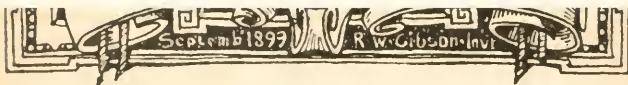
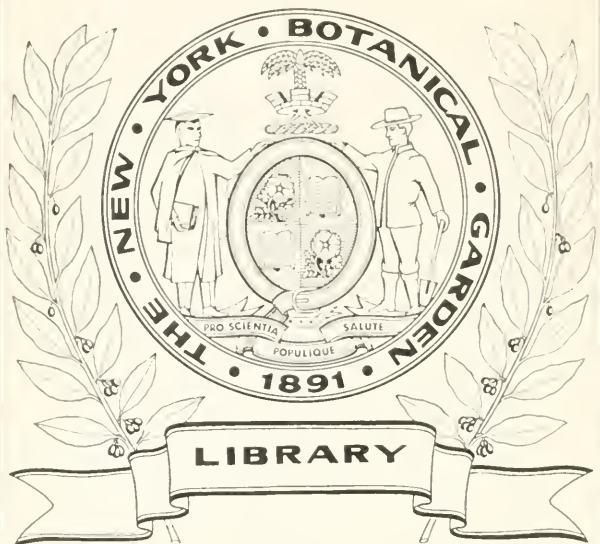


XA  
R483

Per. 2  
Vol. 23  
1865



CONSERVATOIRE  
BOTANIQUE

VILLE de GENÈVE

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



# ARCHIVES

DES

## SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CONSERVATOIRE  
MUSEUM  
VILLERS-LEZ-GENÈVE

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

---

GENÈVE. — IMPRIMERIE DE JULES-GUILLAUME FICK.

---

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

---

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

---

NOUVELLE PÉRIODE

TOME VINGT-TROISIÈME



LIBRARY  
NEW YORK  
BOTANICAL  
GARDEN

CONSERVATOIRE  
VILLE DE GENÈVE

GENÈVE

BUREAU DE LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

4, rue de l'Hôtel-de-Ville

LAUSANNE

NEUCHÂTEL

DELAFONTAINE & ROUGE

DELACHAUX & SANDOZ

---

1865

DUPLICATION DE LA BIBLIOTHÈQUE  
DU CONSERVATOIRE, L'ÉTANNE DE GENÈVE  
VENDU EN 1873

XA  
R483

Ref. 2

Tom 23

1865



LIBRARY  
NEW YORK  
BOTANICAL  
GARDEN

## RECHERCHES

SUR LA

# COMPOSITION DES MOLYBDATES ALCALINS

PAR

M. MARC DELAFONTAINE

AVEC LA DESCRIPTION DES FORMES CRISTALLINES PAR M. C. MARIGNAC.

---

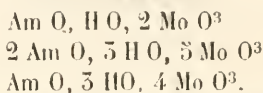
Dans son grand travail sur l'*acide fluorhydrique et ses combinaisons les plus remarquables*, publié en 1825, Berzélius a signalé l'existence d'une classe de composés semblables aux fluotungstates, et qu'il regardait comme résultant de l'union d'un molybdate avec le fluomolybdate correspondant. L'illustre chimiste suédois paraît s'être borné à l'étude d'un petit nombre seulement de ces seis, du moins n'a-t-il fait connaître que la composition et les propriétés de celui de potasse.

Sur l'invitation de M. Marignac, j'ai repris dernièrement ce sujet, en vue surtout de savoir si les fluoxymolybdates manifesteraient les curieuses relations d'isomorphisme que mon savant compatriote a reconnu exister entre les fluoxytungstates, les fluoxyniobates et les fluotitanates.

Mais j'ai dû, au préalable, me mettre au courant de l'histoire des molybdates eux-mêmes et en parcourant les

AUG 7 - 1923

travaux de mes devanciers, je suis demeuré frappé de l'incertitude qui règne encore sur la composition de plusieurs d'entre eux, de celui d'ammoniaque par exemple, pour lequel on a proposé tour à tour les formules :



Il m'a donc paru nécessaire de faire une révision générale des molybdates alcalins, en m'attachant surtout à ceux qui offrent des formes cristallines déterminables. Les résultats de cette révision étant, je crois, de nature à intéresser les chimistes, je vais les consigner ici.

### *Molybdates.*

On a admis pendant longtemps que l'acide molybdique forme surtout, avec les bases, des sels neutres et des sels à deux équivalents d'acide. Mais MM. Svanberg et Struve<sup>1</sup> et M. Zenker<sup>2</sup> ont établi l'existence d'autres rapports plus compliqués, savoir ceux de 2 : 3, de 4 : 9, de 1 : 3, etc. Comme on le voit, malgré les analogies assez nombreuses des acides molybdique et tungstique, ces rapports diffèrent de ceux qui s'observent le plus habituellement dans les tungstates (3 : 7 et 5 : 12); une interprétation différente des analyses publiées avant moi et des miennes propres m'ont conduit à reconnaître que la formule générale  $3 \text{ RO, 7 Mo O}^3$  rend mieux compte de la composition des molybdates représentés jusqu'ici par  $2 \text{ RO, 5 Mo O}^3$  et  $4 \text{ RO, 9 Mo O}^3$ .

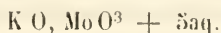
<sup>1</sup> Voy. la bibliographie à la fin de ce mémoire.

<sup>2</sup> Id. id.

Le poids atomique du molybdène a été le sujet de plusieurs séries d'expériences-très-laborieuses exécutées par MM. Svanberg et Struve, et dont les deux plus concluantes ont donné le nombre 576. Plus récemment, M. Dumas est arrivé à 600 par la réduction de l'acide molybdique au moyen de l'hydrogène, tout en reconnaissant que ce résultat ne peut pas être considéré comme définitif. J'ai tenté quelques essais par des méthodes différentes qui permissent de trancher la question en faveur de l'un ou de l'autre des nombres en présence; le peu de concordance de ces essais ne les rend pas dignes d'être cités ici avec quelque détail; ils m'ont cependant paru suffisants pour adopter le nombre proposé par MM. Svanberg et Struve. Les formules des composés dont la description va suivre ont donc été calculées en prenant l'acide molybdique  $\text{MoO}^3 = 875$ .

M. Marignac, avec son obligeance habituelle, a bien voulu se charger de déterminer la forme des cristaux que j'ai été à même de préparer; sur son désir et pour ne pas rompre l'uniformité du travail, j'ai intercalé à leurs places respectives les descriptions de ces formes.

*Molybdate neutre de potasse.*



MM. Svanberg et Struve ont décrit un molybdate neutre de potasse à un demi-équivalent d'eau de cristallisation; je n'ai pas réussi à reproduire cet hydrate, en revanche j'en ai obtenu un autre beaucoup plus riche en eau. Ce dernier s'est formé par le refroidissement et l'évaporation spontanée d'une dissolution concentrée obtenue en traitant par l'eau le produit de la fusion d'un équivalent

d'acide molybdique avec un équivalent de carbonate de potasse. Il se présente en prismes hexagonaux réguliers, limpides et incolores, plus ou moins volumineux, suivant le temps qu'ils ont mis à se former, et qui peuvent atteindre jusqu'à un centimètre de diamètre sur trois de longueur.

