même électro-aimant, et dans des conditions parfaitement semblables, différents corps solides, verre pesant de Faraday, prismes de flintglass et de crown-glass, et divers liquides, sulfure de carbone, chlorure de zinc, etc., puis, après avoir amené le rayon polarisé qui traversait ces diverses substances sous l'influence de l'aimantation, à présenter à l'œil la teinte bleue sensible, j'ai brusquement changé au moyen d'un commutateur le sens de l'aimantation. Le rayon a passé de la teinte bleue à une teinte brillante à peu près blanche en passant par une teinte rouge foncée ; ce passage exigeait pour s'effectuer environ deux secondes et demie. Si l'on changeait alors de nouveau le sens de l'aimantation, le passage de la teinte brillante au bleu exigeait quatre secondes et demie, temps qui était à peu près celui de la durée de la teinte rouge foncée, tandis que dans le cas précédent cette durée n'était que deux secondes et demie. J'attribue cette différence à ce que, dans le premier cas, l'arrivée de la teinte brillante fait dis-

ment de translation est sans influence sur le phénomène qui nous occupe. (*Annales de Chimie et de Physique*, tome XXIV, p. 499.)

paraître à l'œil immédiatement le rouge, tandis que dans le second cas la teinte rouge persiste encore pendant que la bleue plus sombre commence à paraître. Toutes les substances, soit solides, soit liquides, ont donné presque exactement les mêmes résultats. Les légères différences observées ne tenaient qu'à la vitesse plus ou moins grande avec laquelle on faisait marcher le commutateur. Je dois ajouter que, si au lieu de renverser le sens du courant, on se bornait à l'interrompre, on obtenait la teinte rouge foncée, qui alors persistait, mais son apparition n'était pas non plus instantanée.

J'ai substitué à l'action de l'aimant celle plus directe du courant électrique en plaçant successivement les divers corps soumis à l'expérience, dans l'axe d'une bobine dont le fil de cuivre était traversé par un fort courant électrique. J'ai, en employant le même commutateur qu'avec l'électro-aimant, soit simplement interrompu, soit brusquement renversé le sens du courant. Le changement de teinte du rayon polarisé, au lieu de s'opérer graduellement comme précédemment, s'est fait alors instantanément de façon que la teinte rouge intermédiaire n'était pas même visible. Cette dernière expérience montre bien que ce n'est pas à une modification dans l'état moléculaire du corps plus ou moins longue à s'opérer, et plus ou moins longue à disparaître, qu'on doit attribuer la durée du passage d'une teinte à l'autre quand on emploie l'électro-aimant, puisqu'elle devrait avoir lieu de même quand on fait usage de l'hélice.

La cause de cette durée tient donc à l'emploi même de l'électro-aimant, et provient du temps qu'exigent les molécules du fer pour prendre, quitter et reprendre les positions nouvelles d'équilibre qui accompagnent l'aiman-

tation. On peut ainsi suivre, en observant avec soin la succession des teintes, les diverses phases de l'aimantation; et en partant par exemple de la teinte bleue (teinte sensible), on aperçoit que cette teinte ne disparaît qu'assez longtemps après que le courant a été interrompu ou que son sens a été changé, et dans ce dernier cas la teinte rouge ne commence à se montrer, pour durer deux à quatre secondes, qu'après que le sens de l'aimantation a été renversé. On voit par là très-clairement que l'aimantation d'une grosse masse de fer, telle que celle qui constitue l'électro-aimant, ne s'établit et ne disparaît pas instantanément avec le courant électrique qui la détermine, et que même les deux aimantations contraires peuvent coexister quelques instants dans le même morceau de fer en se faisant équilibre sans se détruire, ainsi que l'indique la durée de la teinte rouge qui correspond à cet état d'équilibre. Il serait intéressant d'appliquer le phénomène que nous venons de décrire, à suivre dans des fers de diverses dimensions, de diverses formes et de diverses natures, la rapidité avec laquelle s'opèrent les changements de teinte correspondant aux changements d'aimantation. On aurait ainsi un procédé très-délicat pour étudier les variations de constitution moléculaire de ces différents fers; ce qui pourrait peut-être jeter du jour sur cette constitution moléculaire elle-même.

Il me paraît donc bien établi que l'action de l'aimant dans les phénomènes de polarisation rotatoire magnétique ne consiste point à modifier la constitution moléculaire de la substance soumise à cette action. C'est donc évidemment, comme nous l'avons dit, sur l'éther intermoléculaire qu'elle s'exerce. On comprendrait donc que, quelle que soit la nature de cette action, elle dût être d'autant

plus forte que l'éther est plus dense et, en effet, c'est bien chez les substances les plus réfringentes que l'on trouve, avec les circonstances semblables, le plus fort pouvoir rotatoire magnétique; mais il y a de nombreuses et importantes exceptions à cette règle. J'en ai observé moi-même, ainsi que je l'ai déjà dit, une qui est très-remarquable. Ayant dû à l'obligeance de M. Lamy, par l'intermédiaire de M. H. Deville, de posséder une certaine quantité d'alcool thallique, j'ai pu soumettre cette curieuse substance à l'expérience. Or j'ai trouvé que, sous l'influence de l'aimant, elle faisait tourner le plan de polarisation de  $16^\circ$ , tandis que dans les mêmes conditions le sulfure de carbone ne le faisait tourner que de  $8^{\circ 1}$ ; cependant le sulfure de carbone est une des substances qui ont le plus fort coefficient de polarisation.

Le pouvoir rotatoire magnétique de l'alcool thallique serait donc même supérieur à celui du verre pesant de Faraday qui n'est pas le double de celui du sulfure de carbone; par contre du verre de thallium, que M. Lamy avait également eu l'obligeance de m'envoyer, ne faisait dévier, sous l'influence magnétique, le plan de polarisation que de  $6^\circ$ , tandis que dans les mêmes circonstances un morceau de verre pesant de même longueur le faisait dévier de  $8^\circ$ ; il est vrai que le morceau de verre de thallium était légèrement trempé, ce qui devait diminuer son pouvoir.

<sup>1</sup> Pendant l'impression de cette notice, j'ai reçu de M. Lamy une communication dans laquelle il me fait savoir qu'il a déterminé de son côté le pouvoir rotatoire de l'alcool thallique et qu'il l'a trouvé de  $17^\circ$ , celui du sulfure de carbone étant de  $9^\circ$  dans les mêmes circonstances. La différence entre les résultats de nos deux déterminations est bien faible.

Pour en revenir à l'alcool thallique, il est évident que son pouvoir rotatoire magnétique étant double de celui du sulfure de carbone, et son pouvoir réfringent étant seulement légèrement supérieur<sup>1</sup>; on peut en conclure que le pouvoir rotatoire magnétique ne dépend pas uniquement pour une substance donnée, de la densité de l'éther intermoléculaire. Il existe donc quelque autre propriété dans les corps qui peut avoir de l'influence sur ce pouvoir. Or, parmi les propriétés que possède l'alcool thallique, il en est une caractéristique, c'est son énorme densité qui est de 3,55, de sorte qu'il est le plus lourd des liquides après le mercure. Nous voyons également, d'après les recherches de M. Matthiessen, que parmi les nombreuses variétés de verre qu'il a soumises à l'expérience, ce sont en général celles qui ont la densité la plus forte qui ont le pouvoir rotatoire magnétique le plus considérable; plusieurs observateurs ont remarqué qu'il en est de même des différentes espèces de flint. Ainsi donc, indépendamment de la densité de l'éther, celle de la substance elle-même exercerait une influence sur la polarisation rotatoire magnétique.

Voici trois substances où cette double influence se fait sentir d'une manière assez caractéristique: Le chlorure de carbone, quoiqu'ayant une densité plus forte (1,53) que le sulfure de carbone (1,263) a cependant un pouvoir rotatoire magnétique bien moindre, mais aussi son indice de réfraction est de 1,466, au lieu de 1,633, qui est celui du sulfure de carbone. D'un autre côté l'alcool de thallium a un pouvoir rotatoire magnétique double de

<sup>1</sup> D'après M. Lamy, l'indice moyen de réfraction est pour l'alcool thallique 1,677, et celui du sulfure de carbone 1,633, d'après M. Verdet, pour la même raie D.

celui du sulfure de carbone, quoique leurs indices de réfraction diffèrent très-peu ; mais aussi sa densité est de 3,55, tandis que celle du sulfure de carbone est de 1,263.

Il résulte de l'analyse essentiellement expérimentale que nous venons de faire des phénomènes de la polarisation rotatoire magnétique :

1° Que ces phénomènes ne peuvent se manifester qu'autant que l'éther est emprisonné dans un corps pondérable, qu'il y possède un certain état de densité et qu'il y est distribué uniformément, puisqu'ils n'ont pas lieu dans le vide, ni dans les fluides élastiques, ni dans les substances qui ne sont pas optiquement isotropes.

2° Que la constitution moléculaire du corps exerce aussi une influence sur la polarisation rotatoire magnétique, soit indirecte en contribuant avec la nature même des particules, à l'état de l'éther intermoléculaire et en particulier à sa densité, soit directe puisque la densité d'une substance influe, indépendamment de l'état de l'éther qu'elle renferme, sur l'intensité de cette polarisation.

3° Qu'on peut conclure de ce qui précède que l'action du magnétisme ou des courants électriques dans les phénomènes qui nous occupent, a lieu sur l'éther, non directement, mais par l'intermédiaire des particules pondérables, ce qui explique pourquoi, dans des circonstances semblables, plus le corps est dense, c'est-à-dire plus ses particules sont rapprochées, plus il y a de centres d'action sur l'éther et, par conséquent, plus l'effet est considérable ; et pourquoi, suivant la nature des particules, la rotation a lieu dans un sens ou dans l'autre, ainsi que l'a découvert M. Verdet.

Resterait à savoir quelle est la nature de l'action que, sous l'influence du magnétisme, la particule pondérable

exerce sur l'éther ambiant. Mais, pour le savoir, il faudrait déjà bien connaître la nature de l'action que la particule exerce par elle-même sur l'éther *sans* l'influence du magnétisme. Ces deux questions sont en effet intimement liées. Or, il est probable que l'influence de l'aimant consiste essentiellement dans le fait qu'elle détermine un changement dans le mouvement de la lumière polarisée, changement qui, suivant la nature de la particule pondérable, aurait lieu dans un sens ou dans un autre.

Ce n'est du reste que par des expériences multipliées, soit en changeant les conditions optiques du phénomène, soit en opérant sur des corps différents et sur le même corps à différents degrés de densité et dans des conditions physiques variées, qu'on parviendra à lier mieux qu'on n'a pu le faire jusqu'à présent, le phénomène de la polarisation rotatoire magnétique avec les autres phénomènes, soit optiques, soit électro-magnétiques, que présente la physique.

---

**COMPTEUR A ALCOOL**  
DE  
**SIEMENS ET HALSKE**  
A BERLIN.

---

Cet appareil a pour but d'enregistrer à la fois le volume de liquide sortant d'une distillerie et sa richesse alcoolique.

Il se compose de :

- 1° Un alcoomètre,
- 2° Un compteur de volume,
- 3° Un ensemble de dispositions mécaniques destiné à relier les indications des deux premières parties.

Il peut en outre être pourvu d'une sorte d'horloge pour marquer, sur une bande de papier, chaque déversement et le moment auquel il s'est effectué.

1. *L'alcoomètre.* — L'alcoomètre P. (pl. III, fig. 1) est construit de métal très-mince et d'une forme qui se prête facilement à l'expansion. Il est complètement rempli d'alcool d'un degré égal à la moyenne pratique de celui qui doit passer par l'appareil<sup>1</sup>. Cet alcool suivant exactement les variations de température du liquide extérieur, il n'y a pas lieu à correction.

Une condition essentielle au bon fonctionnement de l'alcoomètre, c'est que le liquide dans lequel il plonge soit parfaitement homogène. Dans ce but, ce liquide entre

<sup>1</sup> Le degré de cet alcool intérieur est en réalité un peu plus élevé que la moyenne pour corriger la dilatation des parois du tambour.

d'abord dans un premier réservoir E, où il se divise en couches de plus ou moins grande densité. Le plus lourd passe par le tube *b* et entre dans le réservoir A par en haut, le plus léger suit les conduits *a* et *c* et entre dans ce même réservoir A par en bas. L'écoulement se fait par les tubes en couronne *d* et *e* qui entourent le réservoir A.

Du réservoir A le liquide se rend dans le tambour-compteur B, en passant par les conduits *f, g, h, i*. Il s'établit ainsi deux courants contraires qui tendent toujours à mélanger le liquide dans le milieu de A, c'est-à-dire dans la région où se trouve l'alcoomètre P.

2. *Le tambour-compteur.* — Ce tambour se compose d'un cylindre central D et de trois compartiments, mesurant chacun exactement cinq litres. L'alcool une fois titré par l'alcoomètre se déverse dans le cylindre D. L'agitation qu'il pourrait produire en tombant est amortie par les palettes  $P_1, P_2, P_3$ . De là le liquide coule par une des ouvertures  $r_1, r_2, r_3$  dans le compartiment qui se trouve être à la partie inférieure. A mesure que celui-ci se remplit son centre de gravité se déplace, et le tambour tourne lentement jusqu'à ce que le compartiment I soit complètement plein, et que le liquide commence à couler dans le compartiment II. Le mouvement de rotation continuant, le liquide du compartiment I s'écoule par l'ouverture *s*. Alors le tambour étant allégé d'un côté par le liquide qui se déverse, et recevant de l'autre un surcroît de poids de celui qui entre, tourne rapidement jusqu'à l'entière évacuation du compartiment I. Le même jeu recommence avec le compartiment II, et ainsi de suite.

Le mouvement du tambour se communique aux engrenages que l'on voit dans la figure 2, et est ainsi enregistré par les cadrans qui y correspondent.

3. *Dispositions mécaniques.* — L'alcoomètre qui nage dans le liquide y est suspendu par un ressort Q (fig. 2) fixé en p. L'aiguille S est reliée par un bras articulé T au point de suspension de l'alcoomètre dont elle suit, par conséquent, tous les mouvements. S'il baisse (l'alcool étant léger, c'est-à-dire d'un plus haut degré) l'aiguille se relève, s'il monte (l'alcool étant plus lourd, c'est-à-dire plus faible) l'aiguille s'abaisse.

Vis-à-vis de l'aiguille S se trouve une lame X découpée suivant une certaine courbe et divisée en degrés correspondant aux degrés alcoométriques. Cette échelle est fixée au bras H muni à son extrémité d'une petite roulette v et de six petits ressorts à crochets w. Le tout forme une pièce qui tourne sur le même axe que la roue R sans cependant y être fixée. M est un disque muni de trois entailles profondes; il est soudé sur l'arbre du tambour-compteur et partage son mouvement.

La roulette v et le bras H tendraient par leur poids à descendre, s'ils n'étaient retenus par le disque M sur lequel ils s'appuient. Cependant, dès qu'une des entailles du disque M passe sous la roulette v, celle-ci s'abaisse jusqu'à ce que la lame X vienne buter contre l'aiguille S, puis remonte à sa position primitive.

Le mouvement de rotation du tambour communique ainsi à la pièce X un mouvement angulaire de va-et-vient, qui est réglé par la position de l'aiguille S. Si, en effet, celle-ci est à sa limite supérieure (c'est le cas où le liquide du réservoir A est de l'alcool absolu), la courbe X sera obligée de parcourir un très-grand angle pour arriver à l'aiguille S contre laquelle elle butera au point marqué 100. Si, au contraire, cette aiguille est à sa limite inférieure (cas où il n'y aurait dans le réservoir A que de

l'eau pure) l'aiguille S touchera déjà à l'état de repos l'échelle X au point *o* et celle-ci restera immobile.

Il est facile maintenant de se rendre compte de la marche du compteur à alcool. La pièce HX parcourant des angles toujours proportionnels au degré marqué par la pointe S et, par conséquent, proportionnels au degré de l'alcool, il ne s'agit plus que de lui faire transmettre son mouvement à la roue R et aux engrenages qui en dépendent. A cet effet, les ressorts à crochets *w* et les dents de la roue R sont disposés de telle façon que la pièce HX entraîne cette roue R dans son mouvement à gauche et la laisse immobile pendant son mouvement à droite.

Les quatre cadrans (unités, centaines, milliers et dizaines de mille) recueillent ces indications et donnent en litres la quantité d'alcool pur qui passe par l'appareil.

Cet instrument vient d'être soumis par le gouvernement français à une suite d'expériences très-précises. Les résultats remarquables auxquels elles ont abouti ne laissent plus aucun doute sur l'exactitude et la sûreté de ses indications.

L.

---

## CARLO MATTEUCCI.

---

Encore un ami que nous perdons, un excellent confrère en science, un collaborateur fidèle et zélé de notre Journal. Carlo Matteucci vient de mourir à Ardenza près de Livourne, où il avait été chercher le rétablissement d'une santé très-ébranlée depuis quelque temps. Voilà, dans bien peu de temps, des pertes cruelles et nombreuses que nous sommes appelés à enregistrer pour les sciences; mais ce sont surtout les physiciens que la mort a cruellement décimés : Faraday, Foucault, Brewster, Plucker, Pouillet nous ont été successivement enlevés dans moins d'une année, et Matteucci vient clore aujourd'hui cette liste funèbre.

Quand Volta mourut en 1827, l'Italie perdait en lui l'une des gloires scientifiques les plus pures et les plus complètes qu'elle eût jamais possédées. Mais sa succession ne resta pas longtemps vacante. Une génération nouvelle venait continuer pour l'Italie la tradition brillante qui depuis Galilée jusqu'à Volta n'avait jamais été interrompue. Au milieu de tant de savants physiciens qui surgirent alors, trois noms dominant particulièrement : Nobili, Melloni, Matteucci; déjà en 1835 Nobili était enlevé à la science qu'il avait enrichie et qu'il promettait d'enrichir encore de brillantes découvertes; Melloni, en 1854, terminait aussi avant le temps, une vie qu'il avait honorée par des travaux de premier ordre sur la chaleur; et Matteucci, en 1868, les suivait tous les deux dans la tombe après une carrière un peu plus longue,

mais aussi avant l'âge et dans le plein exercice de toutes ses facultés. Ces trois hommes éminents avaient ceci de commun, qu'ils avaient attaqué en physique les grandes questions, celles où il y avait de l'avenir, au lieu de se borner à marcher dans l'ornière tracée par leurs prédécesseurs. C'est là le caractère des hommes de génie, de ceux qui font vraiment marcher la science, et dont Faraday nous offre, à l'époque actuelle, le type le plus parfait.

Les premiers travaux de Matteucci datent de 1830; c'étaient quelques courtes notices sur divers points relatifs à la chaleur et surtout à l'électricité. Mais, à partir de 1834, il ne tarda pas à entreprendre des recherches considérables qu'il poursuivit avec autant d'ardeur que de succès pendant de longues années, et qui portèrent essentiellement sur deux sujets distincts, savoir : l'électricité que j'appellerai *chimique* et l'électricité *animale*.

Après quelques hésitations dues à l'influence de l'école italienne qui comptait de chauds partisans de la théorie voltaïque du contact, il adopta franchement la théorie chimique et l'appuya de preuves expérimentales d'une grande valeur. Faraday avait découvert qu'un même courant décompose les différents électrolytes placés les uns à la suite des autres sur sa route, dans leurs équivalents chimiques; ce qu'il avait appelé l'action définie de l'électricité. Matteucci, en 1835, montra dans un de ses Mémoires capitaux, que le travail chimique intérieur de la pile est équivalent à son travail extérieur; en construisant des piles formées de plusieurs couples (douze environ) avec des liquides composés, de différentes natures, réagissant les uns sur les autres, il trouva que les produits des décompositions intérieures étaient équivalents à ceux d'un

voltamètre extérieur qui fermait le circuit. Cette généralisation de la découverte de Faraday était très-importante en ce qu'elle prouvait la solidarité complète qui existe entre les effets chimiques qui se passent dans la pile même et ceux qui ont lieu entre les pôles. Plus tard il étudia avec soin le mode de décomposition des composés autres que les binaires, qui étaient les seuls dont Faraday se fût occupé, en particulier des sels et même des mélanges d'électrolytes, et il la trouva toujours soumise à la loi de Faraday. Puis il revint encore en 1844 et 1852 sur la production chimique de l'électricité voltaïque et, en particulier, sur le développement de l'électricité dans diverses combinaisons chimiques non encore étudiées à ce point de vue. Je ne fais qu'indiquer, sans y insister, de nombreuses recherches sur la propagation de l'électricité dans les liquides soit continus, soit séparés en un plus grand nombre de compartiments par des diaphragmes métalliques, sur la conductibilité électrique des liquides eux-mêmes, sur les polarités secondaires, etc.

Pendant que Matteucci étudiait avec une activité remarquable les rapports qui existent entre les actions chimiques et les actions électriques, un autre sujet était également l'objet de ses laborieuses et persévérantes recherches: je veux parler de l'électricité animale. Découverte par Galvani dans la grenouille, cette source d'électricité avait été d'abord l'objet des études et, je dirai, des élucubrations d'un grand nombre de savants. Mais elle avait cessé d'attirer l'attention depuis que Volta avait tiré de l'expérience fondamentale de Galvani des conséquences d'un tout autre ordre, soit par leur nature, soit par leur importance. C'est à Nobili qu'on doit d'avoir, en 1827, repris l'étude de l'électricité animale, en constatant d'une

manière irréfragable l'existence d'un courant électrique dans la grenouille, indépendant de toute cause extérieure. Reprise par Matteucci, l'étude du courant propre de la grenouille l'a conduit à la découverte d'un courant musculaire existant non-seulement chez la grenouille, mais chez tous les animaux. Au moyen d'expériences nombreuses et variées, il a pu découvrir les lois de ce courant, les causes qui en déterminent la direction et en font varier l'intensité, et les divers autres phénomènes physiologiques avec lesquels il est lié. Un savant allemand très-distingué, M. Dubois-Reymond, s'était occupé du même sujet peu de temps après Matteucci et ne s'était pas toujours trouvé d'accord avec lui. Il en était résulté entre les deux savants quelques contestations qui, entre des hommes de ce mérite, ne pouvaient pas subsister longtemps, et qui, en effet, ont pris fin après quelques explications passablement vives.

Parmi les travaux électro-physiologiques de Matteucci, l'un des plus importants est l'analyse expérimentale si complète qu'il a faite de la production de l'électricité dans la torpille. Après avoir démontré que la décharge de la torpille est capable de produire tous les effets de la décharge électrique ordinaire et avoir déterminé la direction constante qu'elle suit, il a cherché à étudier l'influence de toutes les causes, soit extérieures, soit intérieures, qui en modifient l'intensité. Il a en particulier réussi à apprécier le rôle de l'organe électrique dans la production du phénomène dont il a trouvé la source, non pas dans cet organe, quelque important que soit son rôle, mais dans le quatrième lobe du cerveau de l'animal. Cette étude a permis à M. Matteucci de reprendre avec plus de connaissance de cause ses recherches sur l'électricité

animale en général, que la torpille et les autres poissons électriques manifestent sur une échelle énorme. Je ne puis entrer ici dans les détails relatifs à ces recherches, et en particulier parler du phénomène curieux décrit par M. Matteucci sous le nom de *contraction induite*. Je me bornerai à rappeler que le savant physicien italien a publié en 1844, sous le titre de : *Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux*, un volume qui renfermait tous les travaux qu'il avait faits sur ce sujet jusqu'à cette époque, et que plus tard, en 1857, il a complété dans une nouvelle publication, intitulée : *Cours d'électro-physiologie*, ses recherches auxquelles il n'a jamais cessé de faire de nombreuses additions. Bien peu de temps avant sa mort, il publiait encore dans le numéro de juin 1868 des *Annales de Chimie et de Physique*, sous le titre de : *Recherches électro-physiques appliquées à l'électro-physiologie*, les résultats d'expériences nouvelles qui l'avaient conduit à reconnaître qu'il faut tenir plus compte qu'on ne l'avait fait jusqu'alors, des effets purement physiques ou chimiques, dans l'étude de l'électricité physiologique.

Indépendamment des deux vastes sujets, électricité chimique et électricité physiologique, qui avaient été surtout l'objet de ses travaux, Matteucci avait abordé avec succès bien d'autres questions. Sous le titre de : *Cours spécial sur l'induction, le magnétisme de rotation et le diamagnétisme*, il avait réuni, en 1858, les diverses recherches qu'il avait faites sur cette partie de la physique. On y trouve en particulier une analyse expérimentale très-remarquable de la distribution des courants électriques dans le disque de cuivre qui tourne sous l'action de l'aimant (expérience d'Arago), des recherches sur le diamagnétisme et la polarisation rotatoire magnétique dans

leur rapport avec l'état moléculaire des corps, et un examen détaillé des phénomènes que présente l'induction sous ses différentes formes. Il avait également abordé des questions se rattachant à l'électricité statique, et fait en particulier de nombreuses expériences sur la déperdition de l'électricité de tension dans les divers gaz.

Matteucci s'était dernièrement occupé d'une manière suivie de la météorologie et de l'emploi du télégraphe électrique dans l'annonce des orages. Il avait également fait une étude très-soignée des courants électriques terrestres et de l'influence des hauteurs sur leur intensité et leur direction. Ajoutons qu'il était depuis longtemps à la tête de la direction des télégraphes électriques en Italie et de l'Observatoire météorologique.

On peut voir, d'après ce coup d'œil rapide que nous venons de jeter sur les travaux de Matteucci, qu'il avait effectivement abordé, comme nous l'avons dit, la plupart des grandes questions qui se rattachent à l'électricité; nous pouvons ajouter que son nom restera toujours lié avec la découverte des lois de l'électro-chimie et de celles qui régissent les phénomènes électro-physiologiques.

Ses occupations scientifiques ne l'empêchèrent pas de prendre une grande part aux affaires publiques de son pays dont son patriotisme avait salué avec joie le retour à l'indépendance et à la liberté. J'avais eu le plaisir, déjà avant cette époque, de lui faire faire la connaissance du comte de Cavour, qui avait bien vite apprécié en lui un esprit fin et pratique, uni à une modération d'opinions aussi rare que précieuse dans les temps de révolutions. Ministre de l'instruction publique pendant quelque temps, il était resté, en qualité de vice-président du Conseil de l'instruction publique, à la tête, pour ainsi dire, de cette

branche si importante de l'administration italienne. Il avait projeté de grandes réformes dont il avait tracé le plan dans un rapport très-volumineux, aussi remarquable par l'érudition dont il y fait preuve que par les idées nouvelles qu'il y émet. Malheureusement, la plupart de ces réformes sont restées à l'état de projet, et il n'a pu les voir se réaliser.

Avant d'entrer dans la vie publique, Matteucci avait été successivement professeur à Forlì où il était né, à Ravenne et, enfin, à l'université de Pise. Il venait d'accepter, peu de temps avant sa mort, la place de professeur au Musée de Florence, place qui lui aurait permis de se livrer avec un nouveau zèle à ses recherches scientifiques, et en même temps d'y initier un public avide de l'écouter et auquel il avait déjà fait entendre quelquefois sa parole claire, animée et incisive. Il avait été nommé en 1857 Correspondant de l'Académie des Sciences de Paris, et venait d'être placé, au moment de sa mort, sur la liste des candidats pour la place d'Associé étranger. Il est mort à 57 ans, à un âge par conséquent où l'on pouvait espérer encore beaucoup de lui, entouré des soins affectueux d'une compagne dévouée et sympathique qui, par ses rares qualités et l'élévation de ses sentiments, lui avait procuré des années de vrai bonheur et avait contribué par son exemple et ses conseils à tourner ses idées vers un monde meilleur que celui qu'il devait quitter si tôt.

Genève, le 1<sup>er</sup> juillet 1868.

A. DE LA RIVE.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

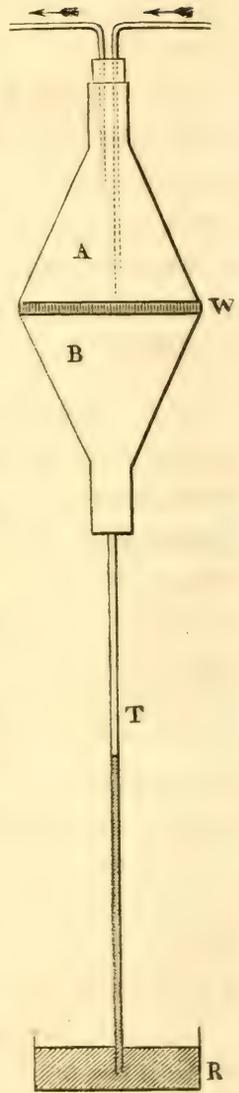
Le Prof. GUTHRIE. — EXPÉRIENCES SUR LA CONDUCTIBILITÉ DES LIQUIDES POUR LA CHALEUR. (*Philosophical magazine*, avril 1868.)

Pour comparer entre eux les pouvoirs conducteurs de liquides différents, ou pour mesurer même approximativement le pouvoir conducteur d'un liquide donné, deux conditions sont signalées comme essentielles : 1° Il faut que la source de chaleur soit placée au-dessus du liquide, de manière à le chauffer de haut en bas. 2° Il faut que le pouvoir conducteur des parois du vase soit extrêmement faible par rapport à la conductibilité du liquide qui y est renfermé. Si l'on n'a pas égard à la première de ces deux conditions, les résultats obtenus pourront être envisagés comme dus en partie au transport direct de la chaleur provenant du déplacement successif des couches liquides ; si l'on néglige la seconde, ces résultats se trouveront compliqués de l'influence de la conductibilité du corps solide, influence dont il est difficile de tenir compte d'une manière satisfaisante.

La figure ci-contre représente l'appareil dont s'est servi M. Guthrie pour comparer et mesurer approximativement les pouvoirs conducteurs de différents liquides. Deux vases ou bouteilles en cuivre, de forme conique A et B, à fonds très-minces et parfaitement unis, sont disposés de manière que leurs surfaces horizontales se trouvent situées à deux ou trois millimètres seulement l'une de l'autre. Le liquide dont on veut éprouver la conductibilité est introduit au moyen d'une pipette dans l'intervalle qui sépare les surfaces des deux vases en W, et y reste immobile par suite de son

adhésion. Dans le goulot de la bouteille A se trouvent disposés deux tubes, semblables aux tubes d'un flacon laveur. La bouteille inférieure B sert de thermomètre à air, au moyen d'un tube T ajusté au goulot inférieur, et qui plonge dans un petit réservoir R contenant de l'eau. En faisant passer à travers le vase A de la vapeur d'eau ou un courant d'eau chaude, l'auteur parvient à réchauffer graduellement la surface inférieure de ce vase, et à la maintenir pendant un temps donné à une température uniforme. Il résulte de cette disposition que, comme d'une part le liquide en W ne peut se réchauffer que de haut en bas, et que d'autre part il n'est pas renfermé entre des parois solides, une dilatation quelconque, accusée par la dépression de la colonne d'eau dans le tube T, ne pourra être attribuée qu'au pouvoir conducteur proprement dit du liquide soumis à l'expérience.

En réponse à l'objection qu'on peut opposer, tirée du rayonnement de chaleur qui doit avoir constamment lieu à travers le liquide, l'auteur fait remarquer que, s'il existe effectivement un rayonnement indépendant de la nature du milieu, ce rayonnement sera représenté par une constante qu'on pourra déduire dans chaque cas de la conductibilité observée, sans qu'il y ait rien de changé à l'ordre relatif des pouvoirs conducteurs. Si, au contraire, il existe un rayonnement spécial pour chaque milieu, l'effet de ce rayonnement pourra être regardé comme compris dans celui du pouvoir conducteur, car le rayonne-



ment d'une molécule à une autre n'est autre chose que la conductibilité proprement dite.

L'auteur indique deux modes différents d'expérimentation : 1° Déterminer le temps requis pour produire une dilatation donnée. 2° Déterminer la dilatation produite dans un temps donné.

Le tableau ci-joint renferme les nombres déduits d'une première série d'expériences qui accusent en millimètres la dépression produite dans le tube T, lorsqu'on maintient le vase A pendant l'espace d'une minute, à une température donnée supérieure à celle de l'air environnant. Il est évident que ces nombres ne représentent qu'une valeur relative. Pour qu'ils eussent une valeur absolue, il serait nécessaire de tenir compte de plusieurs autres circonstances, telles que l'épaisseur de la couche liquide W, la chaleur spécifique des liquides éprouvés, les volumes relatifs du vase B et de son tube, etc.

*Tableau indiquant l'ordre de conductibilité relative des liquides suivants*

Mercure . . . . .	333
Eau . . . . .	270
Huile de térébentine . . . . .	230
Glycérine . . . . .	216
Iodure d'amyle . . . . .	200
Nitrobenzole . . . . .	170
Aniline . . . . .	170

L'auteur se propose de continuer ses recherches en substituant au thermomètre à air une pile thermo-électrique.