La forme la plus habituelle de ces cristaux est celle du prisme terminé par la pyramide à six faces *m* et la base *P*; quelquefois cette dernière manque; plus rarement encore la pyramide disparaît tout à fait et l'on n'a plus que les faces *MP*.

*Angles.*

	Calculé.	Observé.
	$M \cdot M = 120^{\circ}$	$\cdot 120^{\circ}0'$
{	$M : m = 114^{\circ}51'$	$114^{\circ}50'$
	$m - m = 150^{\circ}58'$	$151^{\circ} 0'$
{	$P : m = 123^{\circ}55'$	$124^{\circ} 0'$
	$m \wedge m = 67^{\circ}50'$	$\cdot 67^{\circ}50'$

Le molybdate neutre de potasse est très-soluble dans l'eau froide, beaucoup plus encore dans l'eau chaude; il ne paraît pas efflorescent; une température voisine de  $100^{\circ}$  lui fait perdre toute son eau, après quoi il subit la fusion ignée au-dessous du rouge; par le refroidissement il forme un verre blanc à structure radiée.

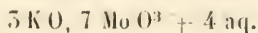
*Analyse.* — Je me suis assuré que, par la fusion avec du carbonate de soude, ce sel ne déplace point d'acide carbonique.

I. 1,165 ont perdu 0,318 = 27,30 pour cent d'eau.

II. 2,376 ont perdu 0,6445 = 27,13 pour cent d'eau.

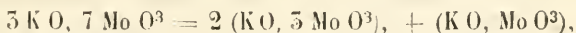
Moyenne: 27,22.

La formule  $KO, MoO^3, 5aq$  demande 27,74 pour cent.

*Molybdate  $\frac{7}{3}$  acide de potasse.*

Le sel que j'appelle molybdate  $\frac{7}{3}$  acide de potasse, a déjà été décrit par MM. Svanberg et Struve sous le nom de *sel double de bi-et de tri-molybdate*. Je l'ai obtenu d'une manière constante en traitant l'acide molybdique par du carbonate de potasse même en excès, évaporant le tout presque à sec et reprenant le résidu farineux par une quantité d'eau chaude, juste suffisante pour le redissoudre. Par le refroidissement ou au bout de quelques jours seulement, il se déposait des prismes tantôt isolés et plus longs, tantôt plus courts et groupés en masses rayonnées, de manière à ce que les sommets fussent seuls visibles.

On ne peut pas purifier ce produit par des cristallisations répétées; en effet, l'eau pure le décompose soit à froid soit à chaud, en tri-molybdate très-volumineux, insoluble, et en molybdate neutre,



mais comme les cristaux sont à la fois petits et peu solubles, on les obtient dans un état suffisant de pureté en les pressant entre plusieurs doubles de papier à filtrer.

Le molybdate  $\frac{7}{3}$  acide de potasse est isomorphe avec le molybdate d'ammoniaque ordinaire ( $2\text{AmO}, 5\text{MoO}^3, 3\text{H}_2\text{O}$  de MM. Svanberg et Struve). La forme dérive d'un prisme rhomboïdal oblique; les cristaux sont très-striés, ensorte que les mesures sont seulement approximatives. Il a paru inutile de faire le calcul de la forme, on a rapporté seu-

lement les angles correspondants calculés du sel d'ammoniaque, attendu que les différences ne dépassent pas les limites de variation que l'on peut espérer des mesures. Les faces observées sont celles d'un prisme rhomboïdal M, tronqué sur son arête latérale par la face verticale E et portant comme terminaison les faces  $e^2\tau$ .

<i>Observé.</i>	<i>Calculé.</i>
	(Sel d'ammoniaque)
E : M = 104°45'	104°48'
E : $e^2$ = 112,30	115,43
M : $e^2$ = 115,26	115,59
M : $\tau$ = 119,10	119,57
M : $e^{2'}$ = 76,40	76,24
E : $\tau$ = 121,50	122,59
M : $\tau'$ = 77,40	77,10

*Analyse.* — I. 2<sup>g</sup>,2475 de sel ont perdu 0,124, soit 5,51 pour cent d'eau.

II. 3<sup>g</sup>,904 ont perdu 0,2235 ou 5,72 pour cent d'eau.

Le sel se déshydrate avec la plus grande facilité avant de fondre ; au-dessous du rouge sombre il fond en un verre jaunâtre à chaud, qui peut être maintenu liquide pendant plusieurs heures consécutives sans changer de poids et prend en se solidifiant une structure cristalline radiée.

III. 2<sup>g</sup>,4665 ont perdu 0,141, soit 5,71 pour cent d'eau.

IV. 2<sup>g</sup>,1305 ont perdu 0,122 (5,72 pour cent) d'eau. Fondus avec deux fois leur poids de carbonate de potasse, ils ont expulsé 0,2745 d'acide carbonique. D'après cette donnée on déduit 1,5513 (72,81 pour cent) d'acide molybdique et 0,4572 (21,46 pour cent) de potasse.

V. 2,6955 ont perdu 0,153 (5,68 pour cent) d'eau et

chassé 0,3535 d'acide carbonique, ce qui conduit à 1,9722 (73,17 pour cent) d'acide molybdique et 0,5703 (21,16 pour cent) de potasse.

VI. 1,7525 ont perdu 0,102 (5,82 pour cent) d'eau et expulsé 0,2305 d'acide carbonique, d'où l'on tire 1<sup>er</sup>,2812 (73,11 pour cent) d'acide molybdique et 0,3693 (21,07 pour cent) de potasse.

VII. 3<sup>e</sup>,0925 ont perdu 0,160 ou 5,17 pour cent d'eau.

Si, d'après les analyses qui précèdent, on calcule le rapport en équivalents, entre la base et l'acide, on trouve :

IV. Potasse	1.	Acide	2.29
V. »	1.	»	2.55
VI. »	1.	»	2.34

Moyenne Potasse 1. Acide 2.52 soit 3 . 7.

L'eau renferme environ une fois et un tiers autant d'oxygène que la base. La formule qui représente le mieux la composition de ce molybdate est donc



Calculé.	Trouvé.				Moyenne. Svanberg.	
7MoO <sup>3</sup> 6125 73 40	72 81	73 17	73 11	73 03	72 96	
3 KO 1770 21 21	27 46	21 16	21 07	21 23	21 19	
4 aq 450	5 39	5 51	5 72	5 71	5 72	5 71
	5 72	5 71	5 72	5 68	5 82	5 17
	5 62	5 85				
8345	100					

MM. Svanberg et Struve ont adopté le rapport 4 : 9 ou 1 : 2,25, je ferai remarquer cependant que leurs analyses donnent au sel anhydre :

Potasse, 22,60 qui contiennent 3,83 d'oxygène.

Acide, 77,40 qui renferment 26,53 d'oxygène dont le tiers est 8,84.

Or  $3,83 : 8,84 = 1 : 2,31$  ou  $3.7$ ; les résultats de ces chimistes sont donc plus favorables à ma manière de voir qu'à la leur.

La formule  $4\text{KO}, 9\text{MoO}^3 + 6 \text{aq}$  demande :

Potasse . . . . .	21.585.
Acide. . . . .	72.250.
Eau . . . . .	6.185.
	<hr/>
	100.000.

Ce qui en somme s'accorde moins bien avec l'expérience.

La quantité d'eau trouvée est un peu trop forte d'un demi-centième environ; en supposant  $4\frac{1}{4}$  équivalents au lieu de 4, on aurait une concordance plus rigoureuse; quoique l'on connaisse déjà un certain nombre de sels renfermant des fractions d'équivalents d'eau de cristallisation, je n'ai pas cru devoir prendre  $4\frac{1}{4}$ , et cela pour des raisons que je dirai en parlant du sel ammonique correspondant.

*Tri-molybdate de potasse.*



L'action de l'eau sur le sel précédent donne lieu à la production abondante d'un précipité volumineux, blanc, caséiforme, de tri-molybdate de potasse. L'eau chaude en dissout une petite quantité qu'elle laisse déposer sous forme d'aiguilles flexibles soyeuses, enchevêtrées en une sorte de feutre.

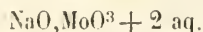
L'analyse d'un produit qui avait subi un commencement de dessiccation m'a donné une quantité d'eau comprise entre deux et trois équivalents.



4<sup>r</sup>,808 a laissé 1,709 de sel anhydre et expulsé 0,2875 d'acide carbonique. On tire de cette dernière donnée 1,3885 d'acide molybdique et 0,3205 de potasse qui contiennent respectivement 0,476 et 0,0543 d'oxygène ou presque exactement trois équivalents contre un. Cette composition avait, du reste, déjà été trouvée par MM. Svanberg et Struve, qui représentent le sel qui nous occupe par la formule  $KO,3MoO^3 + 3HO$ .

On a signalé encore d'autres molybdates de potasse plus acides obtenus en traitant par l'acide nitrique ceux dont la description précède ; comme ils sont insolubles et non cristallisés, je n'ai pas cru devoir m'en occuper d'une manière spéciale. Dans le cours de mon travail, j'ai eu l'occasion d'observer la formation de deux autres produits, l'un en petits prismes mats et peu nets, trop mélangés avec d'autres combinaisons pour pouvoir être analysés, le second en tables minces transparentes qui, redissoutes dans l'eau, se sont transformées et n'ont plus donné que des mamelons irréguliers.

*Molybdate neutre de soude.*



D'après MM. Svanberg et Struve, ce sel cristalliserait en rhomboédres aigus ; je n'ai pas réussi plus que M. Zenker à l'obtenir sous cette forme. Dans toutes mes préparations, il s'est déposé en écailles nacrées excessivement petites ; deux fois seulement ces dernières ont pris des dimensions discernables à l'œil nu et ont formé alors des tables incolores presque sans épaisseur et rectangulaires ou rhomboïdales ; ce qui, avec l'éclat nacré, exclut

la probabilité d'un rhomboèdre. Comme, d'autre part, la composition de ce molybdate est bien établie, il faut supposer que les chimistes scandinaves se sont mépris sur la forme qu'ils ont examinée, ou bien admettre un cas de dimorphisme.

Le molybdate neutre de soude se prépare très-facilement, soit en fondant des équivalents égaux d'acide molybdique et de carbonate de soude, soit en neutralisant ces deux corps l'un par l'autre en présence de l'eau; quand la dissolution est abandonnée à elle-même, il se forme sur les bords du liquide des croûtes qui grimpent le long des parois de la capsule, et s'y accumulent en mamelons, tandis que des écailles tombent au fond, où elles se déposent bientôt en abondance. Ce n'est que par hasard et au bout d'un temps assez long que j'ai pu obtenir les cristaux un peu plus discernables dont je viens de parler.

*Analyse.*— Une portion de sel anhydre fondue avec du carbonate de soude n'a pas chassé d'acide carbonique.

1<sup>g</sup>.9915 ont perdu 0,3035, soit 15,24 pour cent d'eau.

2,315       »       0,352   »   15,25       »

3,275       »       0,500   »   15,24       »

MM. Svanberg et Struve ont trouvé 15,00 d'eau, 25,79 de soude et 59,21 d'acide.

M. Zenker a analysé le sel anhydre, qui lui a donné 30,70 pour cent de soude; la formule exige 30,83.

	<i>Calculé.</i>	<i>Trouvé.</i>	<i>Svanberg.</i>
Na O	590 26.48		25.79
Mo O <sup>3</sup>	875 58.72		59.21
2 aq	225 15.10	15.24 15.25 15.24	15.00.

La formule du molybdate neutre de soude me paraît donc bien être  $\text{NaO}, \text{MoO}^3 + 2 \text{aq}$ .

M. Gentile a décrit un hydrate à 10 équivalents d'eau, isomorphe avec le sulfate de soude ordinaire ; quoique je me sois placé plusieurs fois dans les circonstances qui paraissent les plus favorables, il m'a été impossible de reproduire ce composé.

*Molybdate  $\frac{7}{3}$  acide de soude.*



La découverte du molybdate  $\frac{7}{3}$  acide de soude est due à M. Zenker, qui lui a assigné la composition  $4\text{NaO}, 9\text{MoO}^3 + 28 \text{ aq.}$  Comme je le montrerai tout à l'heure, cette formule n'est pas la meilleure expression des analyses de ce chimiste, et il faut lui substituer celle que j'ai inscrite en tête de cet article. Une dissolution d'acide molybdique dans le carbonate de soude, traitée avec précaution par l'acide nitrique, laisse déposer en se refroidissant le sel en question sous forme de cristaux très-nets et limpides, à faces bien réfléchissantes : l'évaporation spontanée fournit des tables épaisses beaucoup plus volumineuses, mais à peu près opaques. Les angles ont été mesurés très-exactement par M. Zenker, il n'y a donc pas lieu de reproduire ici les observations de M. Marignac ; je me contenterai de rappeler que la forme est celle d'un prisme rectangulaire oblique PAE, portant sur ses angles les faces  $m$  de l'octaèdre rhomboïdal qui en dérive ; l'incidence de P : A est de  $103^{\circ}, 25$  ; les axes sont entre eux comme  $1 : 1,034 : 0,494$ .

Les cristaux s'effleurissent vite dans un air sec, mais non pas toutefois avec l'instantanéité que M. Zenker a cru remarquer ; j'en ai conservé pendant plusieurs heures sans qu'ils eussent rien perdu de leur éclat ; l'eau chaude

ou froide les redissout sans décomposition, on peut donc les purifier en les faisant cristalliser de nouveau. Ils perdent dans une étuve à eau bouillante la presque totalité (21 équivalents) de leur eau, le reste s'en va vers 200° ; une température plus élevée amène la fusion ignée en un liquide jaune qui se prend en masse cristalline par le refroidissement et peut se redissoudre intégralement dans l'eau, si l'action de la chaleur n'a pas été trop intense et prolongée trop longtemps.