---

D<sup>r</sup> A. GAMGEE. — SUR L'ACTION DES NITRITES SUR LE SANG. (Extrait des *Proceedings de la Société Royale de Londres*, du 7 mai 1868.)

1. L'auteur commence par décrire les modifications remar-

quées dans la couleur et dans le spectre du sang par suite de l'action des solutions de nitrites. Le sang artériel acquiert par l'action de nitrites une couleur chocolat. En même temps, les raies du cruor écarlate, soit hématosine oxydée, deviennent très-pâles, et il se produit une nouvelle bande d'absorption qui occupe la même position que celle de l'hématosine acide. Si l'on ajoute de l'ammoniaque à du sang ainsi modifié par l'action d'un nitrite, la couleur vermeille reparait aussitôt, et il se produit un nouveau spectre dans lequel les raies normales du sang deviennent plus apparentes, tout en étant accompagnées d'une bande d'absorption pâle et mal définie qui devient visible dans l'orangé. Il ne paraît pas que cette modification dans les propriétés optiques du sang, provenant de l'action de l'ammoniaque, soit due à une action décomposante des nitrites, puisque le spectre primitif reparait dès qu'on neutralise la solution à laquelle l'ammoniaque a été ajouté. C'est ainsi que, si l'on ajoute du sulfhydrate d'ammoniaque, ou une solution réductrice de fer à une solution sanguine soumise préalablement à l'action d'un nitrite, aussitôt tout signe de son action disparaît, et la solution présente de nouveau le spectre normal de l'hématosine oxydée, lors même qu'on a eu soin d'exclure complètement l'air atmosphérique. On voit donc que l'action continue de la solution réductrice conduit à la réduction de l'hématosine, laquelle, après avoir été agitée dans l'air, fournit de nouveau le spectre normal du sang. Il en résulte que lorsque les nitrites agissent sur la matière colorante du sang, ils ne le décomposent pas, et n'éliminent pas l'oxygène libre qui s'y trouve.

2. L'auteur décrit une série d'expériences desquelles il paraît résulter que le sang soumis à l'action des nitrites perd en grande partie sa faculté d'absorber l'oxygène de l'atmosphère.

3. L'oxyde de carbone a été employé comme réactif pour déterminer si, à la suite de l'action d'un nitrite, l'oxygène

libre de la matière colorante est encore capable d'être éliminé par C O. Dans ce but, du sang rendu artériel par l'agitation à l'air, après avoir été traité par une solution de nitrite, a été mis en contact prolongé avec de l'oxyde de carbone pur. Ce gaz, soumis plus tard à l'analyse, a fourni la preuve que l'oxygène libre de l'hématosine avait été assez fixé pour ne pouvoir être éliminé par l'action de l'oxyde de carbone.

4. L'auteur montre qu'en se servant de l'aspirateur de Sprengel, conformément à la méthode indiquée par ce physicien, les gaz contenus dans le sang peuvent en être chassés par l'ébullition dans le vide pendant 25 à 30 minutes. Etant parvenu par ce procédé à expulser les gaz renfermés dans le sang, soit à l'état normal, soit après qu'il a été exposé à l'action d'un nitrite, il montre que, dans ce dernier cas, la quantité d'oxygène capable d'être dégagé par l'ébullition dans le vide diminue extrêmement, et dans une proportion d'autant plus grande que le sang a été plus longtemps en contact avec le nitrite en question.

5. Quoique le sang soumis à l'action d'un nitrite perde en grande partie sa faculté d'absorber l'oxygène, il n'en conserve pas moins la propriété du sang normal d'ozoniser l'oxygène de l'atmosphère, et réagit de la même manière sur le papier guiac.

6. L'auteur attribue les changements remarquables dans les propriétés optiques du sang à la formation de composés du nitrite employé avec l'hématosine oxydée. Ces composés présentent, sauf dans le cas du nitrite d'argent, la même forme cristalline, la même couleur et le même spectre, quel que soit le nitrite employé. L'auteur décrit le mode de préparation des composés d'hématosine et des nitrites de sodium, de potassium et d'argent, ainsi que les résultats de leur analyse, et montre que la proportion de nitrite qui se combine avec l'hématosine oxydée varie considérablement d'un cas à l'autre.

Le D<sup>r</sup> Gamgee termine son travail par quelques considérations sur les relations qui existent entre les composés de nitrites et d'hématosine décrits ci-dessus avec ceux connus précédemment. Jusqu'à présent, l'on ne s'est occupé que des propriétés de l'hématosine même, et de ses composés O, CO et N<sub>2</sub> O<sub>2</sub>. Ces composés sont tous isomorphes, et paraissent doués de propriétés physiques à peu près analogues. Dans chacun d'eux, l'hématosine débarrassée de son oxygène, c'est-à-dire, l'hématosine réduite, paraît se combiner avec une molécule de O, CO ou N<sub>2</sub> O<sub>2</sub>, la stabilité du composé étant la plus faible dans le cas de O, et la plus forte dans le cas de N<sub>2</sub> O<sub>2</sub>. Tous ces corps, et plus particulièrement le composé O, présentent l'exemple d'une classe de substances qui se trouvent, pour ainsi dire, sur la limite qui sépare l'affinité chimique de l'attraction physique, et auxquelles on a donné le nom de « composés moléculaires. » Ainsi que cela se remarque dans d'autres cas semblables, la composition de ces corps varie extrêmement dans de certaines limites, et paraît soumise à l'influence de circonstances qui sont sans action sur des composés chimiques proprement dits.

---

G. KREBS. VERSUCHE, etc. EXPÉRIENCES SUR DES RETARDS D'ÉBULLITION. (*Pogg. Ann.*, vol. CXXXIII, p. 673.)

Reprenant une partie des belles expériences de M. Dufour sur cette matière, l'auteur s'efforce de perfectionner l'appareil employé par ce physicien, et cela surtout en vue des cours, et d'une facile et prompte démonstration du phénomène. M. Dufour employait, pour y produire l'ébullition, une cornue tubulée en verre, dans laquelle plongeaient deux fils de platine, par lesquels on pouvait faire passer un courant au travers de l'eau, soit pure, soit acidulée que contenait la cornue.

Celle-ci était en outre mise en communication avec une

pompe pneumatique, soit directement par un simple tube de caoutchouc pour les expériences grossières, soit par un tube traversant un réservoir en tôle et se rendant de là à un manomètre et à la pompe pour des expériences plus exactes. Le réservoir sert à protéger la pompe contre des explosions; mais il ne suffit pas, selon M. Krebs, et surtout il n'empêche pas selon lui l'arrivée dans la pompe des vapeurs acides. Il le remplace donc par ce qu'il appelle un vase de communication, et qui n'est autre chose qu'un vase cylindrique en verre, fermé hermétiquement par un couvercle en laiton, dans lequel passent 1° un baromètre, 2° un tube à robinet destiné à être relié avec la cornue: 3° un tube portant une grille à chacune de ses extrémités et rempli de pierre ponce imbibée d'eau de chaux, qui est relié avec la pompe pneumatique. De plus, ce vase plonge dans l'eau froide.

L'appareil étant ainsi disposé, M. Krebs fait bouillir l'eau dans la cornue, et cela à différentes reprises, puis la laisse se refroidir jusqu'à 75°, et établit la communication avec le vase et la pompe, à l'aide de laquelle il fait le vide jusqu'au-dessus de 11 pouces, pression avec laquelle l'eau bout à 75°. Arrivé à ce point, il faut pomper avec beaucoup de précaution, parce que c'est alors que l'eau se met le plus facilement à bouillir. Une fois ce point dépassé il n'en est plus de même, et l'on peut même parfois atteindre le vide le plus grand que la pompe puisse donner, sans que l'ébullition commence, et obtenir ainsi un retard de 30° à 40° dans l'ébullition. Cela étant, celle-ci se produira subitement.

1° Par la production de bulles de gaz, telles que celles qui se formeront sur les fils de platine par le passage du courant (expérience de M. Dufour).

2° Par un ébranlement du liquide, et ici l'auteur a cru observer que c'est toujours le contact du liquide avec les bulles de gaz adhérentes à la partie supérieure de la cornue qui produit l'ébullition.

3° Si l'on chauffe brusquement la cornue en plaçant une lampe dessous ou autrement. L'auteur voit dans ces deux derniers cas l'explication des explosions; celles-ci se produiraient soit par un ébranlement de la chaudière, soit au moment où l'on rallume le feu et où la flamme lèche de nouveau la chaudière.

4° Enfin par une brusque diminution de pression (expérience de M. Dufour). Si, après avoir chauffé l'eau à 90° il fait un vide faible dans l'ensemble de l'appareil, on continue le vide dans le vase seulement et qu'on le mette alors subitement en communication avec la cornue en tournant le robinet, on produit quelquefois l'ébullition. Une forte et subite diminution de pression ne suffit donc pas toujours pour produire l'ébullition, même quand elle est déjà retardée.

E. S.

---

G. VAN DER MENSBRUGGHE. TENSION DES LAMES LIQUIDES MINCES.  
(*Bulletin de l'Acad. royale de Belgique*, tome XXII, 1866,  
et *Pogg. Ann.*, CXXXIII, p. 277.)

Depuis longtemps on avait admis l'existence d'une tension à la surface des liquides; dernièrement, partant de ce point de vue, M. Plateau, à la suite de ses nombreuses expériences sur la matière, avait été amené à conclure que les surfaces polyédrales, telles que celles qu'il a étudiées, sont toujours des minima; depuis M. Lamarle a démontré théoriquement que cette tension était une conséquence nécessaire des attractions moléculaires, et, en dernier lieu, son existence a été rendue manifeste par M. Dupré, qui a montré le premier qu'une semblable lamelle formée sur un cadre, dont un des côtés soit mobile, attire ce côté par le fait précisément de cette tendance à se contracter sous l'action des forces moléculaires. L'auteur s'est proposé de résoudre théoriquement la question suivante: étant donné une lame liquide, mince, en équilibre, déterminer la forme qu'affectera un fil parfaitement souple, inexten-

sible et sans pesanteur, lequel, formant tout ou partie du contour extérieur de cette surface liquide, ne sera sollicité que par la tension existante dans cette surface. Et il a été conduit par le calcul aux propositions suivantes :

1° La tension du fil est en chaque point la même, quelle que soit la disposition de la lame liquide sur laquelle il repose.

2° La courbe que forme un fil parfaitement souple, inextensible et sans pesanteur sous l'action de la tension d'une lamelle liquide en équilibre, a en chaque point le même rayon de courbure.

3° Le rapport entre la tension du fil et son rayon de courbure est constant et égal à la tension de la surface liquide.

Ces résultats ont été vérifiés par l'auteur à l'aide d'expériences fort élégantes. Ayant par exemple produit une lame semblable sur un cadre quadrangulaire, muni d'un fil attaché en deux points de ce cadre, ayant de plus pompé avec du papier Joseph la partie du liquide qui se trouvait dans l'intérieur du fil, il vit celui-ci se tendre et prendre la forme d'un demi-cercle, de manière à ce que la surface qu'il enfermait fût maxima et celle du liquide restant minima. Les deux bouts du fil étant attachés ensemble, il put de la même manière obtenir une lamelle liquide verticale avec un vide parfaitement circulaire en son milieu. Ces deux mêmes expériences, faites sur une surface plane, l'auteur les produisit ensuite sur la surface courbe, appelée caténoïde, que M. Plateau produisait en reliant par une lamelle liquide deux anneaux circulaires de grandeurs différentes, placés droit l'un au-dessus de l'autre, et qui n'est autre qu'une surface de révolution engendrée par une chaînette tournant autour d'un axe vertical.

Ces expériences et d'autres encore fournissent une manière élégante de rendre visible cette tension existante à la surface des liquides, tension que l'auteur est même parvenu à mesurer à l'aide de sa troisième proposition. Il a trouvé, par

exemple, que pour la composition de glycérine employée par M. Plateau, elle est de 3<sup>mlg.</sup> par millimètre carré.

E. S.

G. QUINCKE. CAPILLARITETS-CONSTANTEN, etc. CONSTANTES DE LA CAPILLARITÉ CHEZ LES CORPS SOLIDES. (*Monatsberichte der Königl. Academie der Wissenschaften zu Berlin. Gesamtsitzung vom 27 Februar 1868.*)

On peut expliquer de deux manières les phénomènes capillaires, soit par des forces moléculaires, telles que les attractions qu'exercent les unes sur les autres et à des distances inappréciables les particules de deux corps voisins, soit par la tension qui doit nécessairement exister à la surface d'un liquide, comme dans une membrane tendue, et qui atteint la même valeur partout où le liquide est en contact avec le même corps. Laplace et Poisson sont partis du premier point de vue, Gauss les a combinés tous deux ensemble. Thomas Young, au contraire, a préféré le second, ainsi que MM. Plateau et van der Mensbrugghe, dont les expériences ont jeté un jour nouveau sur la question de la tension existante à la surface des liquides.

D'après Young, les attractions moléculaires ont pour conséquence une augmentation de la densité et partant une tension à la surface des liquides. Or, l'auteur étendant cette manière de voir, arrive à cette conclusion, que *les phénomènes de capillarité ne doivent pas se produire uniquement chez les liquides, mais aussi chez les solides, en tant que ceux-ci ne sont pas absolument rigides, mais se prêtent à des mouvements de leurs dernières particules.* C'est là le point de départ de son travail. D'après lui, cette condensation des molécules à la surface des liquides, et la tension qui en résulte se retrouveraient aussi bien à la surface des corps solides. Cela étant la formule exprimant la ténacité d'un fil de cuivre, par exemple, devrait se composer de deux termes proportionnels, l'un à la

section, l'autre à la périphérie du fil. Or, c'est là ce qu'avait déjà reconnu Karmarsch qui, en mesurant la ténacité de fils métalliques très-divers, en or, acier, fer, melchior, argent, étain, cuivre, platine et zinc, recuits ou non, était arrivé à la formule suivante pour exprimer la ténacité d'un pareil fil.

$$T = a D^2 + b D$$

$D$  étant le diamètre du fil,  $a$  et  $b$  des constantes. Il attribuait ce résultat à l'augmentation de densité à la surface par suite du passage à la filière, ce qui n'est pas justifiable, selon l'auteur, puisque les fils recuits présentent la même propriété, quoiqu'à un degré inférieur.

Soit  $t$  la ténacité d'un fil de  $r^{\text{mm}}$  de rayon donnée en grammes et non plus en livres comme dans les expériences de Karmarsch, on a alors

$$t = \alpha 2 \pi r + \beta \pi r^2$$

dans laquelle

$$\alpha = \frac{b}{\pi} 500 \qquad \beta = a \frac{4}{\pi} 500$$

$\alpha$  et  $\beta$  peuvent facilement se déduire des valeurs de  $a$  et  $b$ , trouvées par Karmarsch. Le tableau suivant donne différentes valeurs ainsi trouvées de  $\alpha$ , savoir de la constante de capillarité des corps solides à la température ordinaire (15°), qui est la mesure de la tension exercée sur  $1^{\text{mm}^2}$  du corps.

Valeurs de la constante de capillarité  $\alpha$  pour différents corps solides :

	Tiré à la filière.	Recuit.
Fer . . . . .	5731 <sup>gr</sup>	1592 <sup>gr</sup>
Platine . . . . .	3025	2388
Cuivre . . . . .	2388	0
Argent . . . . .	2388	478
Or . . . . .	1592	478
Zinc . . . . .	557	—

	Tiré à la filière.	Recuit.
Acier . . . . .	6685	955
Melchior . . . . .	6685	1114
Argent (12 carats)	5253	2547
Or (14 carats) . .	3661	2228
Laiton en fil . . .	2547	1751
Laiton en corde .	1751	637

Ces valeurs sont considérables, comparées à celles qu'on trouve pour les liquides (eau 0<sup>sr</sup>,008, mercure 0<sup>sr</sup>,055), mais Laplace a montré que les constantes de la capillarité doivent croître proportionnellement au carré de la densité, d'ailleurs il est fort possible, d'après M. Quincke, qu'elles subissent un changement brusque lors du changement d'état. L'expérience avait déjà démontré que cette constante augmente dans le cas de l'eau, quand la température s'abaisse, et l'auteur a reconnu le même fait dans le cas du mercure, contrairement à ce qu'avait avancé M. Frankenheim.

Les corps, se comportant à leur surface comme une membrane tendue, ils devront opposer aux actions extérieures une résistance d'autant plus considérable que leur constante  $\alpha$  est plus grande. Et en effet, les expériences de Karmarsch, et celles de Calvert et Johnson ont montré que l'ordre dans lequel les corps se rangent suivant les valeurs d' $\alpha$ , c'est-à-dire suivant leur ténacité, est le même que celui dans lequel ils se suivent pour leur dureté.

L'auteur a constaté qu'on n'obtient aucune augmentation dans la ténacité d'un fil quand on augmente sa périphérie en déformant sa section, cela tient évidemment à ce que, par cette déformation, l'état d'équilibre est rompu à la surface. Il a observé néanmoins une ténacité relativement très-grande dans des feuilles très-minces, formées par dépôt chimique d'argent sur du verre, et ensuite par dépôt de cuivre sur cet argent. Cette feuille double argent et cuivre, ayant été détachée du verre, s'est trouvée concave du côté du cuivre, pro-

blement, suivant l'auteur, parce que, comme l'indique la théorie, la tension était plus grande du côté libre que du côté du verre. Ce serait pour la même raison que la platine, qui a une très-grande constante de capillarité, n'adhère pas au verre quand on le dépose chimiquement à une basse température, mais seulement quand on chauffe de manière à diminuer la tension à la surface.

Suivant M. Quincke, cette même tension capillaire existe également sur la surface de contact de deux corps solides, de là l'adhésion de deux plaques solides, adhésion d'autant plus grande que la couche intermédiaire est plus mince ; de là la ténacité des métaux laminés, qui disparaît dès qu'intervient une formation cristalline ; de là aussi la ténacité plus grande dans les fils étirés que dans les fils recuits, parce qu'à chaque passage dans la filière il se forme une nouvelle couche cylindrique à la surface et que la chaleur du frottement aidant, qui rend les particules plus mobiles, il se produit entre cette couche et la couche inférieure la tension capillaire la plus élevée possible ; de là encore la solidité des corps formés de couches minces concentriques, tels que les os, ou de cellules qui présentent toujours une grande surface capillaire ; de là enfin la déformation de certains corps qui n'ont pas une forme d'équilibre, telle que celle que M. Bøyer a observée dans des règles topographiques de forme prismatique.

L'assimilation des solides aux liquides pour les phénomènes capillaires est justifiée aux yeux de M. Quincke par bien des faits, et entre autres par l'écoulement des solides, tel que l'a réalisé M. Tresca ; seulement toute mesure de ce genre est plus difficile chez les solides par le fait qu'ils ne prennent pas, comme les liquides, une surface d'équilibre.

Après avoir donné les constantes de capillarité de différents corps solides, M. Quincke mesure les constantes de capillarité de ces mêmes corps à l'état de fusion et il déduit cette valeur de  $\alpha$  pour chaque métal du poids des gouttes qui

tombent une à une d'un fil de ce métal, fondant lentement dans une flamme de température aussi basse que possible, ou d'un entonnoir renfermant le métal fondu. En effet, ce poids est :

$$P = \alpha 2 \pi r.$$

Les résultats ainsi obtenus se trouvent dans le tableau suivant qui renferme également en parallèles les valeurs de  $\alpha$  pour l'eau et le mercure, le tout exprimé en milligrammes.

Substances.	Constante de capillarité.	Point de fusion.
Platine . . . . .	169,04 <sup>mgr</sup>	>1600°
Or . . . . .	100,22	1200
Étain . . . . .	59,85	230
Plomb . . . . .	(56,14)	330
Mercure . . . . .	55,21	—40
Argent . . . . .	40,94	1000
Verre . . . . .	18,09	(1100?)
Eau . . . . .	8	0°

La constante  $a$ , par laquelle Poisson désignait la hauteur à laquelle le liquide s'élève contre une paroi qu'il mouille, peut se déduire de  $\alpha$  par la formule :

$$\alpha = \frac{a^2}{2} \sigma$$

dans laquelle  $\sigma$  représente le poids spécifique du liquide rapporté à l'eau. E. S.

### CHIMIE.

D<sup>r</sup> Aug. HORSTMANN. SUR LES RELATIONS ENTRE LE POIDS MOLÉCULAIRE ET LA PESANTEUR SPÉCIFIQUE DES CORPS À L'ÉTAT GAZEUX. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*; Supplementband VI, p. 51.)

La plupart des faits observés confirment une hypothèse

énoncée pour la première fois par Avogadro, savoir que tous les corps gazeux renferment à volume égal le même nombre de molécules sous la même pression et à la même température, ou que les poids moléculaires de tous les corps sont proportionnels à leur densité à l'état gazeux.

Cependant on rencontre plusieurs exceptions à cette loi ; exceptions que l'on peut ranger sous trois chefs différents :

1° Pour un certain nombre de combinaisons, la densité est moindre que ne le voudrait le principe général. L'auteur est disposé à admettre, avec un grand nombre de chimistes, que cette anomalie est due à une décomposition ou dissociation qu'éprouvent ces corps, au moment où ils prennent l'état gazeux <sup>1</sup>, en sorte que la vapeur dont on détermine la densité n'est qu'un mélange des vapeurs des éléments de la combinaison.

2° Pour quelques éléments (phosphore, arsenic), la densité est au contraire trop forte, bien qu'elle paraisse constante entre des limites de température très-éloignées. Pour ces corps, évidemment, il faut modifier la loi d'Avogadro, en admettant que leurs molécules sont formées de quatre atomes, au lieu de l'être de deux, comme dans le cas ordinaire.

3° Enfin il y a des corps pour lesquels la densité de vapeur varie avec la température, et diminue à mesure que celle-ci s'élève, en tendant toutefois à atteindre une limite constante à un degré de chaleur suffisamment éloigné du point d'ébullition. On peut donner deux interprétations différentes de

<sup>1</sup> M. Horstmann néglige ici de rappeler que, dans cette même catégorie, se trouvent même des corps simples (mercure, cadmium) pour lesquels cependant l'hypothèse d'une décomposition n'est plus permise. Cette considération est cependant fort importante, car si l'on est forcé d'admettre que la molécule d'un élément peut être formée tantôt d'un seul atome, tantôt de deux (cas ordinaire), tantôt de quatre, il n'y a aucune raison pour ne pas admettre des différences analogues de constitution moléculaire pour les corps composés. (C. M.)

cette variation. On peut l'attribuer, soit à un changement dans la valeur du coefficient de dilatation de la vapeur de ces corps, soit à un changement dans la constitution moléculaire de cette vapeur, les molécules étant formées d'un groupe d'atomes plus complexe à une basse température et se simplifiant à une température plus élevée.

Il résulte des expériences anciennes de Gay-Lussac et de Cagniard de la Tour, et des recherches plus récentes de MM. Cahours, Bineau, Regnault, etc., que tous les corps volatils présentent cette anomalie, quand on détermine leur densité trop près de leur point d'ébullition, mais en général ces variations ne sont pas très-considérables; elles cessent de se manifester à 30 ou 40 degrés au-dessus du point d'ébullition, et si l'on essaie de tracer graphiquement la courbe des densités, on obtient une courbe constamment concave, se terminant par une droite horizontale. Pour tous les cas de ce genre l'auteur attribue la variation de densité à un changement du coefficient de dilatation, ou plus exactement à ce que, dans le voisinage du point d'ébullition, la distance moyenne des molécules est moindre qu'elle ne devrait l'être d'après les lois de Mariotte et de Gay-Lussac.

Mais il y a certains corps pour lesquels la variation de la densité est beaucoup plus considérable et se manifeste dans une beaucoup plus grande étendue de l'échelle thermométrique. Le tracé graphique des densités conduit à une courbe à double courbure, reliant deux droites horizontales correspondant à deux limites de ces densités. Il faut admettre alors un changement dans la constitution moléculaire de la vapeur, soit qu'il se produise à une certaine température une véritable décomposition chimique comme on a pu le constater pour le bromhydrate d'amylène, soit qu'il se produise simplement un mode différent de groupement des atomes, comme cela semble probable pour l'acide hypoazotique et évident pour le soufre.

C'est précisément par l'étude des variations de densité et

surtout par la forme de la courbe qui les représente que l'on peut reconnaître à laquelle de ces deux causes doivent être attribuées ces variations <sup>1</sup>.

Outre la partie théorique du mémoire de M. Horstmann que nous venons d'analyser, et qui ne présente comme on le voit qu'un résumé de considérations générales énoncées depuis longtemps, et plus ou moins généralement admises, on y trouve les résultats de plusieurs séries d'expériences, qui paraissent avoir été faites avec beaucoup de soin sur les densités de vapeur du sulfure de carbone, de l'éther, de l'eau et de l'acide acétique, dans des conditions très-variées de température et de pression, et qui montrent que pour les trois premiers de ces corps les variations de densité se manifestent dans une étendue de l'échelle thermométrique plus grande qu'on ne l'avait admis. L'auteur s'est particulièrement attaché à se mettre à l'abri d'une objection qui a été quelquefois soulevée contre des expériences analogues, savoir que les vapeurs n'avaient pas été maintenues pendant un temps suffisant aux températures auxquelles on faisait ces déterminations et n'avaient peut-être pas encore atteint toute leur expansion. Dans une de ses expériences sur la densité de vapeur de l'acide acétique, il a montré aussi, en quintuplant les surfaces de contact avec les parois du vase par l'introduc-

<sup>1</sup> Cette distinction peut être fondée en théorie, mais sera souvent difficile à établir dans la pratique, comme le prouve l'étude de la densité de vapeur de l'acide acétique. Si, comme le fait l'auteur, on trace la courbe de ses variations en ne les prenant qu'au delà de 120°, on n'obtient qu'une courbe concave, et l'on sera disposé à n'y voir qu'un changement du coefficient de dilatation qui s'étend seulement sur un intervalle de température plus grand que pour l'eau, l'éther, etc. Mais si l'on tient compte des densités observées à de beaucoup plus basses températures par MM. Bineau, Playfair et Wanklyn, on voit la courbe changer de direction, et l'on pourra admettre, avec ces savants, que ces changements sont dus à une différence dans le mode de constitution de la vapeur. (C. M.)

tion d'un grand nombre de tubes minces de verre dans le réservoir de vapeur, que l'excès de densité de celle-ci n'est point due à une condensation sur ces surfaces.

---

D<sup>r</sup> A. HORSTMANN. SUR LA DENSITÉ DE VAPEUR DU SULFURE D'AMMONIUM. (*Ibidem*, p. 74.)

Il y a encore quelque incertitude sur la densité de vapeur des combinaisons de l'ammoniaque et de l'acide sulfhydrique.

Pour le sulfhydrate acide d'ammoniaque, M. Bineau d'une part<sup>1</sup>, et MM. Deville et Troost de l'autre<sup>2</sup>, s'accordent à trouver une densité de 0,884 à 0,89, d'où il résulte que la formule  $\left. \begin{matrix} AzH^4 \\ H \end{matrix} \right\} S$  correspond à 4 volumes de vapeur, ou en d'autres termes, que, pour former ce sel, le gaz ammoniac et le gaz acide sulfhydrique se combinent à volumes égaux sans condensation.

Mais tandis que, d'après les expériences de M. Bineau<sup>3</sup>, le sulfhydrate neutre  $(AzH^4)^2S$  ne peut subsister qu'à des températures fort inférieures à 0°, qu'à la température ordinaire il se décompose immédiatement en perdant la moitié de son ammoniaque, MM. Deville et Troost admettent l'existence de ce sel à l'état gazeux, même à des températures élevées. Ils ont trouvé pour sa densité 1,26 à 99°,5 et concluent de là que sa formule correspond aussi à 4 volumes de vapeur, ce qui exigerait une densité de 1,18. Ce sel résulterait donc d'une combinaison de 2 volumes d'ammoniaque avec 1 volume d'acide sulfhydrique, avec condensation en 2 volumes.

M. Horstmann a repris l'étude de cette question en déter-

<sup>1</sup> *Annales de Chimie et de Physique*, 2<sup>me</sup> série, tome LXVIII, p. 438.

<sup>2</sup> *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, tome LVI, p. 895.

<sup>3</sup> *Annales de Chimie et de Physique*, 2<sup>me</sup> série, tome LXX, p. 261.

minant la densité de mélanges, faits en diverses proportions, de gaz ammoniac et d'acide sulfhydrique à des températures comprises entre 56 et 86°. Or, dans tous les cas, les nombres obtenus coïncident exactement avec ceux que donne le calcul en admettant un simple mélange.

Il en conclut que dans de telles circonstances l'ammoniac et l'acide sulfhydrique sont incapables de se combiner, quelles que soient leurs proportions relatives.

Évidemment il va, dans sa conclusion, au delà de ce que ses expériences peuvent établir. On peut en conclure seulement que ces deux gaz ne se combinent pas à l'état gazeux, ou se combinent sans condensation comme on l'avait admis avec M. Bineau. La question du volume moléculaire des sels ammoniacaux reste donc toujours à résoudre. C. M.

---

## ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

C. GEGENBAUR. UEBER DIE ENTWICKELUNG, etc. ÉTUDE COMPARÉE SUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA COLONNE VERTÉBRALE CHEZ LE LÉPIDOSTÉE. (*Jenaische Zeitschrift*, Band III, Heft 4, p. 359-420, pl. VII-IX.)

Le Mémoire de M. Gegenbaur n'est point aussi spécial que son titre semble le comporter au premier abord. Son point de départ fut, il est vrai, l'étude d'un jeune Lépidostée long de 18 centimètres et dû à la libéralité de M. L. Agassiz. Mais l'auteur a étendu ses recherches à bien d'autres vertébrés, si bien que son Mémoire renferme en réalité quatre parties : 1° un examen de la colonne vertébrale du Lépidostée; 2° une étude comparée de la gaine de la corde dorsale chez les Ganoïdes; 3° un examen comparatif de la structure de la colonne vertébrale dans la série des vertébrés; 4° une étude des homologues des arceaux inférieurs des vertèbres.

I. Les particularités des différents genres de Ganoïdes se

manifestent dans presque chaque système organique, tellement que les différences génériques chez ces poissons sont bien plus profondes que dans d'autres ordres de vertébrés. La conformation de la colonne vertébrale est à ce point de vue bien digne d'attention. La persistance d'une corde dorsale uniforme chez les Esturgeons rappelle les Cyclostomes, les Chimères et certains Requins; l'Amia et le Polyptère paraissent, pour ce qui concerne la forme des corps des vertèbres, se rapprocher davantage des Sélaciens et plus encore des Téléostéens; enfin le Lépidostée semble plus directement allié à des vertébrés plus élevés dans la série. Cependant ses corps de vertèbres convexo-concaves (*opisthocèles* dans le langage de M. Owen), uniques parmi les poissons, constituent une forme également rare chez les vertébrés supérieurs. Les vertèbres des Salamandres et quelquefois des Chéloniens sont dans ce cas. Mais comme les vertèbres *opisthocèles* n'apparaissent jamais qu'isolément chez les Chéloniens, c'est surtout avec la colonne vertébrale des Salamandres qu'on est porté à comparer celle des Lépidostées.

L'examen du jeune Lépidostée enseigne que la première apparition de la colonne vertébrale consiste en une formation de tissu cartilagineux autour de la gaine élastique de la corde dorsale. Ce tissu paraît former, comme c'est aussi le cas dans le principe chez les Amphibies et les Reptiles, un tube continu, sans aucune trace de division en corps de vertèbres. Tel est du moins l'état que M. Gegenbaur a reconnu exister encore à la partie postérieure du jeune Ganoïde. La formation d'une série de corps vertébraux par une division intervertébrale paraît donc n'être, aussi chez les Ganoïdes, qu'un phénomène secondaire. Cette forme de tube continu est d'ailleurs l'état permanent de la partie de la colonne vertébrale qui chez les adultes est logée dans la nageoire caudale. La modification suivante consiste dans le développement des arceaux supérieurs et, à la région caudale, dans la naissance des arceaux inférieurs. Ces derniers sont com-

plètement distincts des corps vertébraux. Les arceaux supérieurs, croissant à la rencontre l'un de l'autre, amènent la formation du canal rachidien; leur coalescence n'a cependant pas lieu dans toute la longueur de l'animal, mais les deux séries d'arcs restent séparées l'une de l'autre sur la ligne médiane dans la région antérieure. Plus tard l'ossification commence. D'abord une lame osseuse annulaire entoure le milieu de chaque corps vertébral et arrête en ce point la croissance ultérieure du cartilage. Ce dernier ne peut donc plus contribuer à l'augmentation de volume qu'à l'extrémité antérieure et à l'extrémité postérieure du corps de vertèbre. Le cartilage se développant dans les régions intervertébrales comprime la corde dorsale et l'étrangle; au contraire, dans l'intérieur des corps de vertèbres, le tissu cartilagineux étant détruit par la formation des espaces médullaires, la corde n'y subit aucune compression et persiste plus longtemps. La croissance en longueur des corps vertébraux a lieu par le cartilage des deux extrémités; en même temps la lamelle osseuse périphérique s'étend en marchant du milieu vers les deux extrémités de la vertèbre. Mais ces deux extrémités, encore complètement cartilagineuses, sont devenues bien plus épaisses que la région moyenne, et la lame osseuse qui tend à les recouvrir est obligée de s'évaser en forme d'entonnoir, ce qui produit un corps de vertèbre dicone.

M. Gegenbaur trouve la gaine de la corde dorsale des Lépidostées formée de deux couches ou lames dont l'externe est une membrane élastique et dont l'interne est une membrane homogène épaisse et transparente. Une couche élastique plus interne qu'avait admise M. Kölliker par analogie avec les Sélaciens fait entièrement défaut.

Les particularités concernant les rapports de la corde dorsale avec les corps vertébraux sont tout aussi remarquables que celles relatives au mode d'articulation des vertèbres entre elles. Elles sont intimement liées à ces dernières et différencient d'une manière tout aussi évidente qu'elles la colonne ver-

tébrale du Lépidostée de celle des autres poissons. On a dit, il est vrai, qu'il existe des têtes articulaires aux vertèbres de certains poissons téléostéens. M. Stannius mentionne comme étant dans ce cas les *Symbranchus* et les *Cobitis*; du moins chez ces derniers une vertèbre passe-t-elle pour présenter cette conformation. Lorsque M. Gegenbaur reconnut que chez les Amphibies et les Reptiles la tête articulaire des corps vertébraux se forme par le développement intervertébral du cartilage, il pensa pouvoir étendre ce mode de formation à ces poissons. Toutefois l'étude des *Cobitis* lui a montré qu'il n'en est rien. Chez ces poissons le cartilage ne participe en rien à la formation de la prétendue tête articulaire, qui résulte uniquement d'un développement particulier de la lame osseuse. Supposons que la partie antérieure d'un corps vertébral de Téléostéen, au lieu de s'allonger par des anneaux consécutifs et de plus en plus larges de substance osseuse, de manière à produire la cavité conique généralement connue, supposons, dis-je, que cette partie s'épaississe simplement en un large anneau, et nous obtiendrons un corps de vertèbre terminé en avant par une surface convexe. C'est ce qui a lieu chez les *Cobitis*. Au fond ces vertèbres ne s'éloignent en rien d'essentiel du type des Téléostéens, et elles n'ont rien à faire avec les vertèbres opisthocèles des Lépidostées, des Amphibies et des Reptiles.

II. Le nom de gaine de la corde dorsale a reçu des acceptions diverses. M. Gegenbaur l'emploie pour désigner les tuniques de la corde qui, tout en appartenant exclusivement à celle-ci, l'enveloppent dans toute sa longueur, sans jamais s'étendre aux arceaux des vertèbres. Dans ce sens cette désignation s'applique essentiellement à des parties servant de base à la formation des corps vertébraux. Tout ce qui est en dehors de la gaine ainsi caractérisée appartient à la couche *scéléttopoiétique* que les anciens auteurs ont désignée sous le nom de gaine de la corde.

Les deux lamelles que nous avons mentionnées dans la

gaine de la corde chez le Lépidostée se retrouvent avec de légères modifications chez l'Amia et le Polyptère. Elles existent aussi chez l'Esturgeon où la gaine prend une épaisseur extraordinaire, comme cela résulte déjà du beau travail de M. Leydig sur ce sujet. Ce savant a déjà constaté que la lame homogène interne est tapissée en dedans d'une couche de cellules épithéliales. Or, partout où nous rencontrons des membranes homogènes superposées à une couche d'épithélium, nous les considérons comme des formations cuticulaires, c'est-à-dire comme des sécrétions dont l'épithélium est la matrice. M. Gegenbaur n'hésite pas à appliquer ici cette règle et à considérer la couche homogène de la gaine de la corde chez les Ganoïdes comme une membrane cuticulaire. Les Cyclostomes et les Téléostéens nous offrent une structure très-analogue, et même, chez ces derniers, la membrane cuticulaire présente parfois des stries radiales très-fines, dues à des pores en canalicules entièrement comparables à ceux de tant d'autres membranes cuticulaires.

Les Sélaciens, les Holocéphales et les Dipnoï présentent au point de vue de la structure de la gaine de la corde un degré de complication bien autre que les Cyclostomes, les Ganoïdes et les Téléostéens : c'est ce que Joh. Müller et plus tard M. Leydig ont déjà reconnu pour les Sélaciens. Ces savants constatèrent en effet que la gaine de la corde renferme des parties cartilagineuses et d'autres connectives. Ces parties appartiennent bien à la gaine et point à la couche scélettopoiétique, dont elles sont séparées par une membrane élastique découverte par M. Kölliker. Chez les Holocéphales, la corde dorsale est entourée d'une première membrane élastique très-mince, suivie d'une couche fibreuse qui est enveloppée à son tour d'une seconde membrane élastique. La couche fibreuse, vu son épaisseur, forme la partie essentielle de la gaine et peut être considérée comme la base de la colonne vertébrale. En effet, les arceaux supérieurs et infé-

rieurs reposent sur elle sans s'unir entre eux par du cartilage. Dans l'épaisseur de cette couche importante apparaissent les anneaux calcaires bien connus qu'on pourrait être tenté de prendre pour des rudiments de corps vertébraux solides, si leur nombre ne l'emportait pas de beaucoup sur celui des segments vertébraux indiqués par la série des arceaux. Ces anneaux ne sont d'ailleurs point formés par du tissu osseux, mais par un simple dépôt de sels calcaires. Les Dipnoï présentent une structure tout à fait analogue, mais la couche principale de la gaine est formée par un tissu tenant le milieu entre le tissu fibreux et le cartilage.

En somme on voit qu'il existe deux types bien distincts de gaines de la corde dorsale : dans l'un des cas, la gaine est formée par une membrane élastique suivie en dedans d'une membrane cuticulaire ; dans le second cas, nous trouvons sous la membrane élastique un tissu de la famille connective, soit du tissu connectif proprement dit, soit du cartilage. On doit se demander jusqu'à quel point il est possible de paralléliser la membrane cuticulaire de l'un des types avec la membrane connective ou cartilagineuse de l'autre type. Il est évident qu'au premier abord une membrane homogène ne semble point pouvoir être remplacée par une couche cartilagineuse. Il est donc plus sage de prendre comme point de départ de la comparaison les membranes élastiques qui existent dans tous les cas. Mais tantôt il existe deux de ces membranes, tantôt on n'en trouve qu'une seule. Dans le premier cas les membranes élastiques limitent la substance connective de la gaine en dedans et en dehors ; dans le second cas, la membrane unique est en dehors de la couche cuticulaire. On peut donc hésiter à considérer la tunique élastique unique des Ganoïdes, des Téléostéens, etc., comme l'homologue de la tunique externe ou bien de la tunique interne des Sélaciens, des Chimères et des Dipnoï. Pour M. Gegenbaur la première de ces alternatives est seule fondée. Ces deux for-

mes de la gaine de la corde doivent être interprétées, selon lui, de la manière suivante: 1° Dans l'un des cas une couche de cellules sécrète à sa surface externe une membrane homogène (cuticule). Cette couche de cellules provient elle-même des matériaux embryonnaires qui se sont différenciés dans l'origine pour former la corde dorsale et dont une partie seulement a été utilisée pour la formation des cellules caractéristiques de la corde. 2° Dans l'autre cas une couche de cellules, homologue de celle que nous venons de mentionner, sécrète également une substance amorphe. Seulement, dans le premier cas, la sécrétion avait lieu d'un côté seulement de chaque cellule, de manière à produire une cuticule reposant sur un épithélium. tandis que dans le second cas chaque cellule sécrète sur toute sa surface et engendre, par conséquence, une substance intercellulaire. Les cellules, d'abord juxtaposées, sont bientôt séparées par la substance intercellulaire, et il en résulte un tissu qui, selon la forme de ses éléments, peut être appelé tissu connectif ou cartilage. Ces deux types peuvent donc être entièrement parallélisés aux deux formes de développement du tissu osseux: dans l'une on ne trouve point d'éléments cellulaires disséminés dans le tissu qui est perforé de minces canalicules (dentine); dans l'autre, au contraire, les cellules sont disséminées dans la substance intercellulaire (tissu osseux proprement dit).

En résumé, la couche connective de la gaine de la corde chez les Sélaciens doit être comparée chez les Ganoïdes à la couche cuticulaire *plus* la couche de cellules fonctionnant comme matrice de cette dernière. Quant à la membrane élastique interne, c'est la partie la moins constante et la moins importante de la gaine. Elle est due à une simple différenciation de la couche de substance connective avec la surface interne de laquelle elle est toujours intimement unie.

La structure de la gaine de la corde chez les vertébrés

supérieurs ne s'éloigne pas considérablement du type des Ganoïdes. Les deux lamelles se retrouvent chez les Amphibiens. Mais la gaine perd de son importance fonctionnelle. Elle ne constitue plus un appareil de soutien pour toute la vie. Ce rôle passe aux tissus cartilagineux et osseux fournis par la couche scélettopoiétique. Chez les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères, où la corde n'a plus qu'une existence très-passagère, l'importance de la gaine diminue encore davantage et cet organe n'est plus formé que d'une seule lame.

III. M. Gegenbaur passe en revue les modifications de structure et de texture que la colonne vertébrale peut présenter dans la série des vertébrés. Cette revue remarquable présentée déjà d'une manière fort concise par l'auteur ne saurait être analysée ici. Nous nous contenterons de reproduire les remarques qu'elle suggère à M. Gegenbaur.

La multiplicité des centres d'ossification des vertébrés a souvent fait penser que la vertèbre est composée typiquement de plusieurs pièces distinctes. On a insisté sur ce fait que, chez les poissons, les arceaux supérieurs peuvent rester séparés des corps des vertèbres ou les apophyses épineuses des arceaux supérieurs. L'existence des arceaux supérieurs comme pièces distinctes chez les crocodiles, de même que l'ossification propre de ces arceaux chez les Oiseaux et les Mammifères, ont conduit les auteurs à considérer ces parties comme primitivement distinctes. L'ossification des arceaux peut s'étendre jusque dans le corps vertébral, de telle sorte que ce dernier peut résulter ou d'un centre d'ossification propre, ou bien de deux centres d'ossification partant des arceaux, sans parler des disques osseux terminaux (épiphyses), qui apparaissent plus tard. Ce fait a été utilisé pour la comparaison des vertèbres des vertébrés supérieurs avec celles des poissons, chez lesquels les arceaux sont représentés par des cartilages distincts. M. Gegenbaur s'élève contre cette ma-

nière de voir. L'ossification n'est à ses yeux qu'un phénomène d'ordre secondaire dans la question de l'indépendance d'une pièce du squelette. Une partie cartilagineuse du squelette peut s'ossifier par un centre ou par plusieurs, sans que cette circonstance jette aucun jour sur la simplicité ou la multiplicité primitive de cette partie, car une seule et même partie du squelette peut passer à l'état osseux, tantôt à partir d'un seul point, tantôt à partir de plusieurs. Les os longs nous en fournissent un exemple. En effet, chez les mammifères, ils s'ossifient par la diaphyse d'une part, et par les épiphyses d'autre part, et ils peuvent même présenter en outre des noyaux d'ossification accessoires, comme le fémur à ses trochantères et l'humérus à ses tubercules : tandis que chez les Amphibies, les Reptiles et les Oiseaux, l'ossification de l'os tout entier part d'un seul centre, situé dans la diaphyse. Veut-on accorder une importance absolue à ces différents points d'ossification, le fémur d'un oiseau ne pourra plus être considéré comme l'homologue de celui d'un mammifère.

D'ailleurs, en restreignant l'importance des noyaux d'ossification, M. Gegenbaur est loin de vouloir la supprimer entièrement. Dans certains cas il est le premier à en reconnaître la valeur, à savoir dans tous ceux où une pièce du squelette peut être démontrée avoir une origine complexe. Peut-on montrer, par exemple, qu'une pièce primitivement unique du squelette, chez un vertébré supérieur, est représentée par plusieurs pièces distinctes, chez un vertébré inférieur, il vaut la peine d'examiner si les noyaux d'ossification multiples de la pièce correspondent aux pièces multiples du type inférieur. Si cette correspondance peut être démontrée, les centres d'ossification multiple sont comme une dernière trace d'une multiplicité typique de la pièce en question, une indication d'un antique héritage. Des pièces primitivement distinctes perdent graduellement leur indépendance en se sou-

dant dans le cours du développement individuel. Peu à peu leur indépendance disparaît même dans leur première ébauche embryonnaire, et, seule, l'ossification par des centres multiples retrace encore l'indépendance originelle. Le corps de l'atlas en est un exemple.

Mais dans d'autres cas la multiplicité des centres d'ossification n'a qu'une importance morphologique minime. Ce sont des particularités acquises, auxquelles ne correspond rien chez les vertébrés inférieurs.

Pour ce qui concerne les centres d'ossification des vertèbres de mammifères, on peut se demander dans laquelle de ces deux catégories on doit les faire rentrer. Ce serait, d'après M. Gegenbaur, dans la seconde, car partout où il existe une vertèbre primordiale cartilagineuse, même chez les poissons, le corps et les arceaux vertébraux ne constituent pas des pièces distinctes, mais un tout unique.

Dans les cas où il existe des arceaux distincts comme chez les Cyclostomes, quelques Sélaciens, les Chimères et les Dipnoï, de même chez les Esturgeons et beaucoup de poissons osseux, ou bien il n'existe point de corps vertébral cartilagineux du tout, ou bien ce corps est représenté seulement par la gaine de la corde, et n'entre par conséquent pas en considération ici.

IV. On donne le nom d'arceaux inférieurs à des apophyses des vertèbres qui embrassent un canal ventral de la même manière que les arceaux supérieurs en embrassant un dorsal. On les attribue de même que les supérieurs aux vertèbres qui auraient, par conséquent, la propriété de développer deux ordres d'arceaux. Les arceaux inférieurs sont dans la règle restreints à la région caudale de la colonne vertébrale. Cependant on les rencontre aussi, chez certains poissons du moins (Téléostéens), au tronc. On pourrait en conclure, semble-t-il, que ces pièces sont des organes spéciaux nullement comparables aux arcs costaux. Toutefois il est permis

de se demander si les conditions présentées par les Téléostéens suffisent pour juger la valeur morphologique des arceaux chez les autres vertébrés. J. Müller a déjà reconnu que les arceaux des Téléostéens sont quelque chose de tout à fait à part. Ils résultent d'une transformation des apophyses transverses qui portent régulièrement les côtes, et le fait même que ces apophyses puissent se transformer en arceaux inférieurs, les distingue entièrement des apophyses transverses costifères des autres vertébrés, puisque chez ces derniers nous pouvons trouver à une seule et même vertèbre des arceaux inférieurs et des apophyses transverses costifères simultanément. Ces considérations montrent d'ailleurs ce que les arceaux inférieurs ne sont point plutôt que ce qu'ils sont. Dans tous les cas, leur assimilation à des côtes véritables semble au premier abord devoir être éliminée. C'est du moins l'opinion de la majorité des anatomistes. M. Owen représente seul l'opinion opposée.

Dans son ostéologie comparée, M. Owen a distingué aussi les arceaux inférieurs des Reptiles et des Vertébrés supérieurs de ceux des Téléostéens, et il les a envisagés à peu près comme M. Gegenbaur le fait ci-dessous. La marche suivie par l'anatomiste anglais est toutefois bien différente : il voit dans ces pièces des parties et même des parties parfaitement déterminées de côtes. Il décompose l'arc ventral en trois parties qu'il est en réalité possible de distinguer chez la plupart des Vertébrés supérieurs : la partie dorsale qui s'articule avec le vertèbre, est pour lui la *pleurapophyse* (côte osseuse des Mammifères) ; puis vient l'*hémaphyse* (cartilage costal des Mammifères, os sterno-costal des Oiseaux) et, enfin, une pièce impaire médiane l'*hémépîne* (sternum). Mais, comme M. Gegenbaur le fait justement remarquer, M. Owen accorde ici une grande importance à une simple différenciation histologique d'une pièce primitivement unique du squelette cartilagineux, et il oublie que ces différentes parties ne sont point

du tout distinctes dans l'origine. Dans le cas où l'ossification d'une côte ne se restreint pas à la région dorsale de celle-ci, mais s'étend jusqu'au sternum, M. Owen devrait admettre que l'hémapophyse manque et que l'hémépine suit immédiatement la pleurapophyse. Il est évident qu'une telle manière de voir est peu naturelle et tout à fait artificielle. Il ne s'agit ici que de degrés d'évolution divers. D'ailleurs, comment envisager l'état d'une côte *avant* l'ossification, d'après les principes de M. Owen ? Où est à ce moment la pleurapophyse ? où est l'hémapophyse ? Il est vrai que cette distinction paraît devenir plausible dès que l'ossification commence. Mais poursuit-on ce phénomène d'ossification, on doit reconnaître sur quel terrain mouvant s'est placé le théoricien, puisque la pleurapophyse augmente aux dépens de l'hémapophyse. Pour chaque phase de développement, ces deux parties sont en réalité différentes, et si l'ossification atteint enfin le sternum, comme cela arrive pour la première côte de beaucoup de mammifères, l'hémapophyse de jadis a été entièrement absorbée par la pleurapophyse. M. Owen a fort justement reconnu qu'il existe une homotypie entre les arceaux inférieurs des Vertébrés supérieurs et les côtes. Toutefois ce savant réclame pour toute véritable côte une pleurapophyse et une hémapophyse : or, les arceaux inférieurs n'étant composés que d'une seule pièce, le savant anglais imagine de séparer complètement la pleurapophyse de l'hémapophyse dans la région caudale. A ses yeux, les arceaux inférieurs chez les Mammifères, les Reptiles et les Amphibies sont de simples hémapophyses ; quant à la pleurapophyse, il la place à l'extrémité de l'apophyse transverse sans aucune connexion avec son hémapophyse. Comment cette migration a-t-elle lieu ? c'est ce que le savant anatomiste ne s'inquiète guère d'expliquer.

Sans suivre ici M. Gegenbaur dans toutes les considérations sur lesquelles il étaie son appréciation des arceaux inférieurs,

nous passons immédiatement à ses conclusions : A ses yeux, les arceaux inférieurs des vertèbres résultent de la transformation des côtes (et point seulement de celle de leur région inférieure, hémaphyse), chez les Ganoïdes, les Reptiles et les Mammifères; les traces de cette transformation apparaissent déjà chez les Sélaciens. Une valeur toute différente est assignée aux arceaux inférieurs des Téléostéens qui résultent pour M. Gegenbaur de la transformation des mêmes apophyses vertébrales qui servent chez les Ganoïdes à l'attache des côtes. On voit donc chez les Téléostéens les vertèbres revêtir des fonctions qui chez les autres vertébrés appartiennent aux côtes; aussi les côtes disparaissent-elles dans la région caudale chez ces poissons. Tandis que les apophyses dorsales des vertèbres se développent pour enserrer le canal rachidien, il se forme, du côté ventral, un système d'arcs costaux limitant la cavité du corps. Selon la plus ou moins grande extension de cette cavité par rapport à la longueur de la colonne vertébrale, un nombre plus ou moins grand de ces côtes se modifie. Lorsque la cavité du corps ne s'étend pas au delà de la région antérieure de la colonne vertébrale, le reste de celle-ci constitue une région caudale. Les côtes de cette région caudale n'enferment plus qu'un étroit canal contenant seulement les vaisseaux abdominaux et quelquefois en outre les reins (poissons). Dans ce cas elles peuvent se souder entièrement aux vertèbres; elles n'apparaissent plus alors que comme de simples apophyses des vertèbres caudales (Sélaciens); ou bien elles restent distinctes des vertèbres et ne se distinguent des côtes de la région antérieure que par la soudure des deux arcs symétriques en une pièce impaire (Ganoïdes, Reptiles, Mammifères); ou bien, enfin, elles disparaissent complètement dans la région caudale, et elles sont remplacées fonctionnellement par des apophyses nées directement des corps vertébraux (Téléostéens).

E. C.

DOUGLAS. SUR LA SOURCE DE LA FORCE MUSCULAIRE. (*Philosoph. Magaz. and Journal of Science*, vol. 34, page 273, octobre 1867.) — E.-A. PARKES. SUR L'ÉLIMINATION DE L'AZOTE PAR LES REINS ET L'INTESTIN PENDANT LE REPOS ET LE TRAVAIL. (*Proceed. of the royal Society*, XV, p. 339, et XVI, p. 44, 1867.)

Les *Archives* doivent à la plume de M. le professeur Dufour une analyse fort lucide des recherches de MM. Fick et Wislicenus sur l'origine de la force musculaire. Qu'il nous soit permis de rappeler en peu de mots les résultats auxquels ces savants sont arrivés. Leur expérience consista à faire à jeun l'ascension du Faulhorn et à déterminer l'azote excrété par les reins avant, pendant et après l'ascension. Le travail musculaire, réalisé en un temps donné, se composant de plusieurs facteurs connus (hauteur de la montagne, poids du corps, battements du cœur, mouvements respiratoires, etc.), les auteurs déterminent une première somme exprimée en kilogrammètres et correspondant au travail extérieur. Calculant ensuite, d'après l'azote excrété par les reins, la quantité d'albumine ayant dû être décomposée pour fournir le chiffre trouvé d'azote et déterminant en kilogrammètres l'équivalent mécanique de la chaleur de combustion de cette quantité d'albumine, ils arrivent à une seconde somme exprimée en kilogrammètres et correspondant à la décomposition de l'albumine pendant le travail. Rapprochant ces deux chiffres, ils font le raisonnement suivant : Si l'équivalent mécanique de la chaleur de combustion de l'albumine brûlée se trouve moindre que le travail extérieur produit pendant le même temps, il est démontré que ce n'est pas seulement la décomposition des matières albuminoïdes qui peut fournir le travail musculaire. Or c'est précisément là le résultat de cette comparaison, et les auteurs sont obligés de conclure que la

décomposition de l'albumine n'entre que pour une très-petite part dans la production de la force.

MM. Fick et Wislicenus ont imaginé la théorie suivante pour rendre compte de la force musculaire. Ils considèrent la fibre musculaire comme une machine construite à l'aide de substances protéiques. Dans cet appareil, des matières non azotées sont brûlées pour produire de la force, tout comme la machine à vapeur, bien que construite en métal, consume du charbon pour effectuer son travail. Mais, dans la machine à vapeur, il se lie nécessairement à la combustion productrice du travail une autre consommation, savoir l'usure du matériel de construction. Ainsi, dans le muscle, il faut distinguer deux sortes de phénomènes chimiques : d'une part certains de ces phénomènes sont proprement destinés à la production de la force, et ce sont des matières non azotées qui servent à ce but peut-être exclusivement ; d'autre part, le muscle subit inévitablement une usure de son tissu propre, de son matériel de construction, et comme ce dernier est constitué par des matières protéiques, nous rencontrons parmi les produits de cette usure l'urée, c'est-à-dire le corps excrémentiel le plus riche en azote.

Cette théorie inattendue a provoqué naturellement des recherches nouvelles de côtés divers. Déjà les *Archives* ont rendu compte des nouveaux calculs faits par M. Frankland sur les chiffres obtenus par MM. Fick et Wislicenus, calculs qui démontrent une fois de plus que le travail fourni par le système musculaire ne peut pas être la résultante exclusive, ni même principale de la décomposition de la substance azotée des muscles. A Madras, M. Douglas a repris les expériences sur des prisonniers prenant une quantité de nourriture parfaitement déterminée et chimiquement bien analysée. Les chiffres auxquels il arrive sont extrêmement frappants. Admettant par hypothèse (ce qui est certainement fort exagéré) que la totalité des substances protéiques contenues dans la nour-

riture se transforment, sans perte aucune, en un poids égal de substance musculaire, il calcule que la combustion de cette substance devrait produire un travail variant de 146,842 à 143,335 kilogrammètres. L'auteur prend comme base de ce calcul le chiffre de M. Frankland de 1848 kilogrammètres pour un gramme de substance musculaire. Or, le seul travail du cœur et des muscles respiratoires s'élevant déjà à 160,012 kilogrammètres, la combustion des substances protéiques ne fournirait, malgré l'estimation fort exagérée, qu'un travail inférieur de 13,170 à 16,677 kilogrammètres (10 p. 100) au travail réalisé par ces seuls organes.

M. Parkes a fait aussi plusieurs séries d'observations très-concordantes sur deux soldats dans les conditions les plus diverses d'activité et d'alimentation. Si l'on compare entre elles toutes ces séries d'expériences, on arrive au résultat suivant. Pendant une alimentation azotée normale, à l'état de repos complet, on constate une légère augmentation de l'élimination de l'azote comparativement à l'activité moyenne ordinaire. Pendant l'activité musculaire, cette élimination diminue au contraire, aussi bien dans le cas d'une alimentation azotée que non azotée. L'activité cessant, l'élimination de l'azote augmente, faiblement il est vrai, mais d'une manière soutenue. Les individus en expérience, après avoir été nourris quelque temps d'aliments non azotés, ont été remis de nouveau à une alimentation riche en azote. Dans ce cas l'azote de la nourriture n'a point été éliminé en totalité, et M. Parkes a constaté qu'il reste plus d'azote dans le corps après une période d'activité qu'après une période de repos. Il en conclut que l'azote faisait besoin aux organes pour compenser l'afflux insuffisant de cet élément pendant la période précédente.

Ces faits ne paraissent guère pouvoir s'expliquer par les deux théories jusqu'ici formulées de l'origine de la force musculaire. L'ancienne théorie ne peut évidemment se con-

cilier avec elle, car les chiffres obtenus par M. Parkes indiquent le même déficit qu'ont obtenu les autres expérimentateurs. Quant à celle de MM. Fick et Wislicenus, elle ne peut expliquer l'augmentation de l'excrétion d'azote pendant le repos pas plus que sa diminution pendant le travail ou son augmentation immédiatement après. Elle n'explique pas davantage le fait que le corps retient une très-grande quantité d'azote, lorsque, après une nourriture non azotée, on donne de nouveau des aliments protéiques.

Pour M. Parkes la mesure du travail musculaire, au lieu d'être cherchée dans la quantité d'azote éliminée par le muscle, pourrait bien plutôt être trouvée dans celle de l'azote assimilé par lui. L'auteur ne rejette pourtant point d'une manière absolue les conclusions de MM. Fick et Wislicenus sur l'importance des substances non azotées dans la production de la force musculaire. Le travail ayant lieu, suivant lui, dans le moment de l'assimilation de l'azote et point dans celui de son élimination, il lui semble peu probable que la transformation d'une certaine quantité d'albumine du sang en une quantité donnée d'albumine musculaire soit un phénomène chimique suffisant pour rendre compte de l'effet mécanique. Toutefois il imagine que cette transformation détermine dans les substances non azotées des modifications chimiques dont le résultat serait la production de la force musculaire. Cette manière de voir n'est en elle-même pas plus improbable que celle de MM. Fick et Wislicenus. En effet, pourquoi la destruction du muscle entraînerait-elle plutôt que sa formation des changements chimiques dans les substances non azotées ?

En résumé, la théorie de M. Parkes se réduit à ceci : lorsqu'un muscle entre en activité il assimile de l'azote et augmente de volume. Cette assimilation détermine dans les substances non azotées qui entourent les derniers éléments du muscle des modifications qui ont pour dernier résultat la

transformation de chaleur en mouvement. La contraction dure jusqu'au moment où les produits de la transformation chimique entravent le phénomène. Le repos commence, repos pendant lequel ces produits sont éliminés. Le muscle perd alors de l'azote et peut entrer de nouveau en activité sous l'influence d'une nouvelle assimilation.

Cette théorie a du moins, aux yeux de l'auteur, l'avantage sur celle de MM. Fick et Wislicenus de faire comprendre pourquoi le muscle a besoin pour son activité d'une alimentation azotée assez abondante et pourquoi la dépense d'azote augmente avec le travail.

E. C.

---

J. COHNHEIM. UEBER ENTZÜNDUNG, etc. SUR L'INFLAMMATION ET LA SUPPURATION. (*Archiv für pathol. Anat. und Physiol.*, Band XL, Heft 1 und 2, p. 1.)

Les travaux de M. Virchow sur le tissu connectif ont inauguré en histologie une ère nouvelle, dans laquelle tous les auteurs s'accordent à attribuer aux corpuscules étoilés de ce tissu une extrême importance. Peut-être cette importance a-t-elle été exagérée; dans tous les cas, une réaction contre les idées de l'école de M. Virchow commence à se faire sentir. Les corpuscules du pus, sur l'origine desquels les anatomistes ont tant disserté, sont considérés généralement aujourd'hui avec M. Virchow comme résultant d'une multiplication anormalement rapide des cellules étoilées du tissu connectif. Les travaux de M. Cohnheim l'ont conduit cependant à un résultat tout différent. Il s'est assuré que les corpuscules incolores du sang, dont les mouvements amœbéens sont bien connus, jouissent de la propriété de passer au travers de la paroi des capillaires sans déchirure de celle-ci. Ils paraissent se frayer un chemin par la dilatation de stomates de l'épithélium vasculaire ou peut-être même percent-ils activement la paroi. Il est donc permis de se demander s'il n'existe pas

entre les corpuscules incolores du sang et les corpuscules du pus autre chose qu'une simple ressemblance de forme, et s'ils ne sont pas au fond identiques les uns avec les autres. M. Cohnheim se prononce pour l'affirmative et il appuie sa manière de voir sur une expérience ingénieuse. Il imprègne d'une substance colorée les corpuscules amœbéens d'un sac lymphatique chez une grenouille, dont il a mis préalablement la cornée dans un état inflammatoire par une lésion, puis il recherche avec le microscope dans les globules du pus de la cornée des cellules imprégnées de la matière colorante. Il en retrouve là en effet, ce qui semble singulièrement favorable à sa manière de voir. Les globules du pus seraient donc des corpuscules lymphatiques sortis des vaisseaux, sans qu'on puisse prétendre cependant que ces corpuscules ne soient pas susceptibles de se multiplier hors du système circulatoire.

E. C.

---

G. O. SARS. NOGLE BEMERKINGER, etc. QUELQUES REMARQUES SUR LE DÉVELOPPEMENT DES POISSONS MARINS. (*Nyt Mag. for Naturvidenskaberne*, 1866.)

On a cru pendant longtemps que les morues pondent leurs œufs au fond de la mer. M. Sars (fils) a récemment montré que cette opinion est erronée. Ces poissons déposent leurs œufs à la surface de l'eau, où ils flottent pendant toute la durée du développement. Le même savant vient de faire des observations très-semblables sur différentes autres espèces de poissons. Il a constaté, par exemple, que le maquereau (*Scomber scombrus*) pond ses œufs à quelques lieues de la côte et à la surface même des vagues, où l'on rencontre souvent une grande quantité de ces poissons occupés à la ponte. Avec les œufs du maquereau, M. Sars a trouvé ceux de six autres espèces de poissons, dont il a reconnu l'une pour être le grondin (*Trigla gurnardus*). Les œufs du maquereau,

comme ceux de la morue, présentent à leur pôle supérieur une goutte d'huile qui diminue leur poids spécifique au point de leur permettre de flotter à la surface. Cette goutte persiste pendant toute l'évolution, et même après l'éclosion ; elle est reconnaissable dans le sac vitellin du jeune poisson. Les jeunes maquereaux sont reconnaissables à une tache jaune de soufre, placée en arrière de l'œil encore presque dépourvu de pigment.

E. C.



## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS DE JUIN 1868.