*Analyse.* — I. 1,559 ont perdu 0.392 d'eau, soit 25,14 pour cent.

II. 5,036 ont perdu 1,2625 ou 25,07 pour cent d'eau.

Les cristaux employés pour ces dosages étaient petits, très-limpides et n'avaient pas encore commencé à s'effleurir.

Plusieurs analyses très-concordantes et qui paraissent avoir été bien exécutées ont donné à M. Zenker des quantités de soude qui conduisent aux rapports suivants entre l'acide et la base :

I. 1 : 2,31.

II. 1 : 2,31.

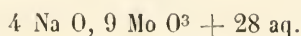
III. 1 : 2,38.

IV. 1 : 2,34.

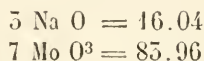
Moyenne : 1 : 2,335, ou en nombres entiers 3 : 7. La proportion d'acide carbonique expulsée par la fusion avec le carbonate de soude confirme ces résultats, comme je l'ai reconnu dans trois opérations faites sur des produits de deux préparations différentes. M. Zenker paraît avoir hésité pour sa formule entre les rapports 1 : 2,25 et 1 : 2,50, et il a fini par prendre le premier, qui s'accorde mieux que le dernier avec les données de l'expérience ; celui que je propose est encore plus exact et me semble devoir mériter la préférence.

<i>Calculé.</i>	<i>Trouvé.</i>	<i>M. Zenker.</i>
5 NaO = 1170 11.97		11.88 4 NaO = 12.59
7 MoO <sup>3</sup> = 6125 62.70		65.16 9 MoO <sup>3</sup> = 62.58
522 aq = 2475 25.55	25.14 25.07	24.97 28 H O = 25.0
100.—		

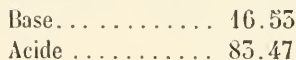
J'ai mis ici dessus, dans la dernière colonne, la composition calculée d'après la formule



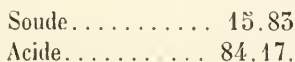
Le sel anhydre est composé de



La formule 4NaO,9MoO<sup>3</sup> demande



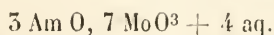
M. Zenker a trouvé



*Molybdate neutre d'ammoniaque.*

Je n'ai pas de faits nouveaux à ajouter à l'histoire de ce sel, d'ailleurs peu stable. Il est anhydre et sa forme cristalline, déterminée il y a dix ans déjà par M. Mari-gnac, dérive d'un prisme rhomboïdal oblique dans lequel M : M = 60° et P : M = 109°, 10'.

*Molybdate  $\frac{7}{3}$  acide d'ammoniaque.*



C'est le molybdate d'ammoniaque le plus ancienne-  
ARCHIVES, T. XXIII. — Mai 1865.

ment connu et celui qui se forme le plus habituellement quand on traite l'acide molybdique par l'ammoniaque même en assez grand excès. On l'obtient très-souvent en prismes assez volumineux, striés et donés d'une teinte bleuâtre faible, d'autres fois il se dépose en cristaux petits, mais très-nets, incolores et éclatants. Redissous dans l'eau pure et soumis à une ébullition un peu prolongée, il finit par se décomposer en sel plus acide, insoluble, par suite d'un dédoublement d'abord, puis d'une perte d'ammoniaque.

Les chimistes sont très-partagés sur la composition de ce sel: M. Marignac et M. Delffs la représentent par  $\text{AmO}, \text{HO}, \text{MoO}^3$ ; M. R. Maly par  $\text{AmO}, 3\text{HO}, 4\text{MoO}^3$ , et enfin MM. Svanberg et Struve par  $2\text{AmO}, 5\text{MoO}^3 - 3\text{HO}$ . Comme je l'ai dit plus haut, sa forme cristalline est la même que celle du molybdate  $\frac{7}{3}$  acide de potasse, sa composition doit donc être correspondante.

*Analyse.* — Je me suis borné au dosage de l'eau et de l'acide seulement.

I. 1<sup>g</sup>,0365 calciné avec précaution a laissé 0,845, soit 81,52 pour cent d'acide.

II. 2<sup>g</sup>,035 ont donné 1<sup>g</sup>,6485 d'acide, soit 81,01 pour cent.

III. 1,006 a perdu 0,0605 ou 6,01 pour cent d'eau ne renfermant pas d'ammoniaque, et laissé, après calcination, 0,822, c'est-à-dire 81,71 pour cent d'acide.

IV. 0,5975 ont perdu 0,035 ou 5,86 pour cent d'eau (sans ammoniaque) et donné 0,485 d'acide molybdique, soit 81,17 pour cent.

V. 1<sup>g</sup>,2485 ont été réduits par l'hydrogène à l'état de  $\text{MoO}^2$  qui pesait 0,8965 correspondant à 1,0125 d'acide molybdique ou 81,40 pour cent.

VI. 3<sup>g</sup>,155 ont donné 2,565 ou 81,30 pour cent d'acide.

VII. 4<sup>g</sup>,8535 a laissé 4<sup>g</sup>,512 ou 81,57 id.

VIII. 2<sup>g</sup>,1755 a laissé 1,772 ou 81,45 id.

Dans les opérations par calcination, on commençait par maintenir le creuset fermé, pendant quelques minutes, aux environs de 100 à 120°, puis on enlevait le couvercle et donnait une chaleur voisine du rouge sombre.

	<i>Calculé.</i>		<i>Trouvé.</i>								<i>Moy.</i>
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
3 AmO	975	12.92.									
7 MoO <sup>3</sup>	6125	81.13	81.52	81.01	81.71	81.17	81.10	81.30	81.57	81.45	81.35
4 aq	450	5.95.			6.01	5.86					5.94
		100.									

M. Marignac a trouvé :

Acide molybdique . . . . .	81.515
Hydrogène . . . . .	2.62
Azote . . . . .	7.56.

Même en adoptant le poids atomique 600 pour le molybdène, la quantité d'acide surpasse notablement les 80,45 pour cent que demande la formule AmO,110,2MoO<sup>3</sup>. Celle que je propose exige 2,65 d'hydrogène et 6,95 d'azote ; le premier s'accorde bien avec le dosage de M. Marignac, il n'en est pas de même du second effectué en recueillant et mesurant l'azote à l'état libre : ce procédé pouvant facilement conduire à des erreurs et l'expérience n'ayant été faite qu'une fois, il est permis, je crois, de considérer cette discordance comme accidentelle.

Suivant M. R. Maly, le molybdate d'ammoniaque aurait donné

Acide . . . . .	86.77
Oxyde d'ammonium . . . .	8.10
Eau . . . . .	5.11.

Ces nombres s'écartent tellement de ceux de tous les autres chimistes, qu'il faut admettre de graves erreurs d'analyse ou bien l'existence d'un sel différent de celui auquel M. Maly a rapporté le sien.

MM. Svanberg et Struve ont fait trois dosages de l'acide molybdique ; l'un a donné 81,725, le second 81,685 et le dernier 81,23 (moyenne : 81,548) ; une portion de sel, maintenue à 100° dans un courant d'air chaud, a perdu 6,534 pour cent d'eau avec un peu d'ammoniaque.