- Le 2. tonnerres de 11 h. du matin à 2 h.; les nuages orageux font presque le tour de l'horizon, du Nord par l'Ouest, le sud jusqu'à l'Est; dans la soirée éclairs du côté du sud.
3. de 10  $\frac{1}{2}$  h. à 11  $\frac{1}{2}$  h. du matin quelques coups de tonnerre à l'Est.
5. couronne lunaire dans la soirée.
- 10, il est tombé de la neige sur les Voirons.
- 15 et 16, forte rosée le matin.
- 17, à 10  $\frac{1}{2}$  h. du soir, éclairs du côté de l'Est.
- 18, depuis 9 h. du soir éclairs du côté du SE.
- 19, de 4  $\frac{1}{2}$  h. à 6  $\frac{1}{2}$  h. du soir, éclairs et tonnerres, direction de l'orage de l'Ouest à l'Est; il n'est tombé que quelques gouttes de pluie.
- 20, toute la soirée éclairs dans la partie O. à SE. de l'horizon.
- 21, de 9  $\frac{3}{4}$  h. à 10  $\frac{1}{4}$  h. du matin, halo solaire partiel, se détachant sur le ciel bleu. Éclairs et tonnerres de 5  $\frac{1}{2}$  h. à 6  $\frac{3}{4}$  h. du soir; l'orage passe du SSO. à l'E. au Sud de l'Observatoire, plus tard éclairs à l'Est.
- 22, de 5  $\frac{3}{4}$  h. à 6  $\frac{1}{4}$  h. du matin, on voit très-bien les deux parhélies sur le halo ordinaire.
- 23, tonnerres de 11 h. à 11  $\frac{1}{2}$  h.; l'orage passe du N. au S. à l'O. de l'Observatoire.
- 25, forte rosée le matin.
- 29, hâle très-prononcé toute la journée, le Jura était à peine visible.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 6 à 8 h. matin . . . . .	732,04	Le 1 à 4 h. après-m. . . . .	724,47
11 à 10 h. soir . . . . .	731,34	9 à 4 h. après-m. . . . .	725,25
16 à 8 h. matin . . . . .	732,09	13 à 6 h. soir . . . . .	727,33
20 à 8 h. matin . . . . .	731,15	18 à 6 h. soir . . . . .	727,89
26 à 8 h. matin . . . . .	732,82	23 à 4 h. après-m. . . . .	723,41
30 à 8 h. matin . . . . .	728,30	29 à 4 h. après-m. . . . .	725,60

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.				Tension de la vap.			Fract. de saturation en millimètres.			Pluie ou neige.		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône.		Limnètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	millim.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. des 24 h.	Nomb. d'h.			Mid.	Écart avec la temp. normale.	
1	725,91	0,17	0	+19,78	+4,54	0	+27,9	10,57	+1,49	millim.	330	850	...	...	variable	0,28	14,9	1,7	178	
2	725,53	0,60	0	+18,74	+3,38	+12,4	+23,0	11,60	+2,46	7	550	750	4,2	2	variable	0,71	18,8	5,5	180	
3	725,98	0,20	0	+16,97	+1,49	+13,7	+22,4	11,72	+2,52	105	660	920	3,8	5	SSO.	0,90	18,8	5,3	181	
4	728,56	2,33	0	+16,03	+0,43	+20,0	+20,0	9,58	+0,32	720	830	...	...	NNE.	0,62	18,6	5,0	182		
5	730,24	3,93	0	+17,52	+1,80	+12,1	+22,2	9,67	+0,35	655	830	...	...	N.	0,28	18,5	4,8	184		
6	731,36	5,03	0	+18,98	+3,14	+11,1	+25,0	10,24	+0,86	636	820	...	...	N.	0,07	19,6	5,8	185		
7	729,36	2,98	0	+20,29	+4,33	+12,0	+26,2	10,17	+0,73	581	830	...	...	N.	0,22	...	...	185		
8	726,56	0,13	0	+16,44	+0,36	+14,4	+22,0	9,04	-0,46	668	770	...	...	N.	0,77	20,1	6,0	187		
9	725,71	0,77	0	+9,95	-6,25	+7,3	+13,3	7,66	-1,89	874	1000	13,6	45	NNE.	0,96	18,5	4,3	190		
10	727,04	0,51	0	+10,92	-3,39	+7,5	+15,9	7,80	-1,80	812	970	...	...	NNE.	0,88	18,1	3,8	195		
11	730,11	3,54	0	+12,95	-3,47	+10,0	+16,6	7,34	-2,31	677	910	...	...	NNE.	0,70	17,9	3,5	188		
12	729,63	3,02	0	+14,81	-1,72	+10,2	+19,2	7,46	-2,24	607	750	...	...	NNE.	0,20	17,5	3,0	188		
13	728,22	1,57	0	+15,79	-0,85	+11,2	+19,6	8,23	-1,52	626	710	...	...	NNE.	0,06	17,5	2,9	189		
14	730,33	3,64	0	+16,71	-0,03	+10,7	+22,2	9,66	-0,14	686	810	...	...	N.	0,18	...	...	186		
15	731,14	4,41	0	+18,83	+1,99	+11,4	+25,1	10,89	+1,04	673	850	...	...	N.	0,29	16,8	2,0	183		
16	731,35	4,58	0	+19,44	+2,50	+13,2	+24,7	10,07	+0,18	612	880	...	...	N.	0,00	16,9	2,0	182		
17	730,51	3,69	0	+21,18	+4,14	+12,6	+28,1	9,80	-0,13	542	780	...	...	N.	0,10	17,1	2,1	182		
18	729,27	2,41	0	+21,12	+3,98	+12,5	+28,9	10,60	+0,63	582	760	...	...	N.	0,18	17,8	2,7	182		
19	729,67	2,76	0	+21,76	+4,53	+13,9	+31,1	11,32	+1,31	592	760	...	...	variable	0,47	18,4	3,2	183		
20	730,13	3,18	0	+20,37	+3,05	+15,0	+25,8	10,45	+0,40	598	760	...	...	N.	0,42	16,3	1,0	184		
21	728,39	1,39	0	+22,57	+5,16	+15,2	+20,2	10,63	+0,54	541	320	730	1,4	4 1/4	variable	0,37	...	...	186	
22	725,86	1,18	0	+20,00	+2,50	+14,8	+27,0	11,76	+1,63	685	400	860	...	...	SSO.	0,73	18,1	2,6	187	
23	724,27	2,82	0	+17,80	+0,22	+15,8	+22,6	12,21	+2,04	821	610	900	7,8	8 1/2	SSO.	0,91	15,8	0,2	187	
24	729,39	2,26	0	+14,73	-2,93	+13,3	+19,1	9,35	-0,86	766	580	870	...	...	variable	0,78	13,3	2,4	190	
25	731,52	4,34	0	+17,07	+0,67	+10,2	+22,0	11,04	+0,79	748	590	850	...	...	N.	0,22	15,3	0,5	194	
26	732,04	4,82	0	+20,73	+2,91	+13,5	+26,4	12,80	+2,52	703	480	870	...	...	NNE.	0,18	15,8	0,1	194	
27	730,88	3,61	0	+22,07	+4,17	+15,7	+28,1	13,35	+3,04	678	460	810	...	...	N.	0,18	18,1	2,1	196	
28	728,09	0,78	0	+21,72	+3,75	+15,7	+28,2	10,18	-0,16	542	320	640	...	...	N.	0,13	...	...	198	
29	726,36	0,99	0	+19,62	+1,58	+15,4	+23,7	10,65	+0,28	633	460	660	...	...	NNE.	0,19	19,8	3,6	200	
30	727,33	0,06	0	+19,31	+1,20	+12,5	+24,9	8,87	-1,53	556	340	780	...	...	N.	0,10	19,9	3,6	201	

## MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1868

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	727,83	728,01	727,95	727,74	727,30	727,04	727,26	727,71	727,97
2 <sup>e</sup> " "	730,44	730,64	730,53	730,23	729,71	729,25	729,23	729,58	730,04
3 <sup>e</sup> " "	728,90	728,99	728,82	728,49	728,04	727,68	727,77	728,12	728,52
Mois	729,06	729,21	729,10	728,82	728,35	727,99	728,09	728,47	728,84

<b>Température.</b>									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade	+14,37	+17,55	+18,77	+19,81	+19,89	+19,66	+18,35	+16,54	+15,13
2 <sup>e</sup> " "	+14,20	+17,52	+19,77	+21,62	+23,09	+23,26	+21,25	+19,61	+17,18
3 <sup>e</sup> " "	+16,62	+19,49	+21,26	+22,87	+23,42	+23,62	+22,25	+19,89	+18,51
Mois	+15,06	+18,19	+19,93	+21,43	+22,13	+22,18	+20,62	+18,68	+16,94

<b>Tension de la vapeur.</b>									
	mm								
1 <sup>re</sup> décade	9,99	10,34	9,98	9,52	9,42	10,04	9,84	9,95	9,54
2 <sup>e</sup> " "	9,59	9,74	9,53	9,53	9,48	9,11	9,73	9,88	10,02
3 <sup>e</sup> " "	11,22	11,40	11,38	10,77	10,64	10,47	11,39	11,53	11,32
Mois	10,27	10,49	10,30	9,94	9,85	9,87	10,32	10,45	10,29

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	816	691	615	559	562	610	642	717	753
2 <sup>e</sup> " "	796	646	551	494	451	434	512	575	681
3 <sup>e</sup> " "	797	675	603	523	513	493	577	671	718
Mois	803	671	590	525	509	512	577	654	717

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Linnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1 <sup>re</sup> décade	+11,77	+21,79	0,57	18,43	18,6	184,7
2 <sup>e</sup> " "	+12,07	+24,13	0,23	17,35	9,0	184,7
3 <sup>e</sup> " "	+14,21	+25,12	0,38	17,01	9,2	193,3
Mois	+12,68	+23,68	0,40	17,62	27,8	187,6

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,98 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 3<sup>e</sup>,4 E., et son intensité est égale à 74,8 sur 100.

TABLEAU  
DES  
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES  
FAITES AU SAINT-BERNARD  
pendant  
LE MOIS DE JUIN 1868.

---

- Le 1<sup>er</sup>, à 8 h. 40 m. du soir un fort coup de tonnerre.  
 2, brouillard depuis 8 h. du soir.  
 3, id. toute la journée.  
 4, id. jusqu'à 8 h. du soir.  
 5, id. jusqu'à 10 h. du matin et à 8 h. du soir.  
 8, id. tout le jour.  
 9, id. jusqu'à 10 heures; la neige tombée depuis midi a été emportée par le vent.  
 10, id. toute la journée.  
 11, id. id.  
 12, id. à peu près tout le jour.  
 13, id. depuis 8 h. du soir.  
 15, id. depuis 10 h. du soir.  
 17, la glace a disparu sur le lac.  
 18, entre midi et 1 heure, tonnerre du côté du nord-est.  
 19, brouillard depuis 2 heures de l'après-midi à 8 heures du soir.  
 22, id. depuis 8 heures du soir.  
 23, id. tout le jour.  
 24, id. id. : la neige a fondu en tombant.  
 26, id. depuis 4 heures du soir.  
 27, id. id.  
 28, id. à 6 heures du matin.  
 29, id. à 6 heures du matin et depuis 8 heures du soir.  
 30, id. depuis 6 heures du soir.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM	MINIMUM.
mm	mm
Le 6 à 10 h. soir..... 572,14	Le 3 à 6 h. matin..... 565,60
19 à 6 h. et 8 h. soir,..... 573,10	9 à 10 h. soir..... 560,21
26 à 10 h. soir..... 573,71	24 à 6 h. matin..... 565,65
30 à 6 h. matin..... 568,91	29 à 6 h. soir..... 567,76

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.				Vent dominant	Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
1	568,04	+ 2,79	567,38	568,48	+ 6,52	+ 4,08	+ 4,6	+ 10,1	.....	.....	.....	NE.	0,67	
2	566,84	+ 1,49	566,26	567,41	+ 6,61	+ 4,05	+ 4,0	+ 10,3	.....	19,2	7	NE.	0,66	
3	565,94	+ 0,49	565,60	566,17	+ 3,09	+ 0,41	+ 2,4	+ 4,7	.....	.....	.....	NE.	1,00	
4	567,26	+ 1,71	565,92	568,39	+ 2,79	+ 0,01	+ 2,0	+ 4,3	.....	12,0	7	NE.	0,89	
5	569,24	+ 3,58	568,29	570,09	+ 4,04	+ 1,12	+ 1,0	+ 7,1	.....	.....	.....	NE.	0,64	
6	571,53	+ 5,77	570,60	572,14	+ 6,62	+ 4,58	+ 4,4	+ 11,2	.....	.....	.....	NE.	0,17	
7	570,44	+ 4,28	569,45	571,21	+ 7,37	+ 4,21	+ 5,5	+ 10,5	.....	.....	.....	NE.	0,17	
8	565,93	+ 0,02	564,74	567,51	+ 4,22	+ 0,95	+ 1,5	+ 6,9	.....	8,0	4	NE.	0,96	
9	561,36	+ 4,69	560,21	562,89	+ 3,05	+ 6,43	+ 6,0	+ 0,3	.....	.....	.....	NE.	1,00	
10	563,39	+ 2,76	561,43	564,42	+ 0,78	+ 4,27	+ 2,7	+ 3,0	70	16,0	14	NE.	0,95	
11	566,28	+ 0,03	564,95	567,22	+ 0,98	+ 4,57	+ 3,1	+ 2,3	.....	.....	.....	NE.	1,00	
12	567,01	+ 0,67	566,58	567,30	+ 0,47	+ 4,17	+ 2,7	+ 2,9	.....	.....	.....	NE.	0,96	
13	567,44	+ 0,71	566,50	567,72	+ 4,12	+ 0,31	+ 0,5	+ 6,7	.....	.....	.....	NE.	0,54	
14	569,85	+ 3,33	568,37	570,80	+ 5,33	+ 1,42	+ 2,1	+ 8,9	.....	1,3	2	cabine	0,69	
15	571,56	+ 4,95	570,88	572,08	+ 7,27	+ 3,26	+ 4,6	+ 10,2	.....	.....	.....	NE.	0,36	
16	572,02	+ 5,32	571,78	572,35	+ 8,14	+ 4,03	+ 5,5	+ 10,9	.....	.....	.....	NE.	0,12	
17	572,16	+ 5,37	572,10	572,32	+ 8,97	+ 4,76	+ 7,3	+ 12,3	.....	.....	.....	NE.	0,33	
18	572,12	+ 5,24	571,70	572,66	+ 10,05	+ 5,75	+ 6,7	+ 13,0	.....	.....	.....	NE.	0,44	
19	572,42	+ 5,45	571,96	573,10	+ 8,23	+ 3,84	+ 5,0	+ 12,7	.....	.....	.....	NE.	0,38	
20	572,10	+ 5,05	571,94	572,41	+ 7,84	+ 3,36	+ 6,5	+ 11,1	.....	1,2	1	NE.	0,54	
21	570,57	+ 3,44	570,00	571,19	+ 8,24	+ 3,67	+ 6,0	+ 10,4	.....	15,1	7	variable	0,78	
22	568,16	+ 0,95	567,90	568,82	+ 7,71	+ 3,05	+ 5,3	+ 10,4	.....	2,1	2	SO.	0,69	
23	566,58	+ 0,71	565,92	567,14	+ 5,71	+ 0,97	+ 5,6	+ 7,5	.....	8,5	7	SO.	0,94	
24	567,43	+ 0,24	565,65	568,78	+ 8,81	+ 4,01	+ 0,1	+ 3,5	.....	17,6	8	NE.	1,00	
25	571,25	+ 3,80	569,46	572,60	+ 8,52	+ 3,62	+ 3,5	+ 12,4	.....	.....	.....	variable	0,28	
26	573,05	+ 5,53	572,59	573,71	+ 9,89	+ 4,92	+ 7,1	+ 13,5	.....	.....	.....	NE.	0,50	
27	572,62	+ 5,03	572,45	572,86	+ 10,17	+ 5,12	+ 8,4	+ 13,1	.....	.....	.....	NE.	0,62	
28	569,92	+ 2,26	569,39	570,77	+ 8,65	+ 3,53	+ 6,4	+ 12,1	.....	.....	.....	NE.	0,61	
29	567,93	+ 0,20	567,76	568,44	+ 7,90	+ 2,71	+ 7,0	+ 10,2	.....	.....	.....	NE.	0,69	
30	568,05	+ 0,25	567,81	568,91	+ 7,37	+ 2,11	+ 4,9	+ 9,8	.....	.....	.....	NE.	0,48	

\* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 40 heures du soir, le thermomètre étant tenu hors de service.

## MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm								
1 <sup>re</sup> décade	566,93	567,12	567,24	567,23	567,02	566,83	566,76	566,92	567,02
2 <sup>e</sup> " "	569,70	570,07	570,24	570,32	570,34	570,43	570,50	570,58	570,61
3 <sup>e</sup> " "	569,50	569,48	569,52	569,63	569,33	569,34	569,49	569,63	569,76
Mois	568,71	568,89	569,00	569,07	568,97	568,93	568,92	569,03	569,13

### Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade	+ 2,64	+ 4,47	+ 5,59	+ 6,31	+ 6,27	+ 5,81	+ 4,17	+ 2,93	+ 2,40
2 <sup>e</sup> " "	+ 3,54	+ 6,15	+ 7,83	+ 8,32	+ 8,34	+ 8,10	+ 6,43	+ 5,10	+ 4,88
3 <sup>e</sup> " "	+ 6,32	+ 8,30	+ 9,45	+ 9,70	+ 9,54	+ 9,06	+ 7,77	+ 6,85	+ 6,51
Mois	+ 4,17	+ 6,31	+ 7,62	+ 8,11	+ 8,05	+ 7,66	+ 6,12	+ 4,97	+ 4,60

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	+ 1,67 <sup>0</sup>	+ 6,78 <sup>0</sup>	0,71	55,2 <sup>mm</sup>	70 <sup>mm</sup>
2 <sup>e</sup> " "	+ 3,14	+ 9,10	0,58	2,5	—
3 <sup>e</sup> " "	+ 5,43	+ 10,59	0,66	43,3	—
Mois	+ 3,41	+ 8,82	0,65	101,0	70

Dans ce mois, l'air a été calme 31 fois sur 100.

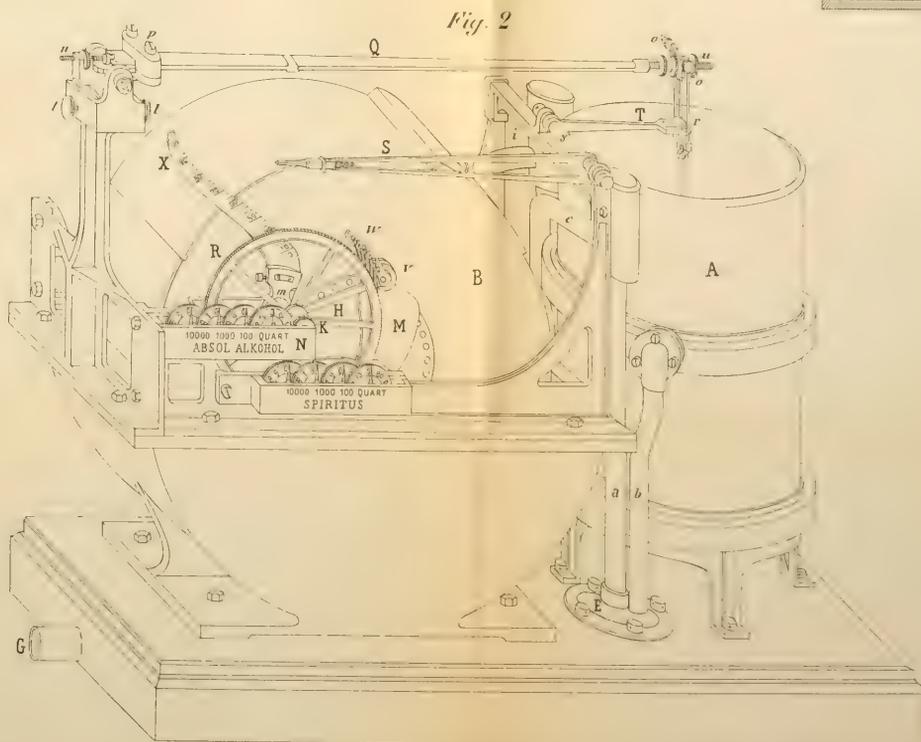
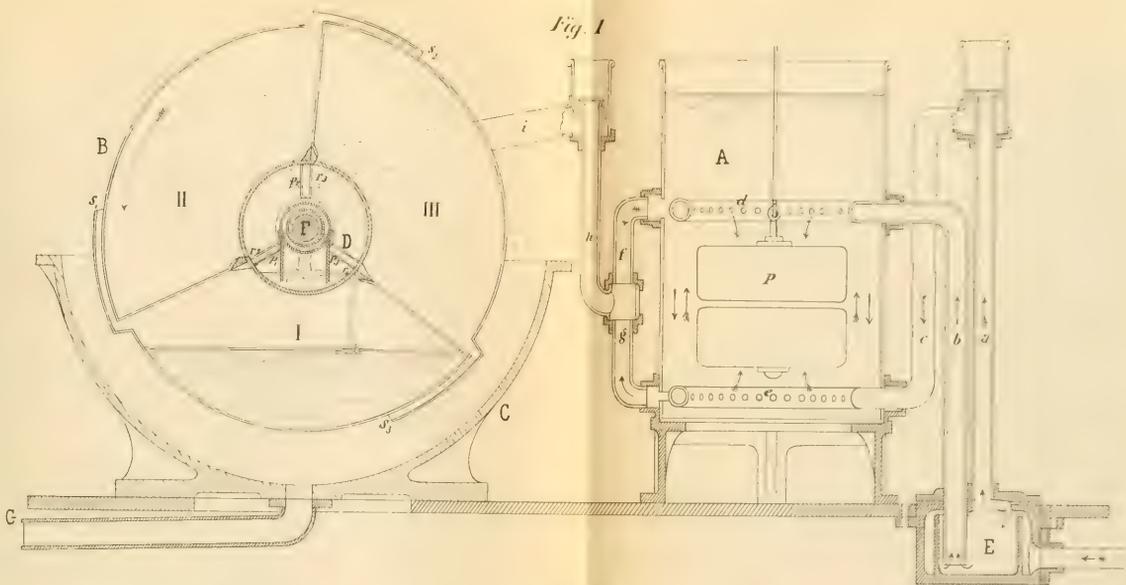
Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 8,57 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 58,9 sur 100.

\* Voir la note du tableau



COMPTEUR A ALCOOL de Siemens & Halske à Berlin





SUR LA  
POLARISATION DE LA CHALEUR DE 100° C.

ET

SUR LE MOUVEMENT QUI ACCOMPAGNE

LA PROPAGATION DE LA CHALEUR PAR CONDUCTIBILITÉ

PAR

**M. G. MAGNUS** <sup>1</sup>

(TRADUCTION.)

---

On s'est fait aux différentes époques les idées les plus diverses sur la nature de la chaleur. Les anciens rapportaient tous les phénomènes calorifiques au feu, qu'ils considéraient comme un élément. Mais, bientôt après la renaissance des sciences, on voit naître une opinion d'après laquelle la chaleur ne serait autre chose qu'un mouvement. Comme l'on peut s'y attendre à cette époque, ces conceptions sont du reste très-obscurcs, voir même presque puériles. C'est ainsi que *Bacon* par exemple dit <sup>2</sup>, que la chaleur doit être un mouvement, comme le fait supposer l'agitation incessante d'une flamme et d'un liquide en ébullition, ainsi que le développement de chaleur qui résulte des mouvements d'un soufflet et du vent.

<sup>1</sup> Nous reproduisons in extenso le Mémoire de M. Magnus, lequel perdrait par trop dans une analyse brève et nécessairement incomplète. On trouve dans ce travail une preuve de plus de la perfection et de l'exactitude qu'apporte dans les moindres détails de son expérimentation cet illustre physicien, dont l'autorité est si grande dans ces matières. E. S.

<sup>2</sup> *Novum organum Vindemiatio prima: de forma calidi.* Works, vol. IV, p. 325. London, 1778.

Mais on ne peut plus adresser ce reproche de vague aux vues si remarquables que *Newton* émet sur la nature de la chaleur. Dans le troisième livre de son optique, où il traite de l'expérience de *Grimaldi*, il dit avoir été interrompu dans l'étude de cette question, et ne pas pouvoir la reprendre, de sorte qu'il se borne à poser certaines questions qui puissent plus tard servir de jalons à d'autres physiciens.

La V<sup>me</sup> question est de savoir si les corps et la lumière n'exercent pas les uns sur l'autre une action réciproque : les corps sur la lumière en tant qu'ils l'émettent, la réfléchissent, la dispersent et la réfractent, et réciproquement la lumière sur les corps en tant qu'elle les chauffe et excite en eux un mouvement vibratoire de leurs parties, qui serait la chaleur.

Dans la question VIII il demande si tous les corps n'ont pas la propriété d'émettre de la lumière, lorsqu'on les chauffe au-dessus d'un certain degré, et si cette émission de lumière n'est pas produite par un mouvement de leurs parties; dans la question XII, si les rayons lumineux arrivant au fond de l'œil ne produisent pas dans la rétine des vibrations déterminées, lesquelles, se propageant de là au travers des tissus solides du nerf optique jusqu'au cerveau, y produiraient l'impression de la vue; et dans la question XVIII, si la couleur extérieure ne se propage pas au moyen des vibrations d'un médium qui serait beaucoup plus subtil que l'air, et qui demeurerait dans le vide barométrique après l'expulsion de l'air. Il demande aussi si ce ne serait pas par ce médium lui-même que la lumière est réfractée et réfléchie, et si ce n'est pas par le fait de ses vibrations que la lumière amène la chaleur avec elle dans les corps, et qu'elle acquiert la plus ou

moins grande facilité avec laquelle elle est réfléchie ou transmise par ces mêmes corps ? Et si ce n'est pas également par l'intermédiaire de ces vibrations que les corps plus chauds transmettent leur chaleur aux corps plus froids avec lesquels ils sont en contact. Ce médium serait, suivant lui, infiniment plus subtil et en même temps beaucoup plus mobile et plus élastique que l'air, de manière à pénétrer facilement tous les corps et à se répandre dans l'univers tout entier, grâce à son élasticité.

Les points principaux de la théorie moderne des ondulations se trouvent déjà en germe, comme on le voit, dans ces diverses propositions ; et il y a lieu de s'étonner après cela que *Newton* lui ait préféré la théorie de l'émission, et qu'il ait laissé à son compatriote *Thomas Young* l'honneur de reprendre au commencement de ce siècle la théorie des ondulations de *Huygens* après une nouvelle étude de l'expérience de *Grimaldi*. Et encore les efforts de *Young* n'eussent probablement pas réussi à faire généralement admettre cette théorie, si la découverte de la polarisation de la lumière ne fût venue à propos pour fournir à *Fresnel* la base sur laquelle ses admirables travaux établirent hors de toute espèce de doute le mouvement ondulatoire de la lumière.

Les vues émises par *Newton* dans les différentes propositions que nous venons de rapporter trouvèrent encore moins leur application dans l'étude de la chaleur que dans celle de la lumière. La conception obscure du phlogiston avait égaré les esprits et sollicité les recherches les plus étranges sur la nature de la chaleur. Plus tard, lorsqu'avec *Lavoisier* la nouvelle chimie fut née et eut grandi, on fut conduit de la notion de la chaleur spécifique et de la chaleur latente à celle d'une véritable combinaison chi-

mique des corps avec le calorique jouant le rôle de corps simple; et, malgré les doutes qu'une pareille théorie éveillait dans un grand nombre d'esprits, elle subsista jusqu'à nos jours. Ce fut seulement après que les travaux de *Melloni* eurent démontré l'analogie existante entre les rayons lumineux et calorifiques, et après que *M. Forbes* eut reconnu que les rayons calorifiques peuvent être polarisés exactement comme les rayons lumineux, que l'on fut amené à admettre que chaleur et lumière se propagent toutes deux de la même manière. Cette opinion a trouvé une nouvelle confirmation dans la découverte de l'interférence des rayons calorifiques faite tout dernièrement par *M. Knoblauch*. Néanmoins l'analogie en question entre la propagation de la lumière et celle de la chaleur ne s'étend qu'au rayonnement; pour ce qui est de la conductibilité, aussi bien que pour ce qui est de la chaleur latente et de la chaleur spécifique, elles n'ont pas leur correspondant pour la lumière.

L'on n'en est pas moins nécessairement amené à admettre que la conductibilité elle aussi consiste essentiellement en un mouvement. Quant à la nature du mouvement qui s'accomplit ainsi dans l'intérieur des corps, on a fait à son sujet les hypothèses les plus diverses qui toutes manquent d'une base sûre, car jusqu'à présent il n'a été fait aucune observation de laquelle on puisse déduire ce qui se passe dans l'intérieur des corps athermanes. Les expériences, que je vais exposer ici, sont peut-être propres à jeter un peu de jour sur cette question.

*Marche suivie dans cette recherche.*

Dans un Mémoire sur la polarisation de la chaleur rayonnante et son passage à travers des plaques parallèles<sup>1</sup>, j'ai montré que la chaleur, émise sous un angle quelconque par une plaque de platine polie chauffée au rouge, ne provient qu'en partie de sa surface et pour le reste de son intérieur. J'avais déduit ce fait de la polarisation des rayons calorifiques émanants de cette plaque. Car comme la position du plan de polarisation par rapport au plan d'émission est la même que celle du plan de polarisation de la lumière réfractée par rapport au plan de réfraction, on est amené à conclure que la portion de la chaleur émise qui se trouve polarisée l'a été par réfraction. Mais pour qu'il puisse y avoir réfraction, il faut que les rayons de chaleur émanent de l'intérieur de la plaque. De plus, comme cette polarisation s'accomplit d'après les mêmes lois que celle de la lumière, on est aussi amené à conclure que la propagation de la chaleur dans l'intérieur s'accomplit de la même manière que celle de la lumière, c'est-à-dire par des vibrations transversales. Dans ce premier Mémoire j'avais déjà émis l'opinion que la conductibilité calorifique reposait elle aussi sur un mouvement de cette espèce. Cependant cette opinion ne reposait que sur ce fait que le mouvement, que l'on appelle chaleur, ne peut pas être de deux espèces et que, si la chaleur se propage dans l'air, le vide, ou une substance diathermane quelconque au moyen de vibrations transversales, elle doit se propager dans les corps non diathermanes, c'est-à-dire se propager par conductibilité de la même manière.

<sup>1</sup> *Pogg. Ann.*, vol. CXXVII, p. 600.

Mais c'était là une simple hypothèse, car l'on ne pouvait point encore être sûr que ce ne fût pas seulement la chaleur lumineuse qui pût être polarisée. En revanche, si l'on pouvait prouver que la chaleur émise par des corps à une température quelconque, entre autre à une température tout à fait basse et sous un angle quelconque aussi, subit également une polarisation partielle, on aurait prouvé du même coup que la chaleur émise par des corps obscurs provient en partie de leur intérieur et se propage par des vibrations transversales. Et ainsi cette hypothèse se trouverait justifiée, à ce que je crois, que la conductibilité de la chaleur, ou sa propagation dans des corps athermanes, s'accomplit aussi par des vibrations transversales.

Déjà, il est vrai, MM. La Provostaye et Desains ont annoncé<sup>1</sup> qu'ils avaient obtenu de la chaleur polarisée dans le faisceau émis par une plaque de platine, dont la température était au-dessous du rouge. Mais ils ont exécuté leurs expériences avec du platine platiné à des températures comprises entre 330° et 360° C., avec lequel ils auraient obtenu, à ce qu'ils disent, une polarisation très-prononcée quoique inférieure à celle que l'on obtient avec du platine poli. Dans les expériences dont il a été question plus haut, sur des plaques de platine chauffées au rouge, j'ai reconnu qu'elles n'émettent point de rayons polarisés dans le cas où elles sont entièrement platinées. Les plaques employées par MM. La Provostaye et Desains ne devaient donc pas être entièrement platinées. Ces messieurs ne cherchent point d'ailleurs à expliquer la polarisation de la chaleur émise par ces plaques; et il est clair qu'ayant opéré avec des surfaces dépolies, ils ne pouvaient

<sup>1</sup> *Ann. de Chimie*, III, série 28<sup>me</sup>, p. 252.

conclure que cette polarisation fût produite par une réfraction des rayons venant de l'intérieur. Par la même raison leurs expériences, quelque intéressantes qu'elles fussent en elles-mêmes, ne pouvaient jeter aucun jour sur la question qui nous occupe. Il était donc opportun d'entreprendre de nouvelles expériences, pour déterminer si la chaleur émise par des corps à une température basse, par exemple de 100° C. environ est aussi polarisée.

Les procédés employés jusqu'ici, pour étudier la polarisation de la chaleur, reposent sur le passage dans des cristaux biréfringents, ou dans une colonne de lames de mica. Or ils ne pouvaient ni l'un ni l'autre être employés ici, car on eut arrêté par là les rayons de chaleur obscure. Il n'y avait donc pas d'autre ressource que d'employer la réflexion comme moyen d'analyse, et encore fallait-il apporter diverses précautions dans l'emploi de ce procédé, puisqu'il n'y a qu'une petite portion des rayons tombant sur un miroir qui se trouvent ensuite réfléchis. Voici la description de l'appareil que j'ai fait construire à cet effet.

#### *Description de l'appareil.*

Une planchette verticale *fh* (voyez Pl. IV) assez épaisse, haute de 180<sup>mm</sup>, large de 120<sup>mm</sup>, munie d'un cercle métallique gradué, porte en son milieu une forte tige cylindrique en métal *ab*. Autour de cette tige tourne à volonté une pièce cylindrique en métal qui se termine par une espèce de fourchette *bc* destinée à porter le miroir *ss*, en verre noir poli, fixé sur une plaque de métal de même grandeur et pouvant à volonté être remplacé par une autre surface réfléchissante. Le miroir que j'ai employé avait 65<sup>mm</sup> de largeur et 130<sup>mm</sup> de longueur. Il était porté par un axe

*o* fixé dans l'intérieur de la fourchette, et cela de telle manière que le centre de gravité de la surface *ss* demeurât toujours fixe, soit que le miroir tournât autour de l'axe *o* dans l'intérieur de la fourchette, soit qu'il tournât avec cet axe autour de la tige *ab*. Une des extrémités de cet axe se prolonge en dehors de la fourchette et porte un index *oz*, qui se meut sur un demi-cercle gradué, fixé contre la fourchette, et qui peut être arrêté par une vis en un point quelconque de ce cercle. Une tige *op* tournant également sur ce cercle gradué et munie d'un curseur *oy* tout à fait semblable au premier, porte en son prolongement une pile thermo-électrique *t* avec un cône *td*. Cette pile thermo-électrique est disposée de telle manière, que le prolongement de son axe, qui est aussi celui de son cône, passe par le centre du miroir *ss*, dont elle était éloignée dans certaines expériences de 250<sup>mm</sup>, dans d'autres de 200<sup>mm</sup>.

Au moyen de l'appareil ainsi disposé, qui reposait encore sur des vis micrométriques, l'on pouvait à volonté faire réfléchir un rayon horizontal par le miroir de manière à ce qu'il vint tomber exactement sur la pile, tout en amenant le plan de réflexion dans quelque azimut que ce fût. Pour ne recevoir autant que possible sur le miroir que des rayons parallèles, j'avais disposé entre lui et la source de chaleur, plusieurs diaphragmes de 40<sup>mm</sup> de diamètre qui retenaient les rayons latéraux. Il y en avait deux aux deux extrémités d'un tube cylindrique *gg*, long de 400<sup>mm</sup>, fixé aux deux bouts de la fourchette et maintenu dans sa position horizontale par une planchette verticale *lm* dans laquelle il tournait à frottement doux et qui était elle-même fixée au pied *fl* de l'appareil entier. Une troisième ouverture de même grandeur *r*, se trouvait pratiquée dans un grand écran *KL*, placé à 220<sup>mm</sup> en

avant de l'appareil. Ces différentes ouvertures devaient avoir leurs centres tous disposés en ligne droite. Pour obtenir ce résultat, on les fermait toutes avec de petits écrans circulaires percés seulement d'un tout petit trou en leur centre, puis on visait une lumière par ces différents trous.

L'appareil *flm* tout entier était enfermé dans une cage de carton ABCDEF, suffisamment grande pour ne point gêner les mouvements de la tige qui portait la pile thermo-électrique. Le seul bout *ng* du tube *gg* passant au travers de la planche *lm* se trouvait en dehors de cette enveloppe qui servait à arrêter tous les rayons qui ne venaient pas directement de la source de chaleur, entre autres ceux qui auraient pu être réfléchis par les parois de la chambre ou par d'autres objets. Pour maintenir autant que possible dans l'intérieur de cette caisse une température constante, on l'enveloppait de toute part de grosses couvertures, et pour éviter que l'appareil ne s'échauffât par conductibilité, le tube *gg* avait été fait en carton, et il n'y avait là que les deux diaphragmes *gg* et *kk* qui fussent en laiton. En tournant la partie extérieure *ng* de ce tube, on tournait en même temps la fourchette *bc* qui portait le miroir. De la sorte on pouvait changer l'azimut du miroir, sans ouvrir l'enveloppe de carton. Un index *mn* fixé au tube *gh*, et mobile sur un cercle gradué, indiquait la position du miroir.

La source de chaleur était simplement un vase en fer blanc  $\alpha\beta\gamma$ , maintenu à 100° C. par un courant de vapeur continu. Il était fixé sur une épaisse planchette en bois GH, et tournait librement autour d'un axe horizontal, dont le prolongement passait par les centres des diaphragmes et du miroir. La face  $\alpha\beta$  de ce vase, de laquelle partaient les

rayons de chaleur envoyés sur le miroir faisait un angle de  $35^\circ$  avec l'horizontale. Sur cette face l'on pouvait à volonté fixer une autre plaque de substance quelconque prise comme surface rayonnante. La vapeur venant d'un grand ballon en verre était amenée dans le vase par le tube  $\delta\delta$  puis ressortait par le tube  $\varepsilon\varepsilon$  et passait de là dans un grand flacon plein d'eau froide. Afin d'emmener, en même temps que la vapeur, l'eau qui se rassemblait dans l'intérieur du vase par condensation, le tube abducteur était recourbé de manière à plonger jusqu'au fond du vase, et à pomper toute l'eau qui s'y trouvait et qui était pressée par la vapeur affluante. Un écran mobile MN formé d'une double plaque métallique, était disposé entre la source de chaleur et l'écran fixe LK. On l'éloignait au début de chaque expérience et on le remettait à sa place après avoir observé la déviation de l'aiguille du galvanomètre. La lecture au galvanomètre se faisait avec une lunette et une échelle graduée, et cela au moyen d'un petit miroir en verre argenté fixé au-dessus du système des deux aiguilles, lequel était presque complètement astatique. Il convient d'employer des aiguilles de préférence aux miroirs en acier, dont j'avais précédemment fait usage, et cela à cause de leur beaucoup plus grande légèreté. Pour arrêter plus vite le mouvement des aiguilles, le fil était enroulé sur une grosse bobine en cuivre, qui était disposée de telle manière que le cuivre entourât immédiatement l'aiguille inférieure, ne lui laissant qu'un vide de  $4^{\text{mm}}$  de hauteur pour accomplir ses oscillations. Le fil est isolé par des couches de caoutchouc.

*Méthode d'observation.*

En faisant l'expérience, on n'a jamais tenu compte que de la première oscillation de l'aiguille. Il semblerait peut-être qu'il soit plus sûr d'attendre que l'aiguille ait pris une position constante : cependant les résultats sont dans ce cas moins nets et moins sûrs. Il arrive en effet que pendant le temps que dure l'action de la source de chaleur, la pile se réchauffe, et que par là la position de l'aiguille varie. Parfois aussi la température s'élève dans l'intérieur de la cage, de telle sorte qu'en répétant la même expérience, on ne retrouve plus le même résultat. C'est pourquoi je m'en suis tenu à la méthode qui consistait à n'observer que la première oscillation, d'autant plus que, comme on le verra par les mesures que j'indiquerai plus loin, les résultats obtenus dans des expériences consécutives concordaient autant que l'on a le droit de le demander dans de semblables expériences.

Le vase  $\alpha\beta\gamma$ , qui constituait la source de chaleur, était tout d'abord placé de telle manière que la surface rayonnante fût verticale et tournée de côté, par exemple, à gauche, puis horizontale tournée en haut, puis de nouveau verticale mais tournée à droite, enfin horizontale tournée en bas. A chacune de ces positions on faisait la lecture de la plus grande déviation de l'aiguille, en amenant le miroir successivement à être vertical tourné d'un côté, puis horizontal tourné en haut, enfin vertical tourné de l'autre côté ; la construction de l'appareil ne permettait pas de l'amener horizontalement tourné en bas.

Pour chaque nouvelle position on répétait trois fois l'expérience, puis on prenait la moyenne des trois observations. On devait s'attendre à avoir le même résultat

quand la surface rayonnante était tournée vers le bas que lorsqu'elle était tournée vers le haut. Néanmoins quelques précautions qu'on eût prises, pour que les conditions fussent parfaitement égales dans les deux cas, l'effet était toujours plus marqué dans le cas où la surface  $\alpha\beta$  était tournée vers le haut que dans le cas où elle était tournée vers le bas. Cela tient évidemment à ce que le plafond était plus chaud que le plancher, et cela entre autres causes par le fait de l'air chaud qui s'élevait du vase et du ballon plein d'eau bouillante. Le plafond plus chaud émettait plus de chaleur par rayonnement que le plancher et les parois de la chambre. De cette chaleur une partie était réfléchiée par la surface du vase et s'ajoutait aux rayons directement émis par elle pour tomber sur la pile. On s'explique aussi de la sorte pourquoi la différence que donnent les deux positions du vase tourné en haut ou en bas est plus forte avec des surfaces métalliques bien polies, qui ont un pouvoir émissif plus faible et donnent d'autre part une réflexion plus complète. Comme par les froids d'hiver pendant lesquels ces expériences ont été exécutées, il se manifestait même une différence entre le côté de la fenêtre et le fond de la chambre, je fus obligé, pour éviter cette cause de perturbation, de placer tout autour du vase à une distance de 0<sup>m</sup>,5 de grands écrans qui le protégeaient de ces rayonnements. Je n'indique ces détails que pour donner une idée de toutes les précautions qu'il faut prendre dans de semblables expériences.

#### *Expériences.*

Une fois qu'on avait écarté les causes d'erreur provenant des rayonnements extérieurs, si la chaleur rayonnante

à 100° n'était pas polarisée, on aurait dû obtenir toujours le même résultat, quel que fût l'azimut du miroir et la position correspondante de la surface rayonnante. Mais les chiffres contenus dans les tableaux ci-dessous font voir que les oscillations de l'aiguille du galvanomètre sont plus petites quand la normale à la surface rayonnante se trouve dans le plan de réflexion du miroir, ou pour m'exprimer plus brièvement, quoique peut-être d'une manière moins correcte, lorsque le plan de rayonnement et le plan de réflexion sont parallèles, que lorsqu'ils sont perpendiculaires. Il suit de là, que la chaleur émise par rayonnement est en partie polarisée, et que son plan de polarisation, comme dans le cas du platine chauffé au rouge, est perpendiculaire au plan passant par le rayon émis et la normale au plan d'émission que l'on peut appeler le plan de rayonnement.

Pour obtenir un effet suffisant avec l'appareil que j'employais, on ne pouvait prendre des diaphragmes très-petits, ni placer la source de chaleur à une grande distance; de la sorte, les rayons envoyés au miroir par les différents points de la surface du vase n'étaient pas parallèles, et l'on ne peut déterminer exactement l'inclinaison sous laquelle ils partent de la surface rayonnante. Aussi n'a-t-il pas été possible jusqu'ici de déterminer l'angle sous lequel la polarisation atteint son maximum.

D'autre part, si l'on admet que l'amplitude des oscillations de l'aiguille galvanométrique soit proportionnelle à la quantité de chaleur, l'on peut des valeurs trouvées pour cette amplitude, déduire la proportion de chaleur polarisée, qui se trouve dans le faisceau total des rayons calorifiques. Car étant admis que dans chacune des deux positions le miroir ne réfléchit que la chaleur polarisée,

la chaleur totale émise se trouve être proportionnelle à la somme des quantités de chaleur réfléchies dans les deux cas, tandis que la différence de ces deux quantités de chaleur est proportionnelle à la quantité de chaleur polarisée.

Les premières expériences ont été exécutées en prenant pour surface rayonnante la paroi même du vase en fer-blanc. Dans le tableau suivant sont consignées trois séries d'expériences faites de la sorte. Pour la première j'ai donné les résultats primitifs afin de montrer à quel point ils concordent avec les moyennes calculées ensuite. Après cela, je fixai sur la plaque de fer-blanc une plaque de cuivre polie, et plus tard à la place de celle-ci, une plaque d'aluminium également polie. Cette dernière était destinée à montrer si des métaux de densités très-différentes se comportent aussi différemment quant à la polarisation et à leur réfrangibilité. Le tableau suivant contient également les moyennes de ces deux dernières séries d'expériences.

*Surface rayonnante. Métal poli.*

SURFACE RAYONNANTE	MIROIR ANALYSEUR	FER BLANC.			CUIVRE.	ALUMINIUM.	
		Série d'expériences.				1 <sup>re</sup>	2 <sup>me</sup>
		1 <sup>re</sup>	2 <sup>me</sup>	3 <sup>me</sup>	Moyenne.	Moyenne.	
Horizontale tournée au haut.	à gauche horizontal à droite	9	8,5	9	9,2	7,3	Moyenne. 7,6
		4,5	5	5	6,8	4	
Tournée à gauche.	à gauche horizontal à droite	3	3,75	4	8,7	7,2	6,6
		5	5	5	2,8	1,6	2,25
Horizontale tournée en bas.	à gauche horizontal à droite	4,5	5	4,25	3,1	3,3	4,5
		6,25	6	4	2,6	2,1	2,9
Tournée à droite.	à gauche horizontal à droite	4	4	4	3,1	4,5	4,3
		5,5	6	5,2	2,1	2,8	2,7
		3,25	3	6	3,75	4,9	4,6
		5	4,5	2,6	2,6	2,8	3,2
		4,25	3,25	5	3,4	4	3,9
				2,8	2,75	3,1	2,8
Moyenne dans le cas où les plans de rayonnement et de réflexion sont perpendiculaires							
Idem . . . . . parallèles . . . . .							
Chaleur totale . . . . .							
Portion polarisée . . . . .							
La portion polarisée est de . . . . .							
En moyenne . . . . .							
		6,46	5,57	6,65	5,16	5,2	5,3
		3,96	3,07	3,58	3,27	2,7	3
		10,42	8,64	10,23	8,43	7,9	8,3
		2,5	2,5	3,07	1,89	7,3	2,3
		24 %	29 %	30 %	22,4 %	29 %	28 %
			27,6 %		22,4 %		28,5 %

Ensuite je fixai sur la paroi du vase une plaque de verre transparent de 1<sup>mm</sup> d'épaisseur. La température de cette plaque sur sa face extérieure était évidemment inférieure à celle de la paroi métallique sur laquelle elle reposait, et de laquelle elle tirait sa chaleur. Néanmoins elle émettait des quantités de chaleur beaucoup plus con-

sidérables que celles qu'émettaient les plaques métalliques. Cette action plus forte du verre ne peut pas provenir de ce qu'il émet de la chaleur par rayonnement dans toute la profondeur de sa masse, car les expériences de Melloni ont montré que le verre ne laisse pas passer les rayons de chaleur à 100°. Cette action plus forte provient donc uniquement du plus grand pouvoir émissif du verre.

*Surface rayonnante. Verre transparent.*

SURFACE RAYONNANTE	MIROIR ANALYSEUR	Série d'expériences.			1 <sup>re</sup>	2 <sup>me</sup>	3 <sup>me</sup>
					Moyenne	Moyenne	Moyenne
Horizontale tournée en haut.	à gauche	44	43,5	43,25	43,6	39,3	47,25
	horizontal	35	35	34,75	34,9	33	36,25
	à droite	42	42,5	42	42,2	42,7	45,25
Tournée à gauche.	à gauche	35	35,25	35	35,1	30,2	36,3
	horizontal	42	42,5	42	42,2	36,5	45,3
	à droite	34,5	34,25	34,5	34,4	32,7	35,2
Horizontale tournée au bas.	à gauche	44	43,75	44	43,9	39,5	45,41
	horizontal	35,5	35,5	35	35,3	33,5	36,8
	à droite	43	43	43	43	42,2	43,5
Tournée à droite.	à gauche	35,25	36	35,5	35,6	31,3	35,7
	horizontal	42,75	42	42	42,2	37,1	43
	à droite.	35,5	35	35,5	35,3	31,8	35,7
Moyenne dans le cas où les plans de réflexion et de rayonnement sont perpendiculaires .					42,8	39,5	44,95
Idem . . . . . parallèles . . . . .					35,1	32,1	35,99
Chaleur totale . . . . .					77,9	71,6	80,94
Portion polarisée . . . . .					7,7	7,4	8,96
La portion polarisée est de . . . . .					9,9%	10,3%	11,1%
En moyenne. . . . .						10,4%	

Ces chiffres montrent que la chaleur émise par le verre sous un angle de 35° est polarisée et cela perpendiculairement au plan de réflexion, c'est-à-dire de la même manière que dans le cas des métaux. De plus, pour écarter complètement l'idée que la chaleur eût traversé le verre par rayonnement, la plaque de verre transparente

fut remplacé par une plaque de verre noir complètement opaque, et avec cette nouvelle disposition, j'obtins les résultats suivants.

*Verre noir.*

SURFACE RAYONNANTE	MIROIR ANALYSEUR	Série d'expériences.			1 <sup>re</sup>	2 <sup>me</sup>	3 <sup>me</sup>
					Moyenne.	Moyenne.	Moyenne.
Horizontale tournée en haut.	à gauche	44,5	46,25	45	45,2	36	42,1
	horizontal	34,7	35	35	35	27,7	34,7
Tournée à gauche.	à droite	44	44,5	44,5	44,3	33,8	45
	horizontal	34	34	33	33,7	28	34,5
Horizontale tournée en bas.	à gauche	44	43,5	44,25	44	34,5	42
	à droite	34,75	35	34	34,6	26	35,7
Tournée à droite.	à gauche	45	45	45	45	35,5	42
	horizontal	34	35	34	34,3	27,5	35,5
Tournée à droite.	à droite	44,5	45,5	44	44,7	33,6	45,2
	à gauche	35	35,5	36,5	35,6	27,5	33,7
Tournée à droite.	horizontal	44	43,5	44,25	44	34,2	42,3
	à droite	34,75	34,5	35	34,75	26,8	36,3
Moyenne dans le cas où les plans de réflexion et de rayonnement sont perpendiculaires.					44,8	34,6	43,1
Idem . . . . . parallèles . . . . .					34,6	27,2	35,1
Chaleur totale . . . . .					79,4	61,8	78,2
Portion polarisée . . . . .					10,2	7,4	8,0
La portion polarisée est de . . . . .					12,9 %	12 %	10,3 %
En moyenne . . . . .						12,4 %	

La concordance parfaite entre ces résultats et ceux qu'avait donné la plaque transparente, est une nouvelle preuve que le verre transparent n'est pas plus diathermane pour la chaleur à 100° C. que le verre noir opaque, et que ces deux verres possèdent à très-peu de chose près le même pouvoir émissif pour la chaleur. Si, comme il n'est pas permis d'en douter, la polarisation vient de ce que les rayons de chaleur proviennent en partie de l'intérieur, et sont alors réfractés en arrivant à la surface, il arriverait que dans le cas d'une surface complètement

rugueuse, la réfraction s'effectuait dans toutes les directions, et qu'il n'y aurait point alors de polarisation à observer. Il me parut donc intéressant de rechercher comment la polarisation varie, quand, à la place d'une plaque de verre polie, on emploie une plaque de verre dépolie. La plaque dépolie que j'ai employée était du même verre, et de la même épaisseur que la plaque de verre polie sur laquelle j'avais précédemment opéré. J'obtins dans ce cas, comme le montrent les chiffres suivants, une polarisation beaucoup plus faible qu'avec la plaque polie, mais elle était toujours sensible. Il était probable, d'après cela, que le verre ne présentait pas une surface suffisamment inégale, je le remplaçai donc par une substance tout à fait rugueuse, et je choisis à cet effet du drap noir collé sur une feuille de fer-blanc et fixé ensuite sur le vase servant de source de chaleur.

SURFACE RAYONNANTE	MIROIR ANALYSEUR	SURFACE RAYONNANTE.			
		Verre dépoli.		Drap noir.	
		Moyenne.	Moyenne.	Moyenne.	Moyenne.
Horizontale tournée en haut.	à gauche	40,2	44,8	41,5	42,5
	horizontal	35,3	38,7	41,7	41,5
Tournée à gauche.	à droite	38,8	42,3	39,8	41,5
	horizontal	34,8	38,1	39,7	42,9
Horizontale tournée en bas.	à gauche	37,5	42,6	39,7	41,8
	horizontal	34,5	37,1	39,2	41,4
Tournée à droite.	à gauche	38,8	43	40	43,4
	horizontal	34,5	37,4	39,2	41,8
Moyenne dans le cas des plans de réflexion et de rayonn. perpendiculaires.	à droite	38,7	41,6	40	42,3
	horizontal	34,3	37,3	40,5	42,25
Idem. parallèles . . . . .	à gauche	38	42,2	38,8	41
	à droite	34,2	38	40	41,4
Chaleur totale . . . . .		38,6	42,7	39,97	42,1
Portion polarisée . . . . .		34,6	37,7	40,05	41,9
En moyenne . . . . .		73,2	80,4	80,02	84,0
		4,0	5,0	— 1,92	0,2
		5,5%	6,2%		

Le drap noir, comme on a pu le voir d'après ces chiffres, ne donna plus la moindre polarisation, ce qui est une nouvelle confirmation du fait, que la chaleur rayonnante provient en partie de l'intérieur des corps et se trouve ensuite polarisée par réfraction en arrivant à leur surface.

L'on peut considérer la propagation dans l'intérieur des corps comme un rayonnement; mais alors un rayonnement semblable s'effectue en chaque point dans l'intérieur des corps athermanes. Dans le fait, c'est bien connu que les métaux, tels que l'or et l'argent, réduits en feuilles très-minces, deviennent diathermanes. *M. Knoblauch* a démontré ce fait pour la chaleur du soleil, mais aucune observation n'avait encore été faite sur ce point pour la chaleur à 100° C. et aux températures inférieures, comme dans les recherches dont il est ici question.

#### *Rayonnement des liquides.*

Il m'a semblé encore intéressant de rechercher si des liquides se comportent de la même manière, et si la chaleur émise par eux sous un angle faible est également polarisée. Mais l'appareil tel que je l'ai décrit ci-dessus ne pouvait pas être employé à cette nouvelle destination; car la surface liquide rayonnante devant être horizontale, je ne pouvais employer le vase  $\alpha\beta\gamma$ . J'établis donc l'appareil  $fgh$  tout entier avec la cage qui l'entourait sur un plan incliné, faisant un angle de 35° avec l'horizon, de telle sorte que l'axe du tube  $gh$  avait aussi cette inclinaison. L'écran  $LK$  fut remplacé par un autre, percé d'une ouverture elliptique. Enfin, une caisse en fer, ayant une largeur de 120<sup>mm</sup>, une longueur de 210<sup>mm</sup>

et une hauteur de 40<sup>mm</sup>, vint prendre la place du vase  $\alpha\beta\gamma$  et de la planchette dans laquelle il était assujéti, et fut fixée bien horizontalement. Sur cette caisse, qui à l'aide d'un courant de vapeur était maintenue à 100° C., en reposait une autre en fer-blanc, de même largeur et de même longueur, renfermant le liquide pris comme source de chaleur rayonnante. Cette caisse était établie de telle sorte que la ligne joignant les centres du miroir et des diaphragmes, passait également par le centre de la surface liquide.

Pour éprouver jusqu'à quel point on pouvait attendre de bons résultats de cette disposition, je plaçai d'abord au fond du vase à la place du liquide une feuille de fer-blanc. La polarisation de la chaleur émise par cette feuille se trouva être exactement la même que ci-dessus, savoir dans deux expériences différentes de 25,8 et 26,3 %. Une plaque de verre polie, également placée dans le vase, donna les mêmes résultats que ci-dessus dans le cas du verre, savoir dans trois expériences différentes une polarisation de 11,9, 11,7, 9,92 %. Il était donc prouvé par là que l'appareil donnait des résultats tout aussi sûrs que précédemment. J'avais d'autant plus besoin d'étudier ainsi préalablement la marche de mon appareil dans cette nouvelle disposition, que celle-ci ne me permettait pas d'amener la surface rayonnante dans différents azimuts comme dans les expériences précédentes.

Comme l'on ne pouvait opérer que sur des liquides ayant un point d'ébullition supérieure à 100° C. et qu'en-core parmi ceux-ci il en est beaucoup qui, à cette température, émettent déjà des vapeurs abondantes qui empêchent le rayonnement, il ne restait qu'un fort petit nombre de liquides qui pussent être employés pour ces

sortes d'expériences. Je dus renoncer non-seulement à l'alcool amylique qui bout à 120° C., mais même à l'aniline qui bout à 182° C., à cause de cette production de vapeur. Je dus donc me borner à opérer sur du mercure, des huiles grasses, de la glycérine, des résines fondues, de la paraffine et d'autres substances du même genre.

Une autre difficulté provenait de ce que les liquides ne présentent plus, lorsqu'ils sont chauffés, une surface horizontale, aussi unie qu'à la température ordinaire. En effet, du moment que le liquide a atteint une température dépassant sensiblement celle de l'air environnant, il ne réfléchit plus si clairement les images. Par le fait de la chaleur sans cesse émise par le liquide à sa surface, les couches supérieures descendent pour faire place à d'autres plus chaudes, qui s'élèvent de la masse du liquide. De là naissent des mouvements fort petits, il est vrai, mais qui sont plus intenses à certaines places qu'à d'autres et troublent ainsi l'égalité de la surface liquide. L'on ne peut pas, à cause de cela, attacher une grande importance aux chiffres obtenus dans ces mesures. Néanmoins, pour toutes les substances mentionnées ci-dessous, la chaleur qu'elles émettent par rayonnement est en partie polarisée.

Dans le cas du mercure, la polarisation est au moins aussi grande qu'avec les métaux précédemment étudiés. En effet, il a donné dans une série d'expériences 32 % de chaleur polarisée, et dans une autre 32,2 %. En revanche, les autres liquides ont donné des proportions plus faibles :

Huile de raves . . . . .	} 6,17 % 5,11
Colophane . . . . .	
Cire blanche . . . . .	7,3
Glycérine . . . . .	5,61
Paraffine . . . . .	5,0

Pour m'assurer que la transparence n'avait pas exercé d'influence sur ces résultats, je plaçai alternativement au fond du vase qui contenait le liquide une plaque de métal polie ou dépolie, ou bien encore j'enduisis le fond de ce vase de noir de fumée. Dans tous ces différents cas j'obtins toujours le même résultat pour un même liquide, d'où il suit que le pouvoir émissif de la substance qui forme le fond du vase demeure sans influence, et que par conséquent les liquides employés sont althermanes pour la chaleur à 100° C., sur laquelle j'opérais ici.

Voici un tableau comparatif de tous les résultats obtenus dans ce travail:

Substances.	Portion polarisée de la chaleur émise par la substance sous un angle de 35°.
Fer-blanc . . . . .	27,6 %
Cuivre . . . . .	22,4
Aluminium . . . . .	28,5
Mercure . . . . .	32,0
Verre transparent . . . . .	10,4
Verre noir . . . . .	12,4
Huile de raves . . . . .	5,64
Colophane fondue . . . . .	7,26
Cire blanche . . . . .	7,3
Glycérine . . . . .	5,61
Paraffine . . . . .	5,0

De ces divers résultats on est admis à conclure que la chaleur émise sous un angle faible de 35°, par exemple, par une substance, tant solide que liquide, ayant une surface plane, est en partie polarisée. Mais de là il suit que, dans la propagation de la chaleur à travers les corps, il se produit des oscillations transversales, ou du moins des mouvements qui, s'ils ne sont pas linéaires, ont en tout cas une composante perpendiculaire à la direction de la propagation, laquelle produit le même effet que les rayons de chaleur. Le but de ce travail était de fournir une base expérimentale sur laquelle pût être établi ce point important qui jusqu'ici n'avait pu être que pres-senti.

---

SUR LA  
**NOUVELLE FORCE ÉLECTROMOTRICE**  
**DANS L'ARC VOLTAÏQUE**

PAR  
M. E. EDLUND <sup>1</sup>.

---

Lorsqu'au moyen d'une forte pile galvanique on a produit un arc voltaïque entre des pointes de charbon, on interrompt le circuit à côté de l'arc voltaïque, de manière à faire cesser le courant, et qu'après un petit moment on rétablit le circuit dans les conditions primitives, on trouve que l'arc ne s'éteint pas, mais qu'il persiste malgré l'interruption momentanée du courant. La durée que peut avoir cette interruption, sans qu'elle entraîne l'extinction de l'arc, dépend de l'intensité du courant. Si cette dernière est grande, la durée de l'interruption peut être plus longue ; mais si elle est faible, l'interruption doit être courte si l'on veut maintenir l'arc. Quand on fait la même expérience en produisant l'arc entre des pointes d'argent, l'arc voltaïque s'éteint au moment même de l'interruption du courant et ne se rétablit pas de lui-même quand on remet le circuit dans les conditions primitives. Cette propriété que manifeste l'arc voltaïque entre des pointes de charbon indique sans aucun doute que le circuit persiste un petit moment dans

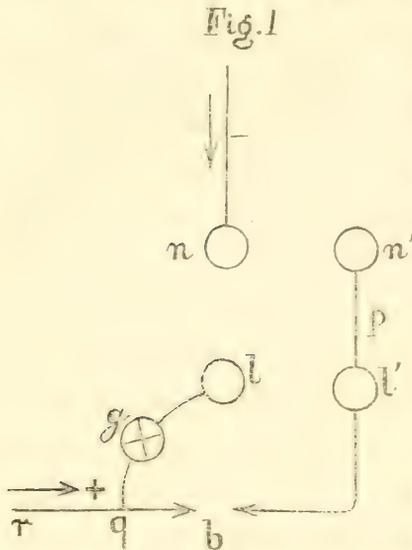
<sup>1</sup> *Öfversigt af K. Vet. Ak. Förh. Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Stockholm*, 1868, n° 1, p. 3.

l'arc après la cessation du courant, d'où il résulte que le courant peut rendre à l'arc son activité, quand le circuit, après son interruption sur le côté de l'arc, a été rétabli. Si le passage entre les pointes de charbon cessait pendant la courte durée de l'interruption, le courant ne pourrait pas, au moment du rétablissement du circuit, à l'endroit de l'interruption, percer la couche d'air entre les pointes de charbon, et rendre à l'arc son éclat. Mais le circuit dans l'arc voltaïque est dû essentiellement aux particules de charbon détachées et transportées par le courant d'un pôle à l'autre. On est, par conséquent, conduit à admettre que pendant le premier moment après l'interruption du circuit les particules de charbon continuent à être détachées et transportées d'un pôle à l'autre. Dans un précédent mémoire, j'ai prouvé que le travail mécanique qu'exerce le courant pour désagréger les pointes des pôles, donne naissance à une force électromotrice qui engendre un courant dans le sens opposé à celui du courant principal<sup>1</sup>. Or, si cette désagrégation continue pendant un petit moment après la cessation du courant principal, il devait être possible de séparer de ce dernier le courant de cette force électromotrice et d'en mesurer l'intensité. C'est dans ce but que j'ai entrepris, avec le concours de M. Lemström de Helsingfors, les expériences qui font l'objet de ce mémoire.

Pour interrompre le circuit à côté de l'arc voltaïque, on a employé un commutateur avec la disposition suivante : Dans la figure *i, n, n', l, l'*, représentent quatre godets de mercure creusés dans une planche d'acajou

<sup>1</sup> Öfversigt af K. Vet. Ak. Förh. 1867, avril, p. 95. *Pogg. Ann.*, CXXXI, p. 586. *Archives des Sciences phys. et natur.*, XXXI, p. 227.

horizontale, dans laquelle étaient fixées les différentes parties du commutateur. Au milieu entre  $n$   $n'$  et  $l$   $l'$  était une axe horizontal qui portait un levier en laiton, dont



les deux extrémités se bifurquaient, les bras recourbés en bas et perpendiculairement à l'égard de la direction longitudinale du levier. Si l'on abaissait l'une des moitiés du levier, les godets  $n$  et  $n'$  étaient mis en communication parce que les bras de la fourche abaissée plongeaient dans ces godets. Si, au contraire, on

abaissait l'autre moitié du levier au-dessous de la position horizontale, les godets  $l$   $l'$  étaient mis en communication, et celle entre  $n$   $n'$  cessait. Les godets  $n'$   $l'$  communiquaient au moyen d'un fil de cuivre  $p$ . Le pôle négatif de la pile était relié avec le godet  $n$ , et de  $l'$  partait un fil jusqu'en  $b$ , où l'arc voltaïque devait se produire. Le fil  $b$   $q$   $r$  conduisait au pôle positif de la pile. De  $q$ , un fil allait rejoindre le magnétomètre  $g$ , dont l'autre extrémité était reliée au godet  $l$ . Quand  $n$  et  $n'$  communiquaient ensemble par le moyen du levier bifurqué, il se formait un arc voltaïque en  $b$ . En renversant le levier, la communication était interrompue entre  $n$  et  $n'$ , le courant cessait et ensuite les godets  $l$   $l'$  se trouvaient reliés. Dans cette disposition les deux extrémités du fil du magnétomètre se trouvaient rattachées chacune à l'un des côtés de l'arc voltaïque  $b$ . Si donc une force électromotrice persistait dans l'arc au premier moment après la cessation du cou-

rant principal, elle devait envoyer un courant au magnétomètre et déterminer une déviation. Ce magnétomètre était le même qui avait servi dans les expériences antérieures. Quand on introduisait dans le circuit de cet instrument un fil de fer soudé à un fil court d'argentan, et qu'on échauffait le point de soudure de 1 degré, on obtenait une déviation de 54 divisions.