Enfin, M. Berlin a aussi dosé l'acide de sel qui nous occupe ; ce chimiste opérait sur des quantités comprises entre 4 et 11 grammes, qu'il arrosait d'acide nitrique, desséchait et calcinait. La moyenne de 4 opérations (81,58) est un peu supérieure à ce qu'exige la formule, comme, du reste, la plupart de celles qu'ont obtenues mes devanciers et moi-même. La cause doit en être attribuée, très-probablement, à la difficulté qu'il y a de préparer un molybdate d'ammoniaque ne renfermant pas au moins des traces d'alcali fixe ; j'ai du moins essayé plusieurs fois inutilement d'arriver à la volatilisation totale de cristaux bien choisis pris dans des préparations différentes ; il m'est toujours resté un résidu tantôt insignifiant, tantôt au contraire très-appreciable.

Cette constance avec laquelle on trouve dans le molybdate d'ammoniaque un excès d'acide, m'a aussi empêché d'adopter  $4\frac{1}{4}$  équivalents d'eau, comme les analyses du sel de potasse sembleraient y conduire, car dans ce cas l'écart avec le calcul aurait dépassé les limites d'erreurs permises.

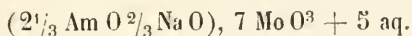


*Molybdates ammonico-sodiques.*

J'ai obtenu accidentellement deux produits en cristaux peu nets qui renferment à la fois de l'ammoniaque et de la soude ; c'était en traitant par l'acide nitrique une dissolution de soude dans de l'acide molybdique contenant une proportion notable de molybdate d'ammoniaque.

Dans la première opération il se forma de petits prismes très-striés, rhomboïdaux avec la base peut-être droite, peut-être oblique, les mesures ne permettant pas de décider lequel ; les seules faces étaient M et P ; les incidences observées sont  $M - M = 53^\circ$ ,  $P : M = 90$  à  $94^\circ$ . Ce sel se redissout assez bien dans l'eau chaude, d'où il se dépose de nouveau avec la même forme.

Lorsque j'en commençai l'analyse, je ne me doutais pas qu'il contint de l'ammoniaque ; après avoir reconnu la présence de cette dernière, je commençai une nouvelle préparation qui me donna des cristaux en apparence les mêmes, mais doués en réalité d'une composition et d'une forme différentes ; il ne m'est donc pas possible de donner une formule certaine pour le premier sel. En considération de la manière dont il a été formé, il est excessivement probable qu'il correspond au type  $3RO, 7MoO_3$ , et c'est en partant de cette supposition que je le représente par



*Analyse.*— 2<sup>g</sup>,4635 ont perdu par la calcination 0,414, soit 16,805 pour cent d'eau et d'ammoniaque. Fondus avec du carbonate de soude, ils ont expulsé 0,558 d'acide carbonique, d'où l'on déduit 1,965 d'acide molybdique

et 0,0845 de soude, ou 79,76 pour cent du premier et 3,43 de la seconde.

II. 4<sup>r</sup>,2125 ont perdu : eau et ammoniaque, 0,715 (16,95) et expulsé 0,9515 d'acide carbonique, ce qui correspond à 0,1455 de soude (3,45 pour cent) et 3,354 (79,62) d'acide molybdique.

Le calcul demande :

	<i>Calculé.</i>		
7 Mo O <sup>3</sup> =	79.50	79.76	79.62
$\frac{2}{3}$ Na O =	5.57	5.43	5.45
$\frac{2}{3}$ AmO =	9.81	} 17.15	16.805 16.95.
5 aq ==	7.29		
	100.—		

L'accord est très-satisfaisant; mais, je le répète, la vérité de la formule est subordonnée au fondement de la supposition qui lui sert de base.

Le molybdate double obtenu en second lieu formait aussi de petits prismes, mais ceux-ci avaient un angle de 57° et l'inclinaison de P sur M était de 92° environ, au lieu de 90; la forme se rapporte donc au prisme rhomboïdal oblique; mais l'absence de modifications ne permet pas d'en établir les dimensions.

Les résultats de l'analyse ne sont pas non plus très-concordants :

I. 1,206 a perdu à l'étuve à eau bouillante 0,1375, soit 11,35 pour cent. Après une forte calcination, la perte totale s'élevait à 0,2285, soit 18,87 pour cent.

Avec le carbonate de soude, le sel a expulsé 0,2565 d'acide carbonique, ce qui correspond à 0,9276 (76,91) d'acide et 0,499 de soude (4,14).

II. 2,428 conservés 12 heures sous une cloche à côté de l'acide sulfurique ont perdu : eau et ammoniaque,

0,439, ou 18,08 pour cent et expulsé 0,5195 d'acide carbonique, correspondant à 1,8854 d'acide et 0,1036 de soude, c'est-à-dire 77,65 du premier et 4,26 de la seconde.

III. Une autre portion a donné approximativement 7,80 pour cent d'ammoniaque.

Ces nombres ne sont pas assez satisfaisants pour que j'essaie d'en déduire une formule ; le rapport entre l'oxygène de l'acide et celui des bases réunies = 26,49 : 3,48 ou en équivalents = 2,54 : 1 ; il semblerait d'après cela que ce molybdate appartient à un type ayant la composition  $2\text{RO},5\text{MoO}^3$ . L'oxygène de la soude (1,08) est à celui de l'ammoniaque (2,40) comme 1 : 2,2. Si j'avais eu entre les mains un composé en cristaux complètement déterminables, je me serais attaché à établir sa composition d'une manière plus exacte, mais dans le cas actuel cela ne m'a pas paru d'un grand intérêt.

---

En résumé, je crois avoir bien établi, dans le cours de ce mémoire, soit d'après mes propres analyses, soit d'après celles de mes prédécesseurs, que les molybdates acides à base de potasse, d'ammoniaque ou de soude susceptibles de donner des cristaux bien définis, ont une composition représentée par  $3\text{RO},7\text{MoO}^3, n \text{ aq}$ , correspondant (la valeur de  $n$  exceptée) à plusieurs des tungstates décrits par M. Marignac.

Les molybdates ne paraissent pas être, à beaucoup près, aussi nombreux et aussi variés que les tungstates ; toutefois, le prix plus élevé de la matière première ne permet pas d'opérer sur de fortes quantités ; il en résulte que plusieurs produits accidentels ne peuvent prendre naissance ou ne se rencontrent pas assez abondamment pour pouvoir être examinés.

*Silico-molybdates.* — Après m'être exercé à la préparation des silico-tungstates de soude, j'ai essayé de réaliser la production de silico-molybdates. Du tri-molybdate, qui avait bouilli pendant plusieurs heures dans de l'eau tenant en suspension de l'hydrate silicique, s'est déposé au bout de ce temps sans avoir subi de transformation; la liqueur surnageante colorée en beau vert émeraude, par suite sans doute d'une réduction partielle, ne tenait en dissolution qu'une quantité minime de molybdate acide.

Dans une seconde expérience, où au mélange précédent j'avais ajouté successivement une certaine proportion d'acide molybdique, le résultat a été le même.