Il va sans dire qu'il est très-important que la communication entre  $l$  et  $l'$  succède aussi vite que possible à l'interruption entre  $n$  et  $n'$ ; mais d'un autre côté, il faut avoir le plus grand soin qu'en renversant le levier,  $n$  et  $n'$  ne soient pas réunis pendant un court instant en même temps que  $l$  et  $l'$  communiquent ensemble. Si cela a lieu, une partie du courant principal passe, pendant la fermeture simultanée, à travers le fil du magnétomètre, et l'aiguille fait une déviation occasionnée par le courant principal. Quand dans la manœuvre du levier les bras de la fourche s'élèvent au-dessus des godets de mercure  $n$  et  $n'$ , la surface du mercure est entraînée par les bras en vertu de l'adhésion, d'où il résulte que le contact continue plus longtemps que si la surface du mercure restait à sa place. Si le courant passe, il y a en outre production d'étincelles au moment où le contact cesse entre le mercure et les bras, et tant que durent les étincelles le courant continue à passer. Le retard apporté à la cessation du courant par cette formation d'étincelles se prolonge d'autant plus que l'intensité du courant est plus grande. Pour que le renversement du levier s'effectuât toujours avec la même rapidité, on l'a fait opérer au moyen d'un contre-poids. Le temps qui s'écoulait entre le moment où les bras de la fourche quittaient la surface du mercure des godets  $n$  et  $n'$ , et celui où les bras de la fourche de l'autre extré-

mité du levier touchaient le mercure dans les godets  $l$  et  $l'$ , s'est trouvé être, d'après le calcul, d'environ  $\frac{1}{50}$  de seconde. Eu égard à la formation d'étincelles et à l'adhésion du mercure, l'intervalle de temps qui séparait la cessation du courant principal de la communication entre  $l$  et  $l'$ , était cependant beaucoup plus court. Pour démontrer qu'avec cette vitesse de renversement du levier la communication de  $n$  avec  $n'$  n'était pas simultanée avec celle de  $l$  avec  $l'$ , on a fait l'expérience suivante : Les pointes des pôles en  $b$  ont été vissées ensemble, le fil conducteur  $p$  a été enlevé et remplacé par un fil d'argentan offrant une grande résistance. Cette résistance toutefois était calculée de manière à produire une diminution de courant moins grande que l'arc voltaïque en  $b$ , quand il se produisait, et que  $p$  reliait  $n'$  et  $l'$ . Ensuite on a détaché de  $q$  le fil  $g$  du magnétomètre, et on l'a reporté sur  $n'$ . Si dans cette disposition la fermeture était simultanée par le renversement du levier, une partie du courant principal devait passer par le magnétomètre, et produire une déviation, mais dans le cas contraire, l'aiguille du magnétomètre devait rester au repos. Dans cette expérience, l'intensité du courant a été plus grande que dans les suivantes, et par conséquent la production d'étincelles plus forte. Afin de chercher à atténuer la formation d'étincelles, on a recouvert d'une mince couche d'huile la surface du mercure dans les godets  $n$  et  $n'$ . Une autre expérience que nous mentionnerons plus tard prouve aussi qu'il n'y a pas fermeture simultanée.

Passons maintenant aux observations proprement dites, sans nous astreindre à les relater dans l'ordre où elles ont été faites. La résistance de l'arc voltaïque étant considérable et augmentant avec sa longueur, il en résulte que,

toutes choses égales d'ailleurs, les déviations diminuent quand la longueur de l'arc augmente. Il était donc nécessaire de donner à l'arc, autant que faire se peut, la même longueur dans les différentes expériences. Dans ce but, l'une des pointes de charbon était mobile et pouvait être rapprochée à l'aide d'une vis micrométrique. Malgré cette précaution, la longueur de l'arc ne restait pas parfaitement égale dans toutes les expériences et par conséquent les déviations variaient assez sensiblement. Il a fallu avoir recours à un grand nombre d'expériences et prendre la moyenne des résultats. Pour donner une idée de l'amplitude des variations l'on a mentionné outre les moyennes, les erreurs probables et le nombre des observations.

*Première expérience.* La pile se composait de cinquante éléments de Bunsen, le charbon plongeant dans de l'acide nitrique. Comme dans mes autres recherches sur l'arc voltaïque, j'ai intercallé dans le circuit une auge en bois de la forme d'un parallélépipède, qui était remplie en partie, comme précédemment, d'une dissolution de sulfate cuivrique. La distance entre les lames de cuivre était de cinq pouces. Cette résistance abaissait considérablement l'intensité du courant. L'arc voltaïque se formait entre des pointes de charbon. Les fils du magnétomètre étant reliés au circuit, comme il a été dit plus haut, on obtenait toujours par le renversement du levier une déviation de l'aiguille qui indiquait un courant se dirigeant entre les pointes de charbon dans le sens opposé au courant principal. Pour dix observations cette déviation était en moyenne de 18,7 divisions, avec une erreur probable de  $\pm 1,24$ .

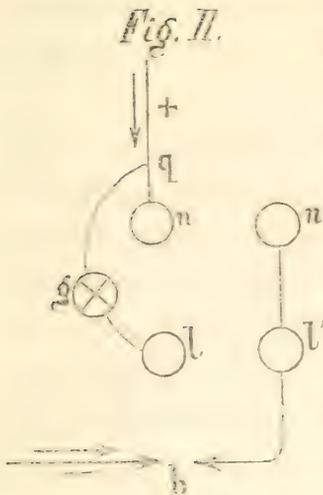
Quand on répétait la même expérience, après avoir remplacé les pôles de charbon par des pôles semblables

en argent, l'aiguille restait parfaitement immobile. Lors donc que l'arc voltaïque se forme entre des pôles d'argent, il n'y a point d'action postérieure après l'extinction de l'arc. Ce résultat prouve que la cause du courant qui détermine la déviation doit être cherchée dans l'arc lui-même, puisque cette dernière dépend de la nature des pôles. Il en ressort en outre qu'il n'y a pas eu fermeture simultanée, par le renversement entre  $n$  et  $n'$  d'un côté et  $l$  et  $l'$  de l'autre.

Cette déviation moyenne de 18,7 divisions, considérée isolément, ne donne aucune idée de l'intensité de la force électromotrice qui a donné naissance au courant. Outre la sensibilité de l'instrument, la déviation dépend de la résistance entre les pointes de charbon, du temps pendant lequel le courant agit, et de la force électromotrice. Sans connaître ces facteurs on ne peut pas dire d'avance si la force électromotrice équivaut à 0,1 d'un élément de Bunsen ou à dix ou quinze éléments. Voici comment j'ai cherché à apprécier la force électromotrice.

*Deuxième expérience.* La communication entre le circuit principal, le magnétomètre, et le commutateur a été modifiée comme l'indique la fig. II. Le godet de mercure  $n$  a été mis en communication avec le conducteur du pôle positif de la pile, et à ce même conducteur a été rattaché le fil  $gq$  du magnétomètre.

Le fil négatif de la pile a été mis en communication directe avec l'une des pointes de charbon. Quand, au moyen du levier à bras,  $n$  et  $n'$  étaient reliés, le courant formait un arc voltaïque en  $b$ ; lorsqu'au contraire, à l'aide du contre-poids le levier était renversé, le contact cessait entre  $n$  et  $n'$ , l'arc s'éteignait et le courant passait par le magnétomètre tant que la communication durait



à travers l'arc éteint. La déviation qu'on obtenait alors était occasionnée par la force électromotrice de la pile diminuée de celle de l'arc éteint. La pile était composée des cinquante mêmes éléments que dans la première expérience et la résistance de la dissolution de sulfate cuivrique était la même. Si l'on n'intercalait pas cette résistance, le courant était si fort que

l'arc voltaïque ne s'éteignait pas par le renversement du levier, comme on l'a vu plus haut.

Pour dix observations on a obtenu en moyenne une déviation du magnétomètre de 27,9 divisions, avec une erreur probable de  $\pm 1,43$ . En produisant l'arc voltaïque entre des pointes d'argent, l'aiguille restait au repos. Il n'y avait donc point de courant entre les pôles d'argent après l'extinction de l'arc.

Les deux déviations de 18,7 et 27,9 divisions ne permettent pas de calculer directement la force électromotrice de l'arc éteint, parce que les résistances ne sont pas égales dans les deux cas. Dans le premier cas, la résistance se compose de celle qu'oppose l'arc plus de celle du magnétomètre. Dans le second cas, il y a en outre celle de la pile et de la dissolution de sulfate cuivrique. Si l'on désigne par  $m$  la résistance du premier cas, par  $m'$  celle du second cas, par  $E$  la force électromotrice de la pile et par  $x$  la force électromotrice de l'arc éteint que l'on cherche, on aura :

$$\frac{E-x}{m'} : \frac{x}{m} = 27,9 : 18,7.$$

Les expériences qui suivent fournissent une détermination du rapport qui existe entre  $m'$  et  $m$ , qui permet d'exécuter le calcul.

*Troisième expérience.* La pile était composée de vingt-six éléments et la dissolution de cuivre n'était pas dans le circuit. Faisant d'ailleurs les observations comme dans la première expérience, on a obtenu une déviation moyenne de quarante divisions pour quinze observations, avec une erreur probable de  $\pm 3,5$ . En introduisant ensuite dans le circuit du magnétomètre un fil d'argentan de 18,8 pieds la déviation a été en moyenne de trente-quatre divisions pour quinze observations avec une erreur probable de  $\pm 3,7$ . D'après cela on peut calculer la résistance dans l'arc éteint. Si l'on désigne par  $\rho$  la résistance dans le fil d'argentan, et par B celle du magnétomètre et de l'arc voltaïque réunis, on a :

$$B : B + \rho = 34 : 40 \text{ d'où } B = 5,67 \rho$$

*Quatrième expérience.* Avec trente éléments et sans la dissolution de cuivre dans le circuit on a fait quinze observations de la même manière que dans la seconde expérience. Le nombre des éléments a été élevé de vingt-six à trente, parce que avec vingt-six l'arc voltaïque était si faible qu'il s'éteignait facilement de lui-même, en sorte qu'il fallait recommencer l'essai. Pour la moyenne des quinze observations on a obtenu soixante-quatre divisions, avec une erreur probable de  $\pm 6,5$ . La résistance de la pile a été mesurée et trouvée égale à  $1,7 \rho$ . La résistance de l'arc avec vingt-six éléments était  $5,67 \rho$ ; avec trente éléments, elle était un peu moindre, parce que la résistance diminue quand l'intensité du courant augmente. La résistance totale dans tout le circuit était, par con-

séquent, dans cette expérience un peu plus faible que

$$1,7 \rho + 5,67 \rho = 7,37 \rho.$$

Si la résistance eût été la même que dans la troisième expérience, la déviation du magnétomètre aurait été tout au plus de

$$\frac{64 \cdot 7,37}{5,67} = 83,2 \text{ divisions.}$$

L'on a, par conséquent :

$$83,2 : 40 = E - x : x \text{ d'où } x = 9,7 \text{ éléments.}$$

Il résulte de cela que la force électromotrice dans l'arc voltaïque éteint ne peut pas être inférieure à 9,7 éléments dits de Bunsen.

Les données fournies par les deux dernières expériences permettent de calculer la force électromotrice de l'arc voltaïque des expériences première et deuxième.

Puisque la résistance de trente éléments est  $1,7 \rho$ , on peut admettre que pour cinquante éléments elle est

$$\frac{50}{30} \cdot 1,7 \rho \text{ ou } 2,83 \rho$$

Désignant par  $r$  la résistance de un pouce de la dissolution de cuivre, une expérience spéciale a montré que  $\rho = 2,06 r$ ; la résistance de cinq pouces de dissolution est donc égale à  $2,43 \rho$ .

La résistance totale de la pile et du rhéostat réunis est par conséquent  $5,26 \rho$ . Si l'on admet que la résistance dans l'arc voltaïque et dans le magnétomètre est  $5,67 \rho$ , comme dans l'expérience troisième, l'on a pour la résistance totale de la pile, du rhéostat, de l'arc voltaïque et

du magnétomètre  $10,93 \rho$ . Si dans l'expérience deuxième la résistance eût été  $5,67 \rho$  comme dans l'expérience première, la déviation de l'aiguille, au lieu d'être de  $27,9$  divisions, aurait été de :

$$\frac{10,93}{5,67} \cdot 27,9 = 53,8 \text{ divisions.}$$

D'où il résulte que :

$$53,8 : 18,7 = 50 - x : x, \text{ d'où } x = 12,9 \text{ éléments.}$$

*Cinquième expérience.* La pile se composait de cinquante éléments, et cinq poncees de dissolution de cuivre étaient intercalés dans le circuit. La résistance de la pile était  $3,97 \rho$ , ce qui avec celle de la dissolution porte la résistance à  $6,4 \rho$ . Quand le circuit du magnétomètre entourait l'arc voltaïque comme dans les expériences première et deuxième, la déviation par le renversement du levier était de  $11,7$  divisions en moyenne, pour dix observations, avec une erreur probable de  $\pm 0,85$ . En intercalant ensuite dans le circuit une résistance égale à  $12,9 \rho$  on a obtenu une déviation moyenne de  $6,5$  divisions pour dix observations, avec une erreur probable de  $\pm 0,37$ . On obtient de là par le calcul  $16,1 \rho$  pour la résistance de l'arc voltaïque et du magnétomètre réunis. La grande augmentation de résistance de l'arc voltaïque doit probablement être attribuée à l'intensité du courant qui était plus faible qu'avant.

*Sixième expérience.* La pile et la résistance intercalée étaient les mêmes que dans la cinquième expérience. Le fil du magnétomètre a été relié avec le commutateur et le circuit principal, comme l'indique la fig. II. Quand on renversait le levier on a toujours obtenu une déviation dont la moyenne de quinze observations s'élevait à  $19,2$  divi-

sions, avec une erreur probable de  $\pm 1,35$ . La résistance était donc égale à  $22,5\rho$  ( $= 6,4\rho + 16,1\rho$ ). Si elle eût été égale à  $16,1\rho$ , comme dans l'expérience cinquième, la déviation aurait été de 26,83 divisions. On a par conséquent :

$$26,83 : 11,7 = 50 - x : x, \text{ d'où } x = 15,2 \text{ éléments}$$

La force électromotrice moyenne de l'arc voltaïque éteint, d'après ces trois déterminations, est donc égale à 12,6 éléments. Les erreurs probables que nous avons mentionnées prouvent qu'on ne peut pas attendre une grande exactitude de ces déterminations. Il peut bien se faire que la valeur vraie soit d'une unité plus haute ou plus basse que celle indiquée. Mais cela n'a aucune importance pour le but immédiat qu'on a en vue. Les expériences mentionnées prouvent incontestablement qu'au moment de son extinction il existe dans l'arc voltaïque une force électromotrice dont l'intensité peut être comparée à celle de dix à quinze éléments de Bunsen. Il faut en outre remarquer que les chiffres obtenus représentent des valeurs moyennes de la force électromotrice. Cette dernière est sans doute plus grande au moment qui suit l'extinction de l'arc et diminue peu à peu jusqu'à ce qu'elle disparaisse complètement. Si donc l'on pouvait renverser le levier plus vite que cela a eu lieu dans ces expériences, et ainsi faire succéder plus rapidement la fermeture du circuit du magnétomètre à l'ouverture du courant principal et l'extinction de l'arc voltaïque, on obtiendrait une valeur plus grande encore pour la force électromotrice de ce dernier.

Cette source d'électricité qui a été trouvée dans l'arc voltaïque éteint ne peut pas être due à une force électro-

motrice de contact. Il y a bien deux contacts entre charbon et gaz, mais ils agissent en sens inverse et se détruisent. Il est possible, l'expérience se faisant en présence de l'air, que l'humidité de l'air soit décomposée et produise une polarisation ; mais, en admettant même qu'il en soit ainsi, cela ne pourrait expliquer la présence que d'une portion insignifiante de la force électromotrice qui a été trouvée. Cette dernière ne peut pas non plus avoir son origine dans un phénomène d'induction, puisque les conditions nécessaires à une action de ce genre n'existent pas dans l'arc voltaïque. Elle n'a non plus aucune analogie avec la force électromotrice découverte par Quincke dans le passage des liquides à travers des parois poreuses. Le seul côté où il y aurait peut-être quelque prise, serait de l'attribuer à un effet thermoélectrique. L'extrémité du pôle positif s'échauffe beaucoup plus que celle du pôle négatif, d'où il résulte que l'arc voltaïque offre deux contacts entre charbon et gaz, dont l'un est à une température bien plus élevée que l'autre. Toutefois il serait bien étonnant que cette force électromotrice puisse atteindre une valeur aussi élevée que celle qui a été trouvée<sup>4</sup> dans

<sup>4</sup> M. Wild a publié dans les *Poggendorff's Annalen*, tome CXI, un mémoire, dans lequel il montre qu'un magnétomètre sensible éprouve une grande déviation quand on le met en communication, comme dans la fig. I, avec une pile de Bunsen de vingt éléments. M. Wild n'indique pas cependant les précautions qu'il a prises pour s'assurer que, dans ses expériences, il n'y avait pas fermeture simultanée entre l'ouverture du courant principal et l'introduction du magnétomètre. S'il y a fermeture simultanée, on obtient aussi une déviation du magnétomètre. M. Wild n'a fait aucun essai pour déterminer l'intensité du courant ou celle de sa force électromotrice. Aussi M. Wild n'a-t-il pas hésité à admettre que la déviation obtenue était occasionnée par un courant thermo-électrique, engendré par le contact des pôles, chauffés à des températures différentes, avec le gaz ambiant.

ce qui précède. Pour devancer cette objection j'ai échauffé à l'aide d'un bec de gaz de Bunsen le pôle négatif, pour le mettre en vive ignition comme le pôle positif. La différence de température entre les pôles devait être considérablement réduite ; néanmoins le courant qui se produisait dans l'arc voltaïque n'éprouvait aucune diminution. Ce courant ne peut donc pas avoir une origine thermoélectrique.

---

SUR LES  
**MATIÈRES AMYLACÉES DES LICHENS**  
ET SUR LEUR EMPLOI  
POUR LA FABRICATION DU SUCRE DE RAISIN ET D'ALCOOL

PAR

**M. STEN STENBERG** <sup>1</sup>

Professeur de chimie à l'École de Médecine de Stockholm.

---

On sait que la cellulose des végétaux, sous l'influence de l'ébullition dans les acides sulfurique ou chlorhydrique étendus, se convertit en dextrine puis en sucre de raisin d'où l'on peut obtenir de l'alcool par le procédé ordinaire. Cette propriété a été utilisée pour la fabrication de l'alcool; mais les essais n'ont pas conduit au succès qu'on en attendait, parce que le rendement ne couvrait pas suffisamment les frais.

Occupé depuis quelque temps de l'examen de divers lichens pour en déterminer le pourcentage d'amidon, j'ai été frappé de la très-grande facilité avec laquelle la cellulose de ces lichens se transformait en sucre de raisin par l'ébullition dans les acides sulfurique ou chlorhydrique étendus.

Dans la troisième édition de son *Traité de Chimie* Berzelius rend compte d'une analyse du lichen d'Islande, faite par lui-même, dans laquelle il désigne la cellulose du lichen par « squelette amylicé. » Cette dénomination

<sup>1</sup> Öfversigt af K. Vet. Akad. Förhandlingar 1868, n° 1.

montre évidemment que Berzelius avait remarqué que cette cellulose différait de la cellulose végétale ordinaire et tenait le milieu entre la cellulose et l'amidon.

Ne trouvant d'ailleurs dans aucun recueil de Chimie des données positives sur la différence qui existe entre la cellulose des lichens et la cellulose végétale proprement dite, ni sur la plus ou moins grande facilité avec laquelle elles se transforment en sucre de raisin en présence d'acides étendus, il m'a paru intéressant de compléter par de nouvelles expériences l'observation que j'avais faite à cet égard.

La variété de lichens qui fait plus spécialement l'objet de ce mémoire est celle qu'on appelle vulgairement *mousse ou lichen des rennes* (*Cladonia rangiferina* Hoffm. ou *Cenomyce rangiferina* Ach.) qui ne contient qu'une quantité insignifiante d'amidon : mais j'ai fait aussi quelques essais comparatifs sur quelques lichens plus riches en amidon, tels que le *lichen d'Islande* (*Certraria islandica* Achar.) et l'*Evernia jubata* Hoffm.

J'ai cherché d'abord la quantité totale de sucre de raisin que fournit chacune de ces espèces de lichens, quand, séchés à l'air<sup>1</sup> et hachés, on les soumet sans autre préparation à une ébullition prolongée dans l'acide sulfurique étendu. Pour que la formation de sucre soit aussi complète que possible, j'ai employé une quantité d'acide relativement grande, savoir : 9 grammes d'acide concentré, étendu de 200 gr. d'eau sur 5 gr. de lichens, et j'ai entretenu l'ébullition pendant neuf heures. La quantité de sucre contenue dans les dissolutions filtrées a été ensuite déterminée de la manière ordinaire au moyen d'une

<sup>1</sup> La quantité d'eau que retient le lichen séché à l'air a été déterminée et trouvée égale à 12 p. 100.

dissolution de cuivre alcaline titrée. Voici les quantités de sucre de raisin <sup>1</sup> obtenues.

## I.

Lichen traité directement par l'acide sulfurique.	Quantité employée.		Sucre de raisin.	
	grammes.	grammes.	Sur 100 parties de lichen.	
Evernia jubata . . .	5	3,67	73,4	
Lichen d'Islande . .	5	3,6	72,0	
Mousse des rennes .	5	3,4	68,0	

Pour connaître la quantité de sucre qui, dans ces quantités totales provenait de l'amidon tout formé ou de substances analogues, je me suis procuré des décoctions de poids déterminés de chaque lichen. Après cela, j'ai converti l'amidon dans chaque décoction en sucre par l'ébullition avec l'acide sulfurique étendu et déterminé la quantité de sucre formé par le procédé indiqué plus haut. Voici le résultat de ces expériences :

## II.

Décoction traitée par l'acide sulfurique.	Quantité du lichen employé.		Sucre de raisin.	
	grammes.	grammes.	Sur 100 parties de lichen.	
Evernia jubata . . .	5	2,2	44	
Lichen d'Islande . .	5	2,0	40	
Mousse des rennes .	5	0,2	4	

Si des nombres qui représentent le pourcentage du sucre de raisin dans le premier tableau, on retranche ceux du

<sup>1</sup> Je continue à appeler ce sucre « sucre de raisin, » bien que je n'aie pas encore eu le temps d'en examiner toutes les propriétés.

second tableau, on obtient pour chaque variété de lichens une différence qui est pour :

l'Evernia jubata	de 29,4 p. 100	du poids du lichen
le lichen d'Islande	» 32	» »
la mousse des rennes	» 64	» »

Cet excédant de sucre de raisin obtenu par l'ébullition des lichens dans l'acide étendu ne peut donc pas avoir été formé aux dépens de l'amidon, mais bien de quelques substances analogues qui ne peuvent pas en être extraites par l'ébullition dans l'eau. Cette ou ces matières, qu'on ne devrait peut-être pas appeler cellulose, comme on l'a fait jusqu'ici, constituent cependant une partie considérable du squelette des lichens. La mousse des rennes, si pauvre en amidon, en est une preuve frappante.

On voit, d'après ce qui précède, que la quantité totale de sucre de raisin obtenue par le traitement direct des lichens par l'ébullition dans l'acide sulfurique étendu, est très-grande comparativement au poids du lichen. Or, la mousse des rennes qui couvre des étendues considérables en Suède et dans d'autres pays septentrionaux, m'a paru pouvoir être utilisée avantageusement pour la fabrication de sucre de raisin et d'alcool. Les expériences qui suivent, et que j'ai faites dans ce but, ont confirmé cette opinion.

La proportion d'acide sulfurique qui avait été employée jusqu'à présent était trop considérable pour pouvoir être conservée dans la pratique. Il a donc fallu chercher jusqu'à quelle limite elle pouvait être abaissée sans nuire à la production du sucre, et si l'on pouvait employer l'acide chlorhydrique.

Pour obtenir le plus de sucre possible avec le moins d'acide possible, il faut que l'ébullition s'effectue au

moyen de la vapeur d'eau qu'on introduit dans le vase qui contient le lichen et l'acide étendu. Le vase peut être en bois. La dilution de l'acide doit varier selon la plus ou moins grande quantité d'eau qui se condense pendant l'ébullition, selon la grandeur, la forme et la nature du vase et d'autres circonstances qui influent sur le refroidissement. Quand on opère avec des vases qui ne contiennent que quelques litres, l'acide sulfurique concentré (de 1,84 p. sp.) ne doit pas être dilué de plus de six fois son volume d'eau avant de l'introduire dans le vase, et l'acide chlorhydrique (1,165 pes. sp.) de trois fois son volume; si l'on opère sur des quantités de lichen plus considérables, dans des vases contenant 1000 litres ou au-dessus, l'on peut en commençant étendre l'acide sulfurique de vingt à trente fois et même cinquante fois son volume d'eau.

Après avoir versé dans le vase l'acide étendu, on le remplit de lichen. Pendant l'ébullition la masse s'affaisse et l'on ajoute du lichen jusqu'à ce que toute la quantité à traiter y ait passé. Vers la fin de l'opération, la masse occupe un très-petit volume et est plus ou moins fluide, selon la plus ou moins grande quantité d'acide employée. Si la proportion d'acide est relativement faible, la masse gélatinise par le refroidissement. Je n'ai pas encore examiné cette substance qui affecte la forme gélatineuse et qui est probablement un produit intermédiaire de l'action de l'acide sur le squelette du lichen avant le passage de celui-ci à l'état de sucre. La solution sucrée refroidie doit filtrer facilement à travers le papier, sinon la saccharification n'est pas achevée et l'ébullition doit être continuée. La dissolution filtrée versée goutte à goutte dans de l'alcool concentré ne doit pas le troubler (dextrine) ou à peine.

Pour chaque essai j'ai pris un demi-kilogramme de lichen et j'ai commencé par employer de grandes proportions d'acide, que j'ai diminuées successivement. Voici les résultats de ces essais :

### III. Mousse des rennes et acide sulfurique.

Essai	Acide sulfurique de 1,84 p. sp.	Durée de l'ébullition.	Sucre de raisin.
Numéro	pour 100 p. de lichen.	Heures.	pour 100 p. de lichen.
1	50	7,5	63
2	25	10,5	54 <sup>1</sup>
3	12,5	12	68

### IV. Mousse des rennes et acide chlorhydrique.

Essai.	Acide chlorhydrique de 1,165 p. sp.	Durée de l'ébullition.	Sucre de raisin.
Numéro	pour 100 p. de lichen.	Heures.	pour 100 p. de lichen.
1	50	5,75	60
2	25	9,5	61
3	12,5	14,5	66

Il résulte de ces expériences que la proportion de l'acide peut être abaissée à environ 12 p. 100 du poids du lichen employé, avec une durée d'ébullition de 12 — 14 heures. Mais plus tard je me suis assuré en opérant sur 700 à 800 kil. de lichen à la fois que pour 12 heures d'ébullition la quantité de l'acide pouvait être encore réduite à 7 p. 100 du poids du lichen sans entraîner une diminution dans la production du sucre de raisin.

<sup>1</sup> Dans cet essai le lichen était probablement humide et renfermait en outre des impuretés, dont les nos 1 et 3 étaient exempts.

J'ai aussi essayé d'effectuer l'ébullition dans un appareil particulier avec de la vapeur à une tension plus élevée; mais l'économie de temps et d'acide que l'on ferait serait moindre que l'augmentation des frais d'installation et d'entretien d'un appareil plus compliqué.

Les sirops de sucre de raisin ne peuvent guère être utilisés comme tels, vu leur couleur brune et le goût désagréable dont il serait bien difficile de les débarrasser.

En revanche, ils se prêtent très-bien, particulièrement ceux de la mousse des rennes, à la préparation de l'alcool. J'ai employé dans ces expériences des sirops préparés, soit par l'acide sulfurique, soit par l'acide chlorhydrique. On peut les obtenir directement de la concentration voulue, c'est-à-dire renfermant 115 à 120 grammes de sucre de raisin par litre; s'ils sont plus concentrés, on rajoute l'eau nécessaire après l'ébullition. Ensuite on les neutralise aussi exactement que possible avec du carbonate de chaux. Lorsque la température est tombée à  $+30^{\circ}$  C., sans s'inquiéter du sel produit, on ajoute du ferment et l'on maintient le tout entre  $25^{\circ}$  et  $30^{\circ}$  pendant les deux jours que dure la fermentation. Au bout de ce temps, on soumet la liqueur à la distillation dans une cornue de verre, munie d'un récipient convenablement refroidi. La quantité d'alcool dans le produit de la distillation ayant été déterminée, on a cherché par le calcul la quantité correspondante d'alcool à 50 p. 100 en volume. Voici les résultats de quatre expériences :

## V.

Expériences.	Lichen employé.	Sucre de raisin dans la liqueur.	Alcool à 50 p. 100.
Numéro.	grammes.	grammes.	grammes.
1	500	290	145
2	250	153	86
3	250	150	122
4	250	170	150

Dans ces fermentations sur une petite échelle, suivies de distillation dans une cornue de verre, il y a des causes de pertes assez difficiles à surmonter. Cependant en multipliant les soins, j'ai augmenté progressivement le rendement comme on peut le voir, et plus tard j'ai obtenu plusieurs fois l'excellent résultat de l'expérience quatrième. En opérant en grand, on doit pouvoir obtenir des résultats meilleurs encore.

L'alcool que fournit ce procédé appliqué à la mousse des rennes a un goût et une odeur aromatique particuliers qui rappellent les amandes. Tel quel, il est d'une bonne qualité ; mais on peut le purifier facilement par le charbon.

Dans les pays du Nord, les lichens, comme il a été déjà dit, couvrent des étendues de terrain immenses ; la récolte pouvant se faire par des enfants et des vieillards en raison de 80 k. par jour et par ouvrier, la matière première est à très-bas prix et la fabrication de l'alcool<sup>4</sup> peut devenir une ressource importante pour ces contrées.

<sup>4</sup> Un premier essai sur une plus grande échelle, qui a été facilité par le gouvernement de Stockholm, fournit 700 litres d'alcool à 50 p. 100 par jour. (Réd.)

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

G.-W. WIGNER. SUR LA PILE DE GROVE. (*Philosophical Magaz.*, juin 1868.)

Appelé à faire un grand nombre d'expériences nécessitant l'emploi de piles de Grove puissantes, j'ai été conduit à apporter dans leur arrangement ordinaire plusieurs modifications ayant pour but d'augmenter beaucoup la constance du courant, et de permettre de monter la pile plus facilement.

La première condition à remplir était de diminuer la résistance intérieure de la pile. On y est parvenu par quatre moyens.

1° La partie supérieure de chaque plaque de zinc, à laquelle la plaque de platine est vissée, a été soigneusement limée, de manière à présenter une surface parfaitement plane, et l'on serre les vis autant que possible. On obtient ainsi une grande surface de contact au lieu d'un petit nombre de points comme cela a lieu habituellement. L'oxydation entre les deux plaques est aussi fortement diminuée. On nettoie naturellement la partie en contact chaque fois qu'on se sert de la pile.

2° L'épaisseur des plaques de platine a été augmentée, car lorsqu'elles ont l'épaisseur ordinaire, elles opposent une résistance assez grande au courant.

3° On a rapproché le zinc et le platine, diminuant ainsi l'épaisseur du liquide à travers laquelle le courant doit passer dans chaque élément. Plusieurs fois on a mis les plaques de zinc au contact immédiat avec le diaphragme poreux, sans inconvénient apparent.

4° Enfin on a choisi des vases poreux blancs, d'une com-

position très-serrée et uniforme, réunissant ainsi les deux conditions nécessaires de bonne conductibilité, et de pores suffisamment petits pour empêcher le mélange des acides.

Le second point à obtenir était d'empêcher les actions locales; on y est parvenu, en mettant une petite quantité de mercure au fond de chaque élément, en contact avec le zinc qui se trouvait par ce moyen ainsi toujours complètement amalgamé. En outre, les zincs étaient faits de deux pièces : une pièce plate de 4  $\frac{1}{2}$  pouces sur 3 pour l'un des côtés du vase, et une pièce courbée pour porter le platine; la communication entre les deux morceaux était formée par le mercure au fond du vase. Cette modification est très-commode, parce que l'on peut enlever l'un des zincs, sans toucher aux éléments voisins. Cette disposition est aussi plus économique, le coût de chaque zinc étant moindre et sa durée plus grande; en effet, avec l'ancienne forme, les zincs se cassaient toujours à la courbe inférieure, longtemps avant qu'ils fussent usés.

Il restait une autre cause de perte de force provenant des circuits qui se formaient d'un élément à l'autre, ainsi qu'entre les pôles de la pile et le sol par l'humidité et les acides condensés : ces courants avec une pile de cent vingt éléments, étaient assez forts pour que l'on ressentît une secousse douloureuse lorsqu'on touchait les vis terminales de la pile, en étant debout sur le sol formé de dalles de pierre.

Pour obvier à cela, on a fixé longitudinalement deux tiges de verre d'un demi-pouce de diamètre sur le fond de chaque caisse contenant les éléments qui reposaient sur ces tiges; en sorte que toute l'humidité pouvant se condenser, se déposait hors de contact avec les éléments. Les caisses et les petits morceaux de bois intercalés entre chaque élément étaient en chêne, desséchés à l'étuve pendant douze heures, et revêtus de trois couches de vernis à la gomme-laque; et lorsqu'on employait chaque caisse (de dix éléments), on l'isolait par une autre série de tiges de verre, en sorte que

la perte, par les circuits locaux, était réduite à un minimum.

J'ai trouvé aussi un grand avantage à faire travailler les piles en face d'un grand feu ; les fumées de l'acide sont emportées par la cheminée, et la condensation diminue beaucoup.

J'ai essayé ensuite d'augmenter la constance de la pile.

Le premier pas était naturellement d'augmenter les dimensions des cellules extérieures, pour empêcher l'acide sulfurique de se saturer rapidement de zinc.

J'essayai ensuite l'effet d'un acide nitrique plus fort, même jusqu'à 1,540 de densité. Mais je me suis arrêté pour le moment à l'acide nitro-sulfurique, et les résultats que j'ai obtenus sont très satisfaisants, montant dans un cas à une perte de seulement dix-huit pour cent de la lumière, dix heures après avoir monté les piles, et après plus de six heures pendant lesquelles le circuit avait été fermé. Si l'on n'a besoin que de faire marcher la pile pendant cinq heures, deux parties en poids d'acide nitrique (densité 1,300), pour cinq d'acide sulfurique (densité 1,845) forment une très-bonne proportion ; mais s'il faut que la pile travaille plus longtemps, la proportion d'acide nitrique peut être augmentée jusqu'à trois et demie. J'ai opéré une fois d'une manière satisfaisante, pendant quatre heures avec soixante éléments et seulement un d'acide nitrique, pour cinq d'acide sulfurique. Je n'ai pas trouvé que ce changement amenât une usure excessive du zinc, et l'économie pour ce qui concerne l'acide est évidente.

L'acide sulfurique dilué que j'emploie est en général formé de un volume d'acide pour six d'eau.

Maintenant quelques mots sur la manière de remplir les éléments.

L'ancien emploi d'un broc et d'un entonnoir est lent et insuffisant, et j'ai adopté avec grand succès le principe du siphon, pratiqué comme suit. Je mêle les acides dans deux grandes jarres en grès, pourvues de bouchons ayant deux trous

chacun. A travers l'un de ces trous un tube de verre descend jusqu'au fond de la jarre. Il est recourbé à l'extérieur sur une longueur de deux ou trois pouces. On fixe à cette extrémité du tube un tube de caoutchouc de six pieds de long environ, portant à son extrémité un bout de tube de verre, de trois pouces environ de longueur. Ce tube de verre est légèrement aplati à la lampe, pour faciliter son entrée dans les cellules. Pour régulariser et arrêter le courant d'acide, j'ai fait usage d'un ressort à pince de Mohr, qui serre le tube de caoutchouc. L'autre trou dont chaque bouchon est pourvu est un tube à souffler, ne pénétrant que très-peu dans la jarre, et destiné à aider au chargement des siphons. Ceux-ci une fois chargés, il est très-facile de passer l'ajutage de cellule en cellule (arrêtant l'acide en même temps avec le ressort à pince), sans répandre une seule goutte ; cela peut être fait si rapidement que j'ai souvent chargé soixante éléments avec les deux acides (sans le secours d'aucun aide), en vingt ou vingt-cinq minutes. Les jarres d'acide doivent naturellement être placées à quatre pieds environ au-dessus du niveau de la pile. Le tube de caoutchouc doit être lavé aussitôt après avoir servi, avec de l'eau contenant un peu d'alcali ; il dure ainsi très-longtemps.

Quant aux résultats que j'ai obtenus par ces divers changements, il sera peut-être suffisant de donner quelques mesures de la puissance de la lumière entre des pointes de charbon, réduite à celle donnée par des bougies normales de spermaceti.

Soixante éléments construits selon le mode ordinaire et réunis donnent une lumière égale à celle de 1860 bougies.

Dimension du platine  $5 \times 2 \frac{1}{4}$ .

Soixante éléments comme ci-dessus, mais des zincs soigneusement limés = 2930 bougies.

La même quantité d'éléments isolés avec des tiges de verre l'acide nitro-sulfurique, du mercure dans les cellules, etc., moyenne de neuf mesures, = 5360 bougies.

Comme comparaison, j'ai pris les trois mesures suivantes de la lumière des piles de même taille employées à Londres.

N° 1 . . .	58 éléments . . .	4560 bougies.
N° 2 . . .	50 » . . .	926 »
N° 3 . . .	60 » . . .	976 »

Ces mesures varient beaucoup, mais elles font voir toutefois que mes résultats sont très-bons.

Prof. GUTHRIE. SUR UNE FORME NOUVELLE DE VOLTAMÈTRE ET VOLTASTAT. (*Philosophical Magazine*, mai 1868.)

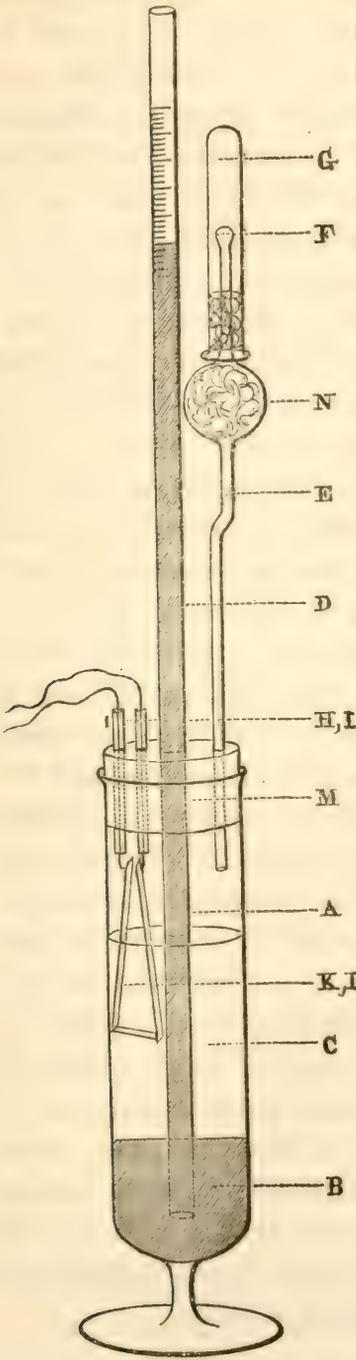
On peut employer cet appareil avec avantage lorsqu'il s'agit d'obtenir un courant constant pendant un assez long espace de temps. En le plaçant dans le circuit, il permet le passage d'une certaine portion du courant électrique, et en mesure la quantité. En voici la description telle qu'elle est donnée par l'auteur.

A est une large éprouvette renfermant une certaine quantité de mercure B, au-dessus duquel se trouve en C de l'acide sulfurique étendu d'eau. Un long tube D, ouvert aux deux extrémités, et passant à travers le bouchon M, plonge dans le mercure. Le tube E, ouvert dans le bas et muni en N d'un renflement contenant des fragments de toile, passe à travers le bouchon M. L'extrémité supérieure de ce tube est close, à l'exception d'une ouverture microscopique pratiquée en F. Deux fils de métal, H et I, servant d'électrodes, sont protégés par des tubes de verre à leur passage à travers le bouchon M. K et L représentent des électrodes en platine, ayant la forme de bandes étroites de ce métal, qui se rapprochent dans leur partie supérieure mais sont maintenues séparées, soit en haut, soit en bas, par le moyen de petites tiges de verre soudées au platine. Enfin, une petite éprouvette G, séparée du tube A par des fragments de toile, sert à garantir de la poussière l'extrémité supérieure de ce tube.

Dans la construction de l'appareil ci-contre, le seul point qui demande quelque attention

est la perforation de l'orifice capillaire F. La meilleure manière d'y arriver consiste à souffler à l'extrémité du tube une boule, dans laquelle on pratique une très-petite ouverture au moyen du chalumeau, en permettant au verre ramolli par la chaleur de s'affaisser pendant qu'on injecte continuellement de l'air. On peut obtenir ainsi une ouverture en F assez petite pour que le mercure, lorsqu'il se trouve au sommet du tube D, ne puisse pas en descendre en moins de dix minutes à un quart d'heure. Le bouchon, ainsi que le sommet du tube sont rendus imperméables à l'air au moyen de la cire à cacheter.

Maintenant, si l'on fait communiquer les fils de métal H et I avec les pôles d'une pile, l'eau en C se décompose, et l'hydrogène ne pouvant s'échapper que par l'orifice capillaire F, l'obstacle que présente cet orifice force le mercure à monter dans le tube D. Cette ascension du mercure produit un double effet: d'une part elle force le gaz à passer en plus grande quantité à travers l'orifice F, tandis qu'en découvrant en même temps, par suite de la pression sur



le liquide, une partie des électrodes, elle tend toujours à éloigner davantage leurs portions actives les unes des autres. Il en résulte naturellement une diminution dans la quantité de gaz produit. En d'autres termes, un accroissement dans l'intensité du courant produit des effets de nature à diminuer l'intensité de ce même courant. L'instrument sert ainsi en quelque sorte de régulateur du courant, et peut, sous ce rapport, être comparé au régulateur de la machine à vapeur.

On remarque que, lorsque le mercure a atteint une certaine élévation dans le tube D, il se maintient à peu près à cette hauteur pendant plusieurs heures. Or, puisqu'une hauteur donnée du mercure dans le tube D dépend d'une certaine pression à l'intérieur, et que cette pression correspond au degré de vitesse avec laquelle l'hydrogène s'échappe à travers l'orifice F, il s'ensuit que la quantité d'électricité qui passe à travers l'appareil est mesurée directement par la hauteur de la colonne de mercure. Le rapport qui existe à chaque moment entre la hauteur de cette colonne et la quantité d'électricité qui passe, peut être estimé, soit au moyen du galvanomètre, soit en recevant dans une éprouvette l'hydrogène qui passe à travers l'orifice capillaire F.

Il doit néanmoins se manifester une dépression extrêmement graduelle du mercure dans le tube D, lors même que le courant reste constant, à cause du déplacement d'une portion du liquide acidulé par suite de l'électrolyse. On peut cependant le plus souvent la négliger, spécialement lorsqu'on se sert de l'appareil comme voltastat. Il est évident, en effet, que, puisque une certaine hauteur de la colonne de mercure correspond à une intensité donnée du courant, la quantité de liquide déplacée en C dans un temps donné sera mesurée par la hauteur de cette colonne. De là, connaissant les diamètres relatifs des tubes D et A et la quantité d'eau décomposée dans un temps donné, un calcul très-simple suffira pour opérer la petite correction voulue.

## CHIMIE.

II. ZSCHIESCHE. POIDS ATOMIQUE DU LANTHANE. (*Journal für praktische Chemie*, tome CIV, page 174.)

La plupart des déterminations du poids atomique du lanthane ont été faites à une époque où l'on n'avait aucun moyen certain de s'assurer de l'absence du didyme. Depuis que M. Gladstone a découvert la propriété de ce dernier métal de déterminer, dans les dissolutions qui en renferment, des lignes d'absorption du spectre, on a un moyen extrêmement sensible pour constater sa présence.

L'auteur étant parvenu à purifier le sulfate de lanthane au point qu'une dissolution, saturée à froid de ce sel, ne présentait sur une épaisseur de 17 centimètres aucune trace des lignes d'absorption du didyme, il s'est servi de ce sel pour reprendre la détermination du poids atomique du lanthane.

Il a employé dans ce but une méthode très-simple. Ce sulfate, en effet, peut être facilement rendu anhydre par la dessiccation à une température de 230 degrés. D'un autre côté, l'auteur a constaté que, par une calcination suffisamment prolongée au rouge blanc, au moyen du chalumeau à gaz, ce sel perd la totalité de son acide sulfurique, de même que cela a lieu pour les sulfates d'erbine et de didyme d'après les observations de M. Werther. Il est donc facile de déterminer ainsi les proportions relatives d'acide sulfurique et d'oxyde de lanthane.

D'après la moyenne de six analyses, le sulfate de lanthane cristallisé serait composé de :

Eau . . . . .	22,5883
Acide sulfurique . . . . .	33,2533
Oxyde de lanthane . . . . .	44,1251
	<hr/>
	99,9669

On calcule d'après ces résultats que le poids atomique de l'oxyde de lanthane est 53,07 ou 53, et celui du lanthane 45. Ce nombre est notablement inférieur à ceux qui avaient été

obtenus dans la plupart des déterminations antérieures et qui étaient en général compris entre 46 et 47.

Parmi les caractères indiqués par l'auteur, comme preuves de la pureté de son oxyde de lanthane, nous devons citer le fait que cet oxyde n'éprouvait aucune augmentation de poids par la calcination dans un courant d'oxygène et aucune diminution par la calcination dans un courant d'hydrogène. Suivant lui, le phénomène de suroxydation observé par d'autres chimistes serait toujours la preuve de la présence de l'oxyde de didyme.

Il me paraît impossible d'attribuer à la présence du didyme, dans les produits employés par les précédents expérimentateurs, la différence considérable qui existe entre leurs résultats et celui qu'a obtenu M. Zschiesche. En effet, le poids atomique du didyme étant de 48, il faudrait, pour expliquer cette différence, que ces expérimentateurs eussent opéré sur un oxyde de lanthane renfermant la moitié, ou au moins le tiers de son poids d'oxyde de didyme, supposition évidemment inadmissible.

Quelque simple que soit la méthode employée par l'auteur dans ses analyses du sulfate de lanthane, il est à regretter qu'il ne fasse aucune mention des précautions qu'il peut avoir prises pour écarter deux causes d'erreur qui auraient pu l'affecter. L'une est la perte de poids que subissent presque toujours les creusets de platine lorsqu'ils sont soumis pendant longtemps à une très-forte calcination; l'autre consiste dans la possibilité de l'entraînement d'une partie du sel pulvérulent par les vapeurs d'acide sulfurique. Ce qui pourrait faire supposer que ses expériences n'ont pas été complètement à l'abri de quelque cause d'erreur de ce genre, c'est qu'elles présentent entre elles des discordances bien plus fortes qu'on ne devrait l'attendre dans des opérations aussi simples. En effet, dans les six analyses de l'auteur le poids atomique du lanthane a varié de 44,472 à 45,625.

Dans le tableau donné par l'auteur de toutes les déterminations antérieures du poids atomique du lanthane, il me cite

comme ayant trouvé le nombre 47. C'est, en effet, celui que j'avais indiqué comme résultant de mes premières expériences<sup>1</sup>. Mais plus tard<sup>2</sup>, à propos de mes recherches sur le didyme, j'ai reconnu que la méthode suivie dans mes premiers essais conduisait à un résultat trop élevé. Je trouve, dans mes notes de cette époque, une série d'expériences que je n'ai jamais publiées, et qui me donnaient, pour le poids atomique du lanthane, le nombre 46,4 coïncidant presque exactement avec les résultats obtenus par MM. Mosander, Holzmann, Czudnowicz et Hermann. C. M.

---

 MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

Charles MARTINS et Edouard COLLOMB. ESSAI SUR L'ANCIEN GLACIER DE LA VALLÉE D'ARDELÈS (Hautes-Pyrénées). (*Mémoires de l'Académie des Sciences de Montpellier*, 1867, tome VII.)

Les traces laissées dans les Pyrénées par les glaciers lors de leur grande extension à l'époque dite glaciaire, avaient déjà été signalées, mais n'avaient été décrites dans aucune partie de cette chaîne avec le soin que MM. Martins et Collomb ont mis à faire connaître l'ancien glacier de la vallée d'Argelès. Cette grande masse n'avait pas moins de 53 kilomètres de longueur et occupait 1400 kilomètres carrés: elle s'étendait des Tours de Marboré jusqu'au village d'Adé, avec une pente de 0<sup>m</sup>.039 par mètre. Ce glacier descendait des divers cirques voisins de la crête des Pyrénées, et avec ses affluents il occupait une largeur de 50 kilomètres depuis le pic Cuje-la-Palas ou Mourrous jusqu'au cirque d'Héas ou de Troumouse. Les cirques où il prenait sa source sont dominés par de nombreux pics qui atteignent jusqu'à 3290 mètres de hauteur. « On ne saurait, disent les auteurs, imaginer une disposition orographique plus propice à l'établissement

<sup>1</sup> Voyez *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVII, p. 228.

<sup>2</sup> *Ibidem*, t. XXXVIII, p. 151.

« d'un grand glacier, en supposant un ensemble de conditions météorologiques différentes de celles qui constituent actuellement le climat des Pyrénées. » Aussi, à partir de l'ancienne moraine située dans le cirque de Gavarnie, qui est la plus élevée, on reconnaît en descendant la vallée de nombreuses traces qui attestent le passage d'un glacier, ce sont : des blocs erratiques, des moraines d'espèces diverses, de la boue glaciaire, des cailloux polis et striés, etc. Nous ne reproduisons pas les détails, les observations variées et les nombreuses mesures barométriques qui donnent au travail de MM. Martins et Collomb une précision digne d'être imitée. Nous dirons simplement que ces savants ont démontré que l'ancien glacier de la vallée d'Argelès avait eu 750<sup>m</sup> de puissance entre Gavarnie et Gèdre, et 790<sup>m</sup> aux environs de la ville d'Argelès. Près du Pic-de-Jer le glacier n'a atteint que 420 à 450<sup>m</sup> de puissance, parce qu'il commençait à s'étendre dans la plaine. La moraine latérale droite est déposée près de Louzourm : la moraine médiane est sur le Béout (422<sup>m</sup> au-dessus de la vallée), et la moraine latérale gauche est sur le Soum d'Exh (407<sup>m</sup>). La moraine terminale forme un arc de cercle passant par les villages de Peyrouse, Loubayac, Adé, Juloz et d'Arcizac-ès-Angles, et renferme le lac morainique de Lourdes. Dans l'intérieur de cet arc de cercle les blocs erratiques sont nombreux et l'on compte sept moraines entre Lourdes et Adé. Les Pyrénées présentent donc aussi bien que les Alpes et les Vosges des faits qui attestent un énorme développement de glaciers à une époque peu reculée.

MM. Martins et Collomb ont ajouté à leur mémoire de précieux renseignements sur les animaux quaternaires, émigrés, éteints ou vivant encore dans la plaine sous-pyrénéenne, et ils pensent que cette faune a été contemporaine de l'époque glaciaire. C'est à M. Lartet qu'ils doivent la liste des mammifères, et à M. Alph. Milne-Edwards celle des oiseaux. Nous aurions désiré avoir quelques détails sur les gisements de ces animaux ; les auteurs se bornent à nous dire qu'ils ont été trouvés dans les alluvions quaternaires, dans des cavernes et

autres gisements du sud-ouest de la France; mais on sait qu'il est difficile de lier les gisements des cavernes au terrain glaciaire, et que les alluvions quaternaires sont pour la plupart postérieures au développement des glaciers, par conséquent, il ne nous semble pas prouvé que tous les animaux indiqués aient été contemporains de l'époque glaciaire des Pyrénées. Quant à l'homme de l'âge de la pierre, *il a pu*, suivant nos auteurs, assister à la naissance, au développement et à la retraite des anciens glaciers, mais nous ne devons pas en conclure qu'il ait réellement été témoin de ces grands phénomènes.

A. F.

---

#### SUR LES CARTES GÉOLOGIQUES DE LA SUISSE.

Ceux de nos lecteurs qui s'intéressent au mouvement scientifique suisse liront avec plaisir le jugement porté par deux hommes très-compétents sur les cartes publiées par la Commission géologique de la Suisse.

Voici ce que M. Ch. Martins a écrit dans la *Revue des Deux Mondes* (mai 1868, p. 255): il commence par faire allusion aux cartes géologiques publiées en France: « Nos voisins  
 « nous ont dépassés, dit-il; la carte géologique de l'Angle-  
 « terre, par MM. Murchison, Ramsay, Geikie et les autres  
 « membres du *Geological Survey*, est un chef-d'œuvre d'exac-  
 « titude, et compte déjà trois cents feuilles environ; celles  
 « de la province de Victoria, en Australie, et de l'Inde an-  
 « glaise s'avancent rapidement. Nous devons à M. de Dechen  
 « une très-belle carte de la Prusse, à M. Gumbel celle de la  
 « Bavière; mais celle qui me paraît réunir toutes les condi-  
 « tions imaginables, c'est la carte géologique de la Suisse,  
 « qui s'exécute sous la direction de MM. Studer, Pierre Me-  
 « rian, A. Escher de la Linth, Desor, de Loriol et A. Favre.  
 « Autour d'eux se sont groupés des collaborateurs zélés et  
 « capables, professeurs, ingénieurs, agriculteurs et même  
 « simples amateurs. Depuis 1860, on a vu paraître successi-  
 « vement quatre volumes in-4° de texte, cinq grandes feuilles,

« et quinze plus petites. Je ne serai démenti par aucun con-  
« naisseur quand je dirai que celles consacrées au canton des  
« Grisons, par M. Théobald, sont, comme fidélité et comme  
« exécution, ce qui a paru de plus remarquable en ce genre.  
« La magnifique carte du général Dufour, tant admirée à  
« l'exposition universelle, est la base topographique du tra-  
« vail. Sur une des feuilles des Grisons, il n'y a pas moins de  
« trente-huit teintes si habilement choisies que les terrains  
« se distinguent nettement sans que l'ensemble paraisse ba-  
« riolé. Quiconque a visité les hautes montagnes de ce canton  
« peut se faire une idée du dévouement, de la persévérance  
« et de la sagacité qu'il a fallu pour débrouiller ce chaos de  
« terrains bouleversés. Aucun des travaux de cabinet exécu-  
« tés soit par les membres de la commission, soit par les géo-  
« logues qui opèrent sur le terrain n'est rémunéré. La satis-  
« faction d'avoir servi la science, la reconnaissance de leurs  
« compatriotes, l'approbation du Conseil fédéral, sont leur  
« seule récompense; aussi jamais dans aucun pays un pareil  
« monument n'a-t-il été édifié à moins de frais. Les cinq  
« grandes feuilles, les quinze plus petites et les quatre volu-  
« mes in-4° ont coûté 56,000 francs ! Voilà l'exemple que la  
« Suisse donne au monde scientifique. Pour ce travail, elle  
« n'a eu besoin de recourir à aucun secours étranger. Dans  
« ses étroites frontières, elle a tout trouvé, organisateurs,  
« géographes, topographes, géologues, dessinateurs, impri-  
« meurs, graveurs, coloristes, et tout dans cette œuvre porte  
« l'empreinte de la perfection. Faisons des vœux pour que la  
« France, qui a donné l'exemple et la première impulsion,  
« rentre dans la lice et reprenne le rang qui lui appartient. »

La seconde citation que nous ferons au sujet des cartes de la Suisse est tirée du rapport sur les cartes géologiques que M. E. Fuchs a fait au jury international de l'Exposition universelle de 1867. M. Fuchs commence à traiter d'abord des généralités relatives aux principes fondamentaux et aux tendances qui ont présidé à l'exécution des cartes géologiques, puis il rend compte des cartes des diverses parties de la

France (Ariège, Creuse, Haute-Vienne, Moselle, Haut-Rhin, Haute-Marne, Seine, Vienne, Jura, 62 feuilles du nord de la France des cartes de l'état-major coloriées géologiquement, et Algérie), de la Suède, de la Norwége et enfin de celles de la Suisse au sujet de laquelle il s'exprime de la manière suivante :

« La structure géologique de la Suisse, doublement intéressante à cause de sa complication et des conquêtes importantes que fournit à la science la solution des difficultés qu'elle présente, a été depuis longtemps l'objet de nombreuses et importantes investigations.

« Étudiée dans son ensemble par les plus éminents géologues, et plus spécialement par MM. Léopold de Buch, Studer, Élie de Beaumont, elle est depuis quelques années l'objet d'explorations détaillées, faites sous la direction d'une commission, dépendant elle-même de la Société helvétique des Sciences naturelles, et composée de géologues ayant tous un nom dans la science : MM. Studer, Desor, Escher de la Linth, A. Favre, de Loriol et Merian.

« Cette commission choisit dans les différents cantons de la Suisse des géologues qui possèdent sa confiance, et auxquels elle donne la mission d'explorer les districts dont elle veut aborder l'étude<sup>1</sup>. A la fin de chaque campagne les observations des explorateurs sont réunies et contrôlées par la Commission; après examen, et, s'il y a lieu, vérification contradictoire sur le terrain, elles sont publiées, ainsi que les mémoires à l'appui, sous la responsabilité des géologues qui ont exécuté le travail.

« Nous sommes entré dans ces détails afin de montrer les

<sup>1</sup> Les principaux géologues employés actuellement sont : M. Albert Müller (vallée de Maderan, voisinage du Saint-Gothard), M. Théobald (Grisons), M. Mœsch (Jura), M. Kaufmann (environs de Lucerne), M. de Fellenberg (la haute région entre le Valais et l'Oberland bernois), M. Gilliéron (Alpes des environs de Fribourg), M. Jaccard (Jura de Neuchâtel et Jura vaudois), M. Gerlach (chaîne méridionale du Valais, du Mont-Blanc au Simplon).

« beaux résultats que peut obtenir l'initiative individuelle,  
 « même quand il s'agit de grandes entreprises scientifiques.  
 « La seule attache administrative de tout le personnel est une  
 « allocation annuelle de 8,000 francs votée par le Conseil fédéral<sup>1</sup>; cette somme doit suffire non-seulement à la rémunération des géologues chargés du travail, mais encore à l'impression des mémoires et des cartes<sup>2</sup>.

« Les résultats obtenus à l'aide de ces modestes ressources  
 « sont remarquables à tous égards, surtout si l'on se rappelle  
 « qu'il y a 4 ans<sup>3</sup> à peine que la Commission s'est constituée.

« C'est d'abord la carte géologique du canton de Bâle, au  
 « 1/50,000<sup>4</sup>, par M. A. Muller; ce sont ensuite quatre feuilles  
 « coloriées de la carte topographique du général Dufour (il  
 « y en a vingt-cinq pour la Suisse entière), sur laquelle tout  
 « le travail sera finalement reporté. Les feuilles qui sont  
 « aujourd'hui achevées, imprimées et livrées au commerce,  
 « sont: 1° le Vorarlberg (X); 2° les environs de Coire (XV);  
 « 3° le massif de la Bernina (XX), dressées toutes les trois  
 « par M. Théobald; 4° les rives du Rhin, de Schaffhouse à  
 « Bâle (III), par M. Moesch; 5° quelques travaux de détail,  
 « parmi lesquels il faut citer: une carte au 1/25,000, de  
 « M. Moesch, des environs de Brugg (Argovie), une remar-  
 « quable monographie du mont Pilate (carte, coupe, mé-  
 « moire), par M. Kaufmann, qui a étudié dans tous leurs dé-  
 « tails les dislocations et les repliements de la craie et du Jura  
 « supérieur. A toutes ces publications il faut ajouter, bien  
 « qu'elle soit une œuvre tout indépendante et personnelle,  
 « la belle carte du massif du Mont-Blanc (au 1/150,000), par

<sup>1</sup> Cette allocation a été un peu augmentée depuis quelques années.

(*Réd.*)

<sup>2</sup> Il est vrai que les fonctions des membres de la Commission sont gratuites, et que même leurs voyages sont à leurs frais.

<sup>3</sup> Il y a sept ans.

(*Réd.*)

<sup>4</sup> La Commission espérait pouvoir faire son travail complet à cette échelle, mais, faute de cartes topographiques toutes prêtes, elle a dû y renoncer.

« M. Alphonse Favre, qui résume la plus grande partie de la  
« carrière scientifique de l'auteur, et qui a provoqué les inté-  
« ressantes observations de ce dernier sur l'antiquité et la  
« formation sédimentaire de la protogine.

« Bien que ces travaux émanent de personnalités très-di-  
« verses, ils présentent pourtant dans leur ensemble un ca-  
« chet d'unité très-remarquable. Ce qui les distingue avant  
« tout, c'est le soin extrême apporté à leur exécution : les  
« contours sont étudiés, dessinés et gravés avec un soin dou-  
« blement précieux dans des localités d'un abord si difficile,  
« et la plus grande conscience a présidé partout au tracé des  
« moindres détails.

« Au point de vue scientifique, l'ensemble de ces docu-  
« ments porte incontestablement l'empreinte de la tendance  
« paléontologique, circonstance qui doit s'expliquer, non-  
« seulement par les aptitudes spéciales des auteurs, mais en-  
« core par les difficultés que, de leur propre aveu, ils ont  
« rencontrées dans l'étude stratigraphique de contrées aussi  
« bouleversées que la Suisse. »

---

SCHIMPER. DES CALAMITES ET PRÊLES FOSSILES. (*Société d'his-  
toire naturelle de Strasbourg, séance du 5 février 1868.*)

M. Schimper a parlé des Équisétinées des époques houil-  
lère, triasique et jurassique, et a tâché de prouver que les  
Calamites doivent avoir leur place dans cette classe de Cryp-  
togames vasculaires, non-seulement à cause de la structure  
externe et interne de la tige, mais aussi à cause de leurs or-  
ganes de fructification, qui montrent une grande analogie  
avec ceux des Prêles de l'époque actuelle. Il a fait voir que  
les épis fossiles qu'on avait pris pour des épis de Calamites, et  
qui se distinguent par leur grande ressemblance avec les  
chatons des Lycopodiacées, n'appartiennent pas aux Calami-  
tes, mais bien aux *Annularia* et aux *Sphenophyllum*, genres  
fossiles qui établissent le passage des Equisétacées aux Lycopodi-  
acées.

M. Schimper a en outre prouvé, en mettant sous les yeux de la Société de fort beaux échantillons et de nombreux dessins, que toutes les tiges fossiles du grès bigarré, des marnes irisées et des couches rhétiques, qu'on avait désignées sous le nom de *Calamites*, appartiennent au genre *Equisetum*.

C'étaient des Prêles gigantesques dont les troncs avaient un diamètre d'au delà 12 centimètres et une hauteur de 8 à 10 mètres; les rameaux qui en garnissaient la partie supérieure, sous forme de couronne, étaient simples et portaient à leur extrémité un épi de la grosseur d'un œuf de pigeon, et organisé exactement comme les épis de nos Prêles vivantes. Les rhizomes souterrains étaient très-développés et donnaient naissance, comme ceux de beaucoup de nos Prêles, à des tubercules qui avaient la forme et la grosseur d'un œuf de poule.

D'après M. Schimper, l'*Equisetum columnare* Brongt., du bathonien de Scarborough, serait spécifiquement différent de l'espèce homonyme des marnes irisées.

---

#### ZOOLOGIE. ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

SEMPER. SUR UNE NOUVELLE CLASSE D'ÉCHINODERMES. (*Verhandl. der physik.-medizinischen Gesellschaft in Würzburg*, 6. Juni 1868.)

M. Semper a fait une étude anatomique du genre *Rhopalodina* Gray, qui l'a conduit à des résultats assez remarquables. L'animal avait été classé par M. Gray, à cause de la forme de son corps, parmi les Holothuries. Ce corps est, en effet, formé d'une partie antérieure ayant la forme d'un pédoncule cylindrique et d'une partie postérieure ou abdomen sphérique. Dans cette dernière région, au point opposé à l'insertion du pédoncule, se voient dix ambulacres auxquels correspondent dans l'intérieur, comme chez les Holothuries, dix muscles radiaux, dix canaux aquifères avec leurs ampoules et dix nerfs. Ces dix rayons de l'abdomen se prolongent d'ailleurs dans le pédoncule, mais sans y porter de pieds.

A l'extrémité libre du pédoncule se trouvent la bouche et l'anus à côté l'un de l'autre. Le bord de la bouche est entier; celui de l'anus est formé par un cercle de dix papilles. La couronne de tentacules du pharynx est formée de dix tentacules pennés qui, chez les deux individus étudiés par M. Semper, étaient cachés dans la cavité buccale. Le pharynx et la partie terminale de l'intestin cheminent donc l'un à côté de l'autre dans l'intérieur du pédoncule. Au point où le pédoncule s'élargit pour former l'abdomen sphérique, l'intestin anal porte quatre longs cœcum, comparables aux poumons des Holothuries. Au point correspondant du pharynx, entre cet organe et l'intestin, apparaît une petite tuméfaction servant d'attache à une foule de petits tubes aveugles. Ce sont là des organes générateurs construits sur le type de ceux des Holothuries. L'estomac forme dans l'abdomen une spirale à tours nombreux et une double anse.