*Fluoxymolybdates.* — Quoique ces composés doivent faire l'objet d'une publication subséquente, je citerai ici deux faits intéressants de leur histoire.

Le fluomolybdate potassique cristallisé ( $K^2MoF^4O^2 + aq$ )<sup>1</sup> est isomorphe avec le fluoxytungstate correspondant. Celui de zinc ( $ZnMoF^4O^2 + 6aq$ )<sup>2</sup> ne correspond pas au fluotungstate, mais sa forme est identique à celle des fluostannates, fluotitanates et fluozirconates de zinc et de nickel. On a donc ici deux nouveaux exemples de composés dans lesquels il y a un remplacement atome pour atome du fluor par de l'oxygène.

---

*Travaux sur les molybdates cités dans le cours  
de ce mémoire.*

Svanberg et Struve. *Sur l'équivalent du molybdène*, etc. Journal für praktische Chemie, t. XLIV, p. 257, ou Annuaire de Millon et Reiset, 1849, p. 153.

Formule atomique.

Id.

Berlin. *Tri-molybdate et quadri-molybdate d'ammoniaque*, etc. Journ. für prakt. Chemie, XLIX, p. 444.

Marignac. *Forme cristalline et analyse du molybdate neutre et du bi-molybdate d'ammoniaque*. Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, XIV (1<sup>re</sup> partie), p. 271.

Zenker. *Molybdate neutre et molybdate acide de soude*. Journ. f. prakt. Chemie, LVIII, p. 486.

R. Maly. *Molybdate acide d'ammoniaque*. Même recueil, t. LXXVIII, p. 326.

Gentele. *Molybdates*. Même recueil, t. LXXXI, p. 441, ou Répertoire de chimie pure, 1861, p. 294.

Genève, 5 mai 1865.

---

DU ROLE DU SOUFRE  
DANS LA PILE VOLTAÏQUE

LETTRE DE M. MATTEUCCI A M. A. DE LA RIVE.

---

Vous aurez lu probablement dans les *Comptes Rendus* du 3 avril une communication que j'ai faite à l'Académie sur l'action du soufre dans la pile voltaïque. Malgré le peu de goût que j'ai eu toujours à m'occuper de certains perfectionnements, je me suis rappelé en examinant la pile Callaud qui était soumise à l'administration de nos télégraphes avec des modifications par un de nos plus habiles employés, que j'avais il y a déjà bien des années étudié l'action des corps métalloïdes dans la production de l'électricité voltaïque. Cela m'a engagé à étudier davantage la pile imaginée par notre jeune employé, et qui consistait en deux lames, zinc, plomb couvert d'une couche très-mince de cuivre, plongées dans la solution de sel marin à laquelle on avait mêlé le soufre très-divisé. Vous savez très-bien que si la pile n'avait été formée que de zinc, plomb ou cuivre et eau salée, en tenant le circuit fermé, le courant de cette pile aurait subi en quelques heures une grande diminution ; en ajoutant du soufre à ce liquide, il est très-facile de s'assurer que la pile conserve pour longtemps une grande intensité à circuit fermé. Dans la note communiquée à l'Académie, j'ai décrit minutieu-

sement le résultat que j'ai obtenu en étudiant les différentes circonstances qui influent sur la manière d'agir de cette pile. Ainsi j'ai trouvé, conformément aux résultats obtenus avec les autres métalloïdes, que le soufre n'agit qu'au contact du métal qui n'est pas attaqué, de sorte que la meilleure disposition est de mettre le soufre dans l'eau salée avec la lame de plomb dans le cylindre poreux.

J'ai aussi reconnu qu'il faut employer un sel alcalin, de potasse ou de soude, pour que cette pile puisse agir. J'ai aussi prouvé qu'on peut substituer une lame de platine cuivrée ou couverte d'une couche très-mince d'argent ou de plomb, au lieu du plomb cuivré. Enfin, le résultat le plus important que j'ai obtenu a été que le zinc dissout était équivalent au soufre dissout et transformé en sulfure.

J'ai en action depuis 40 jours un élément formé comme je l'ai déjà décrit ; le circuit de cette pile est constamment fermé avec le fil de la boussole de Hipp, qu'on emploie ordinairement dans les bureaux télégraphiques. Voici ce qui est arrivé. Au commencement, aussitôt que le circuit a été fermé, la déviation n'a été que de  $33^\circ$  et après 6 heures cette déviation est montée à  $72^\circ$ , à peu près comme on l'aurait obtenu avec une bonne pile de Daniell ; après, la déviation a diminué et au bout de 3 jours elle n'était plus que de  $44$  à  $46^\circ$ . Le courant est resté pendant 8 jours à peu près constant. Ayant trouvé au 9<sup>me</sup> jour l'aiguille à  $42^\circ$ , j'ai ajouté quelques gouttes d'eau salée au liquide du cylindre et une prise de soufre divisé, à peine un ou deux grammes. Le jour après, le courant était de nouveau remonté à  $46^\circ$ . Après 8 jours, le courant qui avait toujours oscillé entre  $44$  et  $46^\circ$ , m'a paru de nouveau tendre à devenir un peu plus faible, la déviation persistant entre

42 et 43 degrés. J'ai ajouté de nouveau une prise de soufre et quelques gouttes d'eau salée et la déviation est retournée de 46 à 44°. Depuis lors, j'ai encore une fois ajouté l'eau salée et le soufre, et, comme je l'ai déjà dit, aujourd'hui, c'est-à-dire quarante jours après la clôture du circuit, la déviation est de 44 à 46°. Comme depuis longtemps on ne voit plus de trace de cuivre ou de sulfure de cuivre sur le platine, j'ai voulu changer cette lame en y substituant une autre lame de platine semblable, mais qui n'avait jamais été recouverte de cuivre, et la déviation n'a pas changé. En employant la lame de platine cuivré, la déviation remonte de 70 à 72 degrés, comme on l'avait au commencement. Il faut noter qu'entre les deux liquides, solution de sel marin et solution de sulfure de potassium, il y a, comme on le sait déjà, en n'employant que deux lames de platine, un courant très-fort de 25 à 30° en sens contraire, c'est-à-dire du sulfure à l'eau salée. Je m'imagine que cette pile, en y ajoutant de temps en temps quelques gouttes d'eau salée et quelques traces de soufre, continuera à donner toujours le même courant jusqu'à ce qu'il y ait un tout petit morceau de zinc à dissoudre. Le sodium transporté sur le métal non attaqué se combine au soufre, et le sulfure très-soluble ainsi formé empêche la polarisation.

La grande quantité de soufre qui se dissout d'abord à l'état de polysulfure de sodium, permet que l'action électro-chimique interne continue, car le sodium qui se développe sur le métal électro-négatif entre en combinaison, en formant des composés moins chargés de soufre et également solubles.



SUR  
LA DOUBLE RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE  
DANS LES LAMES VIBRANTES

PAR

M. A. KUNDT<sup>1</sup>.

---

Biot a découvert, en 1820, qu'une longue lame de verre vibrant longitudinalement exerce une action sur le plan de polarisation de la lumière qui la traverse. Une lame de miroir d'environ 2 mètres de long, dont Savart s'était servi dans ses recherches et qui était remarquable par la facilité avec laquelle on pouvait en tirer un beau son, fut placée entre deux miroirs polarisants, croisés à angle droit. Au moment où l'on faisait vibrer la lame, elle paraissait éclairée dans le miroir analyseur et cette lumière s'éteignait dès que le son cessait.

Jusqu'à présent, cette expérience de Biot est restée isolée. Des recherches sur cette question n'ont pas été entreprises, que je sache, et l'on n'a pas cherché à donner l'explication du phénomène. Tout intéressant qu'il puisse paraître, on ne le trouve pas souvent cité. M. Dove, qui a fait des observations dans presque toutes les parties de

<sup>1</sup> Nous publions la traduction du mémoire de M. Kundt inséré dans les *Annales de Pogg.*, 1864, n° 42, p. 541.

l'optique, a fait allusion à l'expérience de Biot dans son mémoire sur la polarisation circulaire. D'après l'auteur, un disque vibrant placé perpendiculairement à la direction d'un rayon de lumière polarisé, n'a pas d'action sur la polarisation ; avec une lame vibrant longitudinalement, qui doit avoir, suivant Biot, une action sur la polarisation, la croix d'une lame de spath calcaire interposée lui a paru s'ouvrir, ce qui indiquerait que la lumière polarisée suivant un plan devient polarisée elliptiquement ; toutefois M. Dove remarque qu'il faudrait refaire l'expérience avec de meilleurs appareils acoustiques. Wertheim cite aussi l'expérience de Biot.

Si l'on se demande comment Biot comprenait le phénomène qu'il avait observé et de quelle façon il supposait que l'état vibratoire de la lame développait dans le verre les propriétés de la double réfraction, il résulte clairement de son mémoire, qu'il pensait que l'état vibratoire de la lame donne lieu à une tension particulière ; cette tension produisait dans le milieu les propriétés bi-réfringentes, d'une manière analogue à la compression et à une variation de température. Cet état de tension commençait en même temps que le son et durait autant que lui ; c'est de la même manière qu'on paraît depuis avoir compris le phénomène.

Or on peut aisément montrer, par une expérience très-simple, que le phénomène particulier auquel donnent lieu les vibrations longitudinales d'une lame n'est pas le résultat d'une tension générale du milieu qui serait produite par les condensations et les dilatations, et n'est point constant dans toute la lame pendant qu'elle vibre ; bien plus, le phénomène en un point déterminé varie sans cesse d'un instant à l'autre et c'est la rapidité des

alternatives où il se produit qui le fait prendre pour continu. Qu'on imagine l'expérience disposée comme Biot l'avait fait; on place devant l'image de la lame, dans le miroir analyseur, un diaphragme de façon à ne laisser voir de cette image qu'une bande étroite perpendiculaire à la largeur de la lame; puis on reçoit la lumière qui apparaît au travers du diaphragme, lorsque la lame vibre, sur un miroir tournant autour d'un axe parallèle à la fente. Tant que le miroir reste immobile, on y voit la raie brillante par réflexion: mais lorsqu'on le fait tourner, la raie, au lieu de s'élargir, se décompose en une série de bandes brillantes, parallèles à la fente et séparées par des bandes obscures.

On verra plus loin dans quelles conditions il faut se placer pour que cette expérience donne les meilleurs résultats possibles. Pour le moment, cherchons ce qui en découle. Les raies brillantes et obscures qui apparaissent dans le miroir tournant montrent que l'action de la lame vibrante sur la polarisation du rayon qui la traverse n'est pas constante, mais se produit à certains intervalles, et comme les raies brillantes se suivent d'une manière très-régulière, il en résulte que l'action de la lame est aussi régulièrement intermittente et périodique.

Il est évidemment naturel de rapprocher cette action périodique des condensations et des dilatations qui se succèdent régulièrement au point de la lame vibrante où l'on observe le phénomène. L'hypothèse la plus simple et la plus plausible consiste à admettre que chaque raie brillante correspond à une condensation ou à une dilatation, car à ce moment, en ce point, la lame possède réellement la double réfraction, et, par conséquent, tout rayon polarisé peut être modifié dans certaines conditions; au

contraire, chaque raie obscure correspond à un instant où il n'y a ni condensation ni dilatation à la place observée et où, par conséquent, il n'y a pas de double réfraction.

Montrer que c'est bien là la véritable explication du phénomène et que l'idée d'une tension constante pendant toute la durée du son doit être abandonnée, est le but qu'on s'est proposé dans ce mémoire. L'expérience qu'on a déjà décrite reste la plus décisive et la plus intéressante, mais d'autres expériences ont rendu la démonstration plus complète, et on a pu vérifier, comme on le verra, toutes les conséquences qui résultent de l'explication, en tenant compte du mécanisme des vibrations longitudinales.

Si une lame de verre est mise en vibrations longitudinales, de telle sorte qu'il y ait des nœuds de vibrations en  $K, K', K''$ , on sait que c'est en ces points qu'ont lieu les maxima de dilatation et de condensation, tandis qu'aux milieux des intervalles qui les séparent et aux extrémités libres de la lame, les changements de densité sont nuls et les molécules se meuvent librement.

Il résulte de là que le phénomène de l'illumination de la fente doit arriver à son maximum lorsqu'on observe un nœud de vibration, et qu'au contraire, au milieu de l'intervalle de deux nœuds et aux extrémités libres, la fente doit rester toujours obscure. Biot avait déjà trouvé que les bouts de la lame vibrante ne paraissent jamais éclairés, et il l'explique par l'absence de tension aux extrémités, où le mouvement des molécules se fait librement dans l'air. Il n'est pas question dans son mémoire des nœuds de vibration.

On sait que les phases de la vibration de deux nœuds

successifs sont inverses, c'est-à-dire qu'à l'instant où au premier il y a maximum de condensation, il y a au second maximum de dilatation. Par conséquent, si un rayon polarisé, après avoir traversé une première fois la lame en passant par un nœud, la traverse une seconde fois en sens contraire en passant par le nœud suivant, le rayon éteint au moyen d'un analyseur, lorsque la lame ne vibrait pas, restera également éteint lorsqu'on la fera vibrer. Ces deux sections de la lame vibrante doivent agir comme deux lames de verre dont l'une est comprimée autant que la seconde est dilatée, suivant la même direction. Le rayon, en les traversant toutes deux ne subira pas de modification.