Des dix rayons que nous avons mentionnés, cinq correspondent au pharynx et cinq à l'intestin. Les cinq muscles radiaux du pharynx s'attachent comme chez les Holothuries à cinq pièces radiales de l'anneau calcaire pharyngien, qui est formé de dix pièces en tout. En ce lieu doit exister un vaisseau aquifère circulaire, comme cela résulte de l'existence de deux vésicules de Poli. Autour de l'anus, immédiatement au-dessous de la couronne de papilles anales, se trouve aussi un anneau calcaire, composé de dix pièces à forme très-régulière et les cinq muscles radiaux de l'intestin s'attachent aux cinq pièces radiales. L'anneau calcaire du pharynx est placé un peu plus profondément dans le pédoncule que celui de l'intestin : aussi une section du pédoncule au niveau de la racine des tentacules buccaux montre bien les cinq muscles radiaux de l'intestin, mais point ceux du pharynx. Les petites dimensions de l'objet n'ont malheureusement pas permis de reconnaître comment les vaisseaux aquifères des rayons se comportent au voisinage des anneaux calcaires. L'existence d'un double anneau calcaire et la division des rayons en cinq rayons intestinaux et cinq rayons pharyngiens pourrait faire

supposer qu'il existe deux vaisseaux circulaires. Admet-on d'ailleurs, malgré cette disposition, un anneau nerveux unique et un vaisseau aquifère circulaire unique, il n'en est pas moins impossible de rattacher ce singulier animal à la forme typique des Holothuries, malgré les affinités incontestables que nous avons signalées dans les organes internes. On pourrait, il est vrai, supposer les Rhopalodina résultées d'un Psolus ou d'un Colochirus dont le cône buccal et le cône anal se seraient fort allongés et soudés l'un à l'autre. Mais bien que cette transformation pût produire une forme analogue aux Rhopalodina, les rayons ne pourraient pas y être disposés comme chez ces animaux. Les deux rayons dorsaux devraient au contraire disparaître entièrement, et on devrait trouver au pédoncule deux groupes de trois rayons se continuant l'un dans l'autre à l'extrémité de l'abdomen (trivium replié).

Chez tous les Échinodermes vivants, l'anوس est placé ou bien à l'opposé de la bouche, au centre de la disposition radiaire, ou bien dans un interradium. Chez quelques Crinoïdes fossiles seulement (les *Crinoidea tessellata*), il existe plus de cinq rayons disposés autour d'une ouverture centrale unique. Ce sont en réalité là les seuls Échinodermes chez lesquels on pourrait supposer une disposition du pharynx et de l'intestin, par rapport aux rayons, semblable à celle que M. Semper décrit chez les Rhopalodines. Toutefois ces dernières ne sauraient être réunies aux Crinoïdes à cause de la structure tout autre de leurs ambulacres, sans compter que la conformation de leurs organes internes les rapproche bien plus des Holothuries. L'auteur ne voit pas d'autre moyen de résoudre la difficulté que de créer pour ces singuliers animaux une nouvelle classe sous le nom d'*Échinodermes diplostomes*. Il nous promet d'ailleurs une description circonstanciée du genre Rhopalodina, dans un supplément à son grand ouvrage sur les Holothuries.

E. C.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUILLET 1868.

Le 1<sup>er</sup>, hâle toute la journée.

- 2, forte bise, violente de minuit à 4  $\frac{1}{2}$  h. du matin.
- 3, couronne solaire à plusieurs reprises. Quelques coups de tonnerre à 3  $\frac{1}{2}$  h. après-midi au SE. et à l'Est.
- 8, hâle très-prononcé de 9 h. du matin à 6 h. du soir.
- 9, forte rosée le matin ; hâle très-intense toute la journée, surtout le matin.
- 10, halo solaire partiel de 7  $\frac{1}{2}$  h. à 9  $\frac{1}{2}$  h. du matin.
- 11, rosée le matin.
- 12, éclairs et tonnerres de 6  $\frac{1}{2}$  h. à 7  $\frac{1}{2}$  h. du soir, l'orage passe à l'Est de l'Observatoire du Sud au Nord. Un second orage éclate à 7  $\frac{3}{4}$  h. et suit la même direction que le précédent.
- 13, éclairs et tonnerres partant de deux nuages orageux, l'un à l'Ouest de l'Observatoire de 1  $\frac{1}{2}$  h. à 1 h. 50 m. après midi, l'autre à l'Est de 1 h. 50 m. à 2 h. 35 m. et se dirigeant vers le Sud. Ces deux nuages se confondent au Sud et se meuvent ensuite le long du Jura du Sud au Nord, éclairs et tonnerres dans cette direction jusqu'à 3  $\frac{1}{2}$  h.
- 14, halo solaire partiel de 1  $\frac{1}{4}$  h. à 2  $\frac{3}{4}$  h., magnifique par intervalles.
- 16, couronne solaire de 5 h. à 6 h. du soir.
- 17, forte rosée le matin, halo solaire partiel à plusieurs reprises dans la journée.
- 18, rosée le matin ; halo solaire partiel de 5  $\frac{1}{2}$  h. à 6  $\frac{1}{2}$  h. du soir.
- 19, rosée le matin ; depuis 9 h. du soir éclairs à l'horizon Est.

- Le 22, vers 5 h. du soir, quelques coups de tonnerre au Sud, l'orage passe de l'Est au Sud et au SE. de l'Observatoire. Un second orage accompagné d'éclairs et de tonnerres éclate à 7  $\frac{1}{2}$  h. et passe de l'Ouest au Nord le long du Jura. Un troisième orage éclate au Sud à 8 h. 10 m., et jusqu'à 9  $\frac{1}{2}$  h. éclairs et tonnerres au Sud, SE. et Nord; les plus fortes décharges vers 8 h. 20 m., pluie torrentielle vers 8  $\frac{1}{2}$  h., l'eau recueillie dans 25 minutes s'élève à 11<sup>mm</sup>.
23. depuis 8 h.  $\frac{1}{4}$  du soir jusqu'à 9  $\frac{1}{2}$  h., un nuage isolé du côté du Nord lance des éclairs rougeâtres, le ciel étant du reste clair. Toute la soirée éclairs à l'Est.
24. rosée le matin; de 11 h. 25 m. à midi 10 m. quelques coups de tonnerre au NO., l'orage passe le long du Jura du Nord au Sud. De midi 45 m. à 1  $\frac{1}{2}$  h. halo solaire partiel, de 5  $\frac{1}{2}$  h. à 6 h., on voit les deux parhélies sur le halo ordinaire. Toute la soirée éclairs à l'Est.
26. forte rosée et hâle toute la matinée. Dans la soirée éclairs à l'Est.
27. rosée le matin. A 8 h. du soir, éclairs et tonnerres, l'orage passe du Sud au Nord. Un second orage éclate au Sud vers 11 h., et passe du Sud au Nord par le Zénith de l'Observatoire vers 11 h. 20 m. La foudre est tombée sur la ville et dans diverses localités du canton.
28. Éclairs et tonnerres de midi  $\frac{3}{4}$  à 1  $\frac{1}{2}$  h., l'orage passe de l'Ouest au NE. Un second orage éclate entre 2 h. et 3 h., en suivant la même direction, enfin un troisième orage éclate au Sud à 3  $\frac{1}{2}$  h., en suivant la direction du Sud au NE., éclairs et tonnerres de 3  $\frac{1}{2}$  à 4 h.  $\frac{1}{4}$ .
30. couronne solaire de 9 h. à 10 h. du matin.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 8 à 6 h. matin . . . . .	729,91	Le 4 à 4 h. après-m. . . . .	722,91
10 à 10 h. matin . . . . .	728,28	9 à 4 h. après-m. . . . .	726,51
12 à 8 h. matin . . . . .	728,78	11 à 6 h. soir . . . . .	726,16
19 à 8 h. matin . . . . .	730,08	13 à 6 h. soir . . . . .	724,48
23 à 8 h. matin . . . . .	730,72	21 à 6 h. soir . . . . .	726,43
31 à 10 h. soir . . . . .	730,82	28 à 2 h. après-m. . . . .	722,84

Jours du mois	Baromètre.			Température C				Tension de la vap.			Fract. de saturation en millièmes.			Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du ciel.	Temp. du Rhône		Linnéaire à 44 h.
	Haut. moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minimum.	Maximum.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minimum.	Maximum.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.	Mid.			Écart avec la temp. normale	cm.	
1	725,27	-2,15	+16,24	0	+14,9	+20,1	8,85	-1,58	658	520	700	mm.	...	NNE.	2	0,42	19,4	3,0	203	
2	723,65	-3,80	+16,06	-2,17	+13,0	+21,4	7,46	-3,00	585	350	670	1,3	3/4	NNE.	2	0,42	18,8	2,3	205	
3	723,60	-3,88	+13,04	-5,24	+9,5	+19,9	9,47	-1,02	856	550	1000	17,3	4	SSO.	1	0,94	18,7	2,1	203	
4	723,23	-4,28	+13,32	-5,01	+10,8	+19,1	9,81	-0,71	876	610	950	4,6	1 1/2	variable	1	0,89	18,6	1,9	201	
5	724,87	-2,67	+13,25	-3,13	+11,0	+20,0	9,08	-1,46	723	550	950	...	N.	1	0,78	—	—	200		
6	726,79	-0,78	+14,88	-3,55	+10,0	+19,3	8,05	-2,51	653	480	820	...	N.	1	0,38	18,8	2,0	198		
7	728,83	+1,23	+15,96	-2,52	+9,4	+21,5	8,04	-2,54	615	400	850	...	N.	1	0,39	18,8	1,9	196		
8	728,65	+1,00	+16,94	-1,58	+10,0	+22,3	7,77	-2,83	566	350	750	...	N.	2	0,26	18,8	1,8	194		
9	727,50	+0,16	+16,25	-2,31	+10,4	+22,3	8,95	-1,67	666	410	860	0,5	5/4	N.	1	0,54	18,7	1,6	194	
10	727,86	+0,17	+17,34	-1,26	+12,4	+23,4	9,89	-0,71	685	430	810	...	N.	1	0,51	18,6	1,5	188		
11	727,21	-0,50	+19,32	+0,68	+11,4	+26,0	10,40	-0,24	633	380	820	...	N.	1	0,44	18,9	1,7	186		
12	727,35	-0,38	+21,14	+2,47	+13,5	+29,8	11,06	+0,41	629	350	940	0,6	2	N.	1	0,49	—	—	184	
13	726,06	-1,69	+17,60	-1,10	+15,4	+23,7	12,38	+1,72	845	560	910	3,8	4 1/2	N.	1	0,91	19,3	1,9	184	
14	726,33	-1,44	+18,83	+0,11	+15,2	+23,7	11,77	+1,10	745	480	930	...	N.	1	0,71	19,2	1,7	184		
15	725,25	-2,54	+19,46	+0,72	+15,0	+25,7	12,18	+1,50	741	420	890	...	variable	1	0,78	19,8	2,3	185		
16	726,03	-1,78	+19,26	+0,50	+15,3	+23,9	12,16	+1,47	751	540	940	...	N.	1	0,62	19,9	2,3	186		
17	728,02	+1,47	+19,57	+0,79	+13,4	+27,0	11,59	-0,89	702	510	860	0,1	1/4	N.	1	0,48	19,9	2,2	186	
18	729,32	+1,17	+20,18	+1,39	+12,5	+26,8	12,27	+1,56	703	490	880	...	N.	1	0,24	20,8	3,1	187		
19	729,18	+1,31	+21,63	+2,84	+14,2	+29,2	12,52	+1,80	657	460	830	...	N.	1	0,23	—	—	187		
20	727,97	+0,08	+23,92	+5,12	+15,7	+32,7	13,00	-2,27	598	380	780	...	variable	1	0,27	21,6	3,7	189		
21	727,69	-0,22	+22,95	+4,15	+16,3	+28,5	14,08	-3,34	681	490	810	...	N.	1	0,10	21,9	4,0	191		
22	728,17	+0,24	+23,67	+4,86	+17,0	+30,3	13,98	-3,24	662	470	920	14,8	1 1/2	N.	1	0,57	23,2	5,2	193	
23	728,44	+0,49	+22,85	+4,04	+18,3	+28,5	15,96	+5,22	781	510	930	...	N.	1	0,28	23,5	5,5	194		
24	729,02	+1,05	+23,93	+5,13	+18,0	+29,2	14,78	+4,04	681	480	830	...	N.	1	0,23	23,8	5,7	196		
25	730,12	+2,13	+22,76	+3,97	+19,5	+27,0	15,29	+4,51	755	600	810	...	N.	1	0,24	23,4	5,3	199		
26	727,55	-0,46	+25,03	+6,25	+18,0	+34,9	14,26	+3,51	646	230	900	...	N.	1	0,08	—	—	200		
27	725,54	-2,49	+25,90	+7,13	+17,7	+33,5	14,63	+0,88	507	270	800	17,3	3	SO.	1	0,49	23,5	5,3	200	
28	724,03	-4,01	+20,36	+1,61	+16,0	+29,0	13,27	+2,52	739	520	920	1,5	2	variable	1	0,68	23,3	5,0	205	
29	723,43	-4,62	+18,85	+0,12	+15,6	+23,6	14,56	+0,81	731	500	870	3,0	4 1/2	SSO.	2	0,76	21,2	2,9	207	
30	726,74	+1,32	+16,13	-2,57	+13,0	+20,0	8,90	-1,85	677	480	900	...	N.	2	0,51	15,1	3,3	208		
31	729,58	+1,51	+19,67	+1,00	+15,0	+25,0	10,28	-0,17	625	420	690	...	N.	2	0,13	18,2	0,2	211		

## MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm								
1 <sup>re</sup> décade	726,20	726,41	726,24	726,05	725,68	725,55	725,70	725,96	726,35
2 <sup>e</sup> " "	727,77	727,90	727,72	727,28	726,81	726,57	726,52	727,05	727,69
3 <sup>e</sup> " "	727,76	727,95	727,85	727,44	726,86	726,52	726,41	727,08	727,80
Mois	727,26	727,44	727,29	726,94	726,46	726,22	726,21	726,71	727,30

### Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade	+12,83	+15,12	+17,18	+18,89	+19,65	+19,14	+17,70	+16,31	+14,33
2 <sup>e</sup> " "	+16,27	+19,93	+21,72	+23,38	+24,25	+24,32	+23,84	+21,13	+18,62
3 <sup>e</sup> " "	+18,21	+21,46	+23,67	+24,80	+25,93	+26,39	+25,92	+22,63	+20,79
Mois	+15,85	+18,92	+20,95	+22,44	+23,36	+23,38	+22,60	+20,10	+18,01

### Tension de la vapeur.

	mm								
1 <sup>re</sup> décade	8,98	9,22	8,94	8,58	8,21	8,29	8,97	8,96	8,93
2 <sup>e</sup> " "	11,93	12,29	12,10	11,70	12,04	11,47	11,43	12,38	12,53
3 <sup>e</sup> " "	13,02	13,55	13,12	13,50	13,10	12,42	12,32	13,90	13,35
Mois	11,37	11,74	11,44	11,33	11,18	10,78	10,95	11,81	11,66

### Fraction de saturation en millièmes.

1 <sup>re</sup> décade	824	731	617	535	489	511	603	657	743
2 <sup>e</sup> " "	866	715	630	548	536	523	547	662	791
3 <sup>e</sup> " "	834	711	604	584	533	500	499	669	722
Mois	841	719	616	556	520	511	548	663	751

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
1 <sup>re</sup> décade	+10,84	+20,93	0,55	18,80	20,7	198,9
2 <sup>e</sup> " "	+14,16	+26,85	0,49	19,92	4,5	185,8
3 <sup>e</sup> " "	+16,78	+28,14	0,37	21,71	33,6	200,4
Mois	+14,02	+25,40	0,47	20,21	58,8	194,9

Dans ce mois, l'air a été calme 6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,06 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 2<sup>o</sup> 2 O., et son intensité est égale à 58,8 sur 100.

## TABLEAU

DES

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1868.

Le 1<sup>er</sup>, brouillard à 6 h. du matin et depuis 2 h. de l'après-midi.

2,	id.	id.	id.	4	id.
3,	id.	depuis midi ; il a neigé de 2 h. $\frac{1}{4}$ à 2 $\frac{1}{2}$ h.			
4,	id.	toute la journée.			
5,	id.	la plus grande partie de la journée.			
6,	id.	à 6 h. du matin et depuis 4 h. du s. ; faible pluie entre 6 h. $\frac{1}{4}$ à 6 h. $\frac{3}{4}$ du soir.			
7,	id.	à 6 h. du matin et depuis 8 h. du soir.			
8,	id.	à 6 h. du matin et depuis 6 h. du soir.			
9,	id.	le matin et le soir.			
10,	id.	à peu près toute la journée.			
13,	id.	une partie de la journée.			
14,	id.	la plus grande partie de la journée.			
15,	id.	id.	id.		
16,	id.	id.	id.		
17,	id.	id.	id.		
22,	id.	le matin.			
23,	id.	à 6 h. du matin.			
26,	id.	à 6 h. du matin.			
28,	id.	à plusieurs reprises dans la journée ; grêle pendant 5 minutes à 9 h. du matin ; un fort orage à 4 $\frac{1}{2}$ h. du soir avec tonnerres au N. et SO. ; un second orage de 4 $\frac{1}{4}$ à 5 h. avec tonnerres au N.			
29,	id.	de 8 h. à midi.			
30,	id.	à peu près toute la journée.			
31,	id.	à 8 h. du matin et depuis 6 h. du soir.			

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

	MAXIMUM		MINIMUM.	
		mm		mm
Le	7 à 10 h. soir	568,39	4 à 8 h. matin	560,71
	12 à 10 h. matin	570,59	9 à 8 h. matin	566,72
	19 à 10 h. soir	572,05	15 à 4 h. après-midi	566,44
	25 à 10 h. soir	573,79	20 à 8 h. matin	571,08
	31 à 10 h. soir	571,10	30 à 6 h. matin	562,81

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.				Vent dominant	Clarté moy. du Ciel.	
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.				
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.	.....	.....	.....	.....	
1	564,68	- 3,19	563,87	565,77	+ 4,24	- 1,09	+ 2,6	+ 7,7	.....	.....	.....	.....	NE.	2	0,81
2	562,88	- 5,06	562,43	563,75	+ 1,79	- 3,60	+ 0,5	+ 4,9	.....	.....	.....	.....	NE.	2	0,79
3	562,98	- 5,72	561,93	562,88	+ 1,20	- 4,25	+ 0,5	+ 4,1	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,91
4	561,24	- 6,82	560,71	561,93	+ 1,04	- 6,55	+ 1,5	+ 0,6	.....	.....	.....	.....	NE.	2	1,00
5	563,80	- 4,31	562,28	563,01	+ 1,09	- 4,48	- 0,7	+ 4,1	.....	.....	.....	.....	NE.	2	0,93
6	565,10	- 3,07	564,41	566,00	+ 1,91	- 3,71	- 0,0	+ 5,8	.....	.....	.....	.....	NE.	2	0,82
7	567,19	- 1,03	566,20	568,39	+ 2,15	- 3,52	+ 0,1	+ 5,1	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,63
8	567,33	- 0,94	567,21	567,69	+ 2,91	- 2,81	+ 0,1	+ 6,5	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,52
9	566,97	- 1,35	566,72	567,39	+ 3,02	- 2,75	+ 1,5	+ 5,9	.....	.....	.....	.....	SO.	1	0,89
10	567,77	- 0,60	566,94	568,19	+ 3,12	- 2,70	+ 1,4	+ 5,7	.....	.....	.....	.....	SO.	1	0,81
11	568,77	+ 0,35	567,81	569,85	+ 8,86	+ 3,00	+ 5,7	+ 12,7	.....	.....	.....	.....	SO.	1	0,33
12	570,10	+ 1,64	569,63	570,59	+ 10,01	+ 4,11	+ 6,3	+ 14,3	.....	.....	.....	.....	variable	4	0,48
13	567,30	+ 1,20	566,84	568,04	+ 5,24	+ 0,30	+ 4,6	+ 9,2	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,87
14	567,10	- 1,44	566,10	567,43	+ 5,91	- 0,07	+ 4,0	+ 8,8	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,91
15	566,62	- 1,96	566,44	566,95	+ 6,21	- 0,19	+ 4,9	+ 10,1	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,86
16	567,52	- 1,10	566,87	568,26	+ 6,08	+ 0,63	+ 4,4	+ 10,5	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,92
17	569,36	+ 0,71	567,78	570,41	+ 7,50	+ 1,42	+ 5,3	+ 11,0	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,93
18	571,15	+ 2,47	570,12	571,95	+ 8,22	+ 2,11	+ 5,6	+ 10,5	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,39
19	571,66	+ 2,93	571,44	572,05	+ 9,78	+ 3,65	+ 6,3	+ 13,7	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,22
20	571,30	+ 2,57	571,08	571,55	+ 10,46	+ 4,31	+ 7,3	+ 14,2	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,28
21	571,68	+ 2,93	571,30	572,19	+ 12,24	+ 6,07	+ 8,9	+ 16,0	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,38
22	572,53	+ 3,76	572,43	572,81	+ 12,35	+ 6,16	+ 10,3	+ 15,5	.....	.....	.....	.....	éthane	.....	0,80
23	572,34	+ 3,55	572,09	572,65	+ 11,22	+ 5,02	+ 9,6	+ 15,5	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,76
24	572,77	+ 3,96	572,11	573,40	+ 12,13	+ 5,92	+ 9,3	+ 15,3	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,12
25	573,36	+ 4,53	573,17	573,79	+ 13,69	+ 7,47	+ 10,7	+ 16,7	.....	.....	.....	.....	SO.	1	0,23
26	572,28	+ 3,44	571,95	572,98	+ 14,66	+ 8,43	+ 10,9	+ 18,1	.....	.....	.....	.....	SO.	1	0,43
27	570,32	+ 1,47	569,50	571,31	+ 13,86	+ 7,63	+ 10,9	+ 17,1	.....	.....	.....	.....	SO.	1	0,54
28	567,17	- 1,69	566,41	568,25	+ 9,20	+ 2,97	+ 6,7	+ 12,7	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,88
29	565,07	- 3,79	564,72	565,34	+ 6,92	+ 0,69	+ 4,4	+ 9,6	.....	.....	.....	.....	NE.	1	0,91
30	565,03	- 3,84	562,81	567,69	+ 0,76	- 5,47	+ 0,3	+ 2,4	.....	.....	.....	.....	NE.	2	0,97
31	569,66	+ 0,79	567,99	571,10	+ 5,37	- 0,85	+ 2,5	+ 7,6	.....	.....	.....	.....	NE.	2	0,63

\* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermomètre étant tenu hors de service.

# MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

## Baromètre.

	mm								
1 <sup>re</sup> décade	564,60	564,75	564,91	565,07	565,03	565,01	565,12	565,19	565,37
2 <sup>e</sup> " "	568,78	568,94	569,09	569,13	569,23	569,20	569,21	569,43	569,51
3 <sup>e</sup> " "	570,00	570,20	570,21	570,25	570,24	570,27	570,32	570,43	570,64
Mois	567,86	568,03	568,14	568,22	568,24	568,22	568,28	568,42	568,57

## Température.

1 <sup>re</sup> décade	+ 0,70	+ 2,96	+ 3,58	+ 4,63	+ 4,30	+ 3,14	+ 2,23	+ 1,49	+ 1,44
2 <sup>e</sup> " "	+ 5,65	+ 7,68	+ 9,54	+ 10,81	+ 10,65	+ 10,20	+ 9,00	+ 7,46	+ 7,01
3 <sup>e</sup> " "	+ 8,13	+ 9,64	+ 11,66	+ 13,00	+ 12,71	+ 12,41	+ 11,26	+ 9,92	+ 9,36
Mois	+ 4,93	+ 6,85	+ 8,37	+ 9,59	+ 9,33	+ 8,71	+ 7,62	+ 6,41	+ 6,05

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	+ 0,23	+ 5,04	0,82	mm 1,8	mm —
2 <sup>e</sup> " "	+ 5,44	+ 11,50	0,62	16,7	—
3 <sup>e</sup> " "	+ 7,68	+ 13,35	0,60	21,8	—
Mois	+ 4,55	+ 10,07	0,68	40,3	—

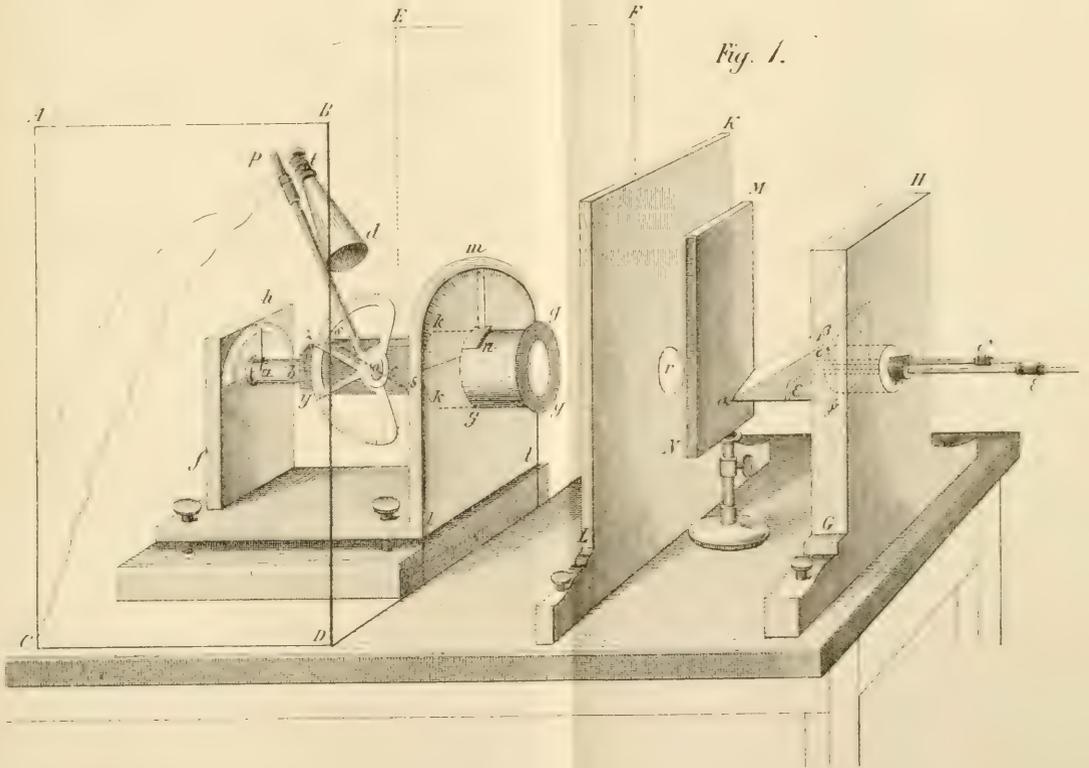
Dans ce mois, l'air a été calme 26 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 8,04 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 70,6 sur 100.

\* Voir la note du tableau







# BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

## TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXII (NOUVELLE PÉRIODE)

1868. — N<sup>os</sup> 125 à 128.

	Pages
Recherches sur le fœhn du 23 septembre 1866, en Suisse, par M. le professeur <i>L. Dufour</i> . . . . .	5
Théorie de la feuille, par M. <i>Casimir de Candolle</i> .	32
Sur l'extension du second principe de la théorie mécanique de la chaleur, par M. <i>Arthur Achard</i> . .	89
De la myopie au point de vue de la physiologie actuelle . . . . .	112
Observations de taches du Soleil. Résumé des résultats obtenus après plusieurs années d'observations astronomiques, par M. le prof. <i>G. Spörer</i> .	177
Recherches sur la polarisation rotatoire magnétique, par M. le professeur <i>A. de la Rive</i> . . . . .	193
Compteur à alcool de Siemens et Halske, à Berlin .	208
Carlo Matteucci, par M. le prof. <i>A. de la Rive</i> . .	212
Sur la polarisation de la chaleur de 100° C. et sur le mouvement qui accompagne la propagation de la chaleur par conductibilité, par M. <i>G. Magnus</i> .	265
Sur la nouvelle force électromotrice dans l'arc voltaïque, par M. <i>E. Edlund</i> . . . . .	288
ARCHIVES, t. XXXII. — Août 1868.	25

Sur les matières amylicées des lichens et sur leur emploi pour la fabrication du sucre de raisin et d'alcool, par M. le professeur <i>Sten Stenberg</i> . . .	302
---	-----

---

## BULLETIN SCIENTIFIQUE.

### PHYSIQUE.

<i>Kommerell</i> . Une nouvelle expérience de physique.	65
<i>E. Villari</i> . De quelques phénomènes particuliers d'électro-magnétisme et de l'hypothèse de Weber sur l'électro-magnétisme . . . . .	67
<i>Ch. Matteucci</i> . Sur la propagation des tempêtes provenant de l'Atlantique vers les côtes d'Italie. . . . .	144
<i>Th. Wimmel</i> . Du point de fusion et du point de solidification des graisses. . . . .	145
<i>Th. Graham</i> . Sur l'occlusion du gaz hydrogène par les métaux. . . . .	148
Prof. <i>Guthrie</i> . Expériences sur la conductibilité des liquides pour la chaleur . . . . .	219
D <sup>r</sup> <i>A. Gamgee</i> . Sur l'action des nitrites sur le sang. . . . .	221
<i>G. Krebs</i> . Expériences sur des retards d'ébullition. . . . .	224
<i>G. van der Mensbrugghe</i> . Tension des lames liquides minces. . . . .	226
<i>G. Quincke</i> . Constantes de la capillarité chez les corps solides . . . . .	228
<i>G.-W. Wigner</i> . Sur la pile de Grove . . . . .	310
Prof. <i>Guthrie</i> . Sur une forme nouvelle de voltamètre et voltastat. . . . .	314

### CHIMIE.

<i>H. Debray</i> . Recherches sur les combinaisons de l'acide molybdique et de l'acide phosphorique. . . . .	68
<i>Le même</i> . Sur la formule de l'acide molybdique et l'équivalent du molybdène. . . . .	71

A. <i>Mitscherlich</i> . Méthode directe d'analyses quantitatives pour l'hydrogène, l'oxygène et le carbone par une seule opération.....	74
D <sup>r</sup> <i>Aug. Horstmann</i> . Sur les relations entre le poids moléculaire et la pesanteur spécifique des corps à l'état gazeux.....	232
<i>Le même</i> . Sur la densité de vapeur du sulfure d'ammonium.....	236
H. <i>Zschiesche</i> . Poids atomique du lanthane.....	317

## MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

<i>Delesse et de Lapparent</i> . Revue de géologie pour les années 1865 et 1866.....	157
<i>Charles Martins et Edouard Collomb</i> . Essai sur l'ancien glacier de la vallée d'Argelès (Hautes-Pyrénées)....	319
<i>Ch. Martins</i> . — <i>E. Fuchs</i> . Sur les Cartes géologiques de la Suisse.....	321
<i>Schimper</i> . Des calamites et prêles fossiles.....	323

## ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

<i>P. Gervais</i> . Zoologie et paléontologie générales : Nouvelles recherches sur les animaux vertébrés dont on trouve les ossements enfouis dans le sol.....	76
Prof. <i>Schiff</i> . Nouvelles recherches sur la circulation de la bile et sur la cause de l'ictère.....	159
<i>Le même</i> . Nouvelles recherches sur le pouvoir digestif du suc entérique.....	165
<i>N. Lieberkühn</i> . Sur le tissu contractile des éponges..	168
<i>C. Gegenbaur</i> . Étude comparée sur le développement de la colonne vertébrale chez le Lépidostée.....	237
<i>Douglas</i> . Sur la source de la force musculaire.....	250
<i>E.-A. Parkes</i> . Sur l'élimination de l'azote par les reins et l'intestin pendant le repos et le travail.....	250
<i>J. Cohnheim</i> . Sur l'inflammation et la suppuration....	254
<i>G.-O. Sars</i> . Quelques remarques sur le développement des poissons marins.....	255
<i>Semper</i> . Sur une nouvelle classe d'Echinodermes.....	326

## BOTANIQUE.

	Pages
<i>Paul Bert.</i> Recherches sur les mouvements de la sensitive .....	79
<i>Paul Reinsch.</i> Composition des cendres du gui de pin comparée à celle des cendres de cet arbre.....	80

---

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

Observations faites pendant le mois d'avril 1868.....	81
<i>Idem.</i> pendant le mois de mai.....	169
<i>Idem.</i> pendant le mois de juin.....	257
<i>Idem.</i> pendant le mois de juillet.....	329

---





New York Botanical Garden Library



3 5185 00274 3183