On n'avait pas recherché jusqu'ici quelle position il faut donner à la lame de verre par rapport au plan de polarisation des rayons pour que l'effet soit le plus grand possible, et les expériences font reconnaître cependant que cette position n'est point indifférente. Biot ne mentionne pas comment il plaçait la lame relativement au miroir polarisant ; comme ses expériences ont été faites en tenant la lame à la main, la position de la lame devait être très-variable et on s'explique ainsi comment il a échappé à un aussi habile observateur, que ce n'est que dans certaines positions déterminées que le phénomène se présente avec netteté. Au moment où une section de lame éprouve une condensation, les conditions d'élasticité sont modifiées et l'axe d'élasticité devient plus grand, suivant la direction de la compression, direction qui, dans le cas de la lame vibrante, est celle de l'axe longitudinal de la lame. Pour déterminer la surface d'élasticité, on remarquera que les deux axes, dans un plan perpendiculaire à la compression, sont nécessairement égaux, car

bien que dans ces directions l'élasticité puisse être modifiée par la compression, comme le corps est homogène, la modification doit être la même pour toutes les directions comprises dans ce plan. La surface d'élasticité est donc un ellipsoïde de rotation allongé, dont le grand axe est dirigé suivant l'axe de la lame vibrante. On sait de même qu'au moment d'une dilatation, cette surface sera un ellipsoïde de rotation aplati. Ainsi lorsque, dans une section, une dilatation succède à une contraction, l'ellipsoïde allongé se transforme en un ellipsoïde aplati, en passant par une sphère : la surface d'élasticité éprouve donc une série de transformations et oscille, pour ainsi dire, entre ses deux formes extrêmes. La grandeur relative des axes des ellipsoïdes ou, si l'on veut, la déformation de la sphère dépendent du maximum de dilatation et de contraction qui a lieu dans la section considérée.

Par conséquent, lorsqu'on fait passer un rayon polarisé au travers d'une lame vibrante, perpendiculairement à l'axe de la lame et à sa surface, une section de la lame se comporte comme une lame d'un cristal bi-réfringent taillée parallèlement à l'axe, et qui serait placée de manière à ce que l'axe du cristal soit parallèle à l'axe de la lame vibrante. Seulement le degré de bi-réfringence de chaque lame doit être considéré comme variable de l'une à l'autre et variable aussi très-rapidement avec le temps.

Or, lorsqu'un rayon polarisé traverse une lame de cristal parallèle à l'axe, si le plan de polarisation du rayon est parallèle à l'axe ou lui est perpendiculaire, le rayon analysé reste éteint ; si, au contraire, le plan de polarisation fait un angle de  $45^\circ$  avec la lame de cristal, l'éclairement ou la coloration de la lame atteint son maximum.

Il résulte de ces considérations, comme troisième con-

séquence, que lorsque le plan de polarisation du rayon traversant la lame vibrante sera parallèle ou perpendiculaire à l'axe de la lame, le phénomène de l'illumination n'aura pas lieu et qu'on l'obtiendra, au contraire, avec le plus d'intensité lorsque l'angle du plan de polarisation et de l'axe sera de  $45^{\circ}$ .

Remarquons enfin que le degré de bi-réfringence d'une même section varie continuellement. Donc, quatrième-ment, les raies que l'on observe, comme on l'a dit plus haut, dans le miroir tournant, doivent paraître colorées, et l'on trouve qu'à partir d'une raie obscure et en allant vers le milieu d'une raie brillante, les couleurs doivent se succéder dans le même ordre que sur les anneaux colorés à centre obscur, et dans l'ordre inverse, en allant du milieu de la raie brillante jusqu'à la raie obscure suivante.

Les expériences pour vérifier ces diverses déductions ont été faites de la manière suivante :

Comme il était nécessaire d'observer sur une surface assez considérable de la lame, il fallait employer une grande quantité de lumière polarisée. On a disposé sur un support de 4 pieds de haut une lampe à gaz avec un gros bec d'Argand ; sa lumière éclairait un écran en papier de soie huilé. Des trois autres côtés, la lampe était enfermée dans une caisse en bois, de façon à intercepter toute la lumière, sauf celle du papier transparent. La lumière de l'écran tombait sur un miroir noir d'un pied carré de surface, qui la polarisait le mieux possible. On se servait comme analyseur d'un prisme de Nicol, éloigné d'environ 6 ou 8 pieds.

En tournant le miroir et en changeant convenablement la position de la lampe, on pouvait donner au plan de

polarisation du rayon toutes les positions par rapport au plan horizontal, tout en laissant au rayon réfléchi la même direction.

Entre le miroir et le prisme de Nicol on plaçait la lame horizontalement et le rayon réfléchi la traversait toujours normalement à ses faces. Pour maintenir la lame dans sa position et la faire vibrer commodément, on avait placé entre le miroir et le prisme une longue table sur laquelle se trouvait un support fixe. Ce support était muni d'une pince formée de deux morceaux de bois recouverts de drap, serrés l'un contre l'autre par des vis. On plaçait la lame dans cette pince en un point où l'on voulait produire un nœud de vibration. Lorsque ce nœud ne devait pas se trouver au milieu de la longueur de la lame, il fallait la soutenir encore ailleurs en la faisant reposer en un autre point devant devenir un nœud sur un morceau de bois arrondi. J'ai expérimenté sur toute une série de lames qui étaient découpées dans des grandes glaces à miroir, dont les longueurs ont varié entre 2 et 6 pieds et les largeurs entre  $2\frac{1}{2}$  pouces et  $\frac{1}{4}$  de pouce. L'épaisseur était celle d'une forte glace, c'est-à-dire d'environ  $\frac{1}{4}$  de pouce. Les lames par elles-mêmes ne donnaient en les analysant par la lumière polarisée, que trop peu de couleurs pour que cela pût être une cause d'erreur dans les expériences. Toutes ces lames fixées comme on l'a dit, rendaient un son très-fort, lorsqu'on les frottait aux extrémités libres ou au milieu de l'intervalle de deux nœuds, et on pouvait facilement les faire vibrer avec deux ou trois nœuds, et même les plus longues avec quatre. On se servait pour frotter d'un morceau de drap épais et pas trop rude qu'on humectait légèrement.



Pour observer successivement différents points sur la lame, le support pouvait se déplacer parallèlement à la longueur de la lame sur la table, devant le miroir.

Enfin, pour observer avec le miroir tournant, je me suis servi d'un simple appareil à polarisation de Dove. Il était placé sur la table de façon à ce que la lame fixée, comme on l'a vu, horizontalement, se trouvât entre les deux prismes de Nicol. La lumière sortant du prisme de Nicol, tourné vers l'observateur, était réfléchi de côté par un prisme à angle droit et tombait sur le miroir tournant. J'ai employé soit un assez grand miroir argenté, soit un miroir d'acier de 20<sup>mm</sup> de diamètre, et la rotation était obtenue au moyen d'un mouvement d'horlogerie. L'ouverture ronde du Nicol, tournée vers l'observateur, apparaît dans le miroir comme une tache ronde lumineuse. On pouvait très-bien expérimenter ainsi sans employer de diaphragme. Entre le Nicol et le miroir, on a, dans certains cas, intercalé un diaphragme pour obtenir une ligne lumineuse plus arrêtée.

Voici les résultats des expériences :

1° Lorsque le plan de polarisation du rayon réfléchi par le miroir polarisant est vertical ou horizontal, l'illumination n'apparaît nulle part sur la lame vibrante ; au contraire, le phénomène est le plus marqué lorsque le plan de polarisation fait un angle de 45° avec l'axe horizontal de la lame.

2° En examinant, les uns après les autres, les différents points de la lame, dans le cas où l'angle est de 45°, on trouve qu'entre les deux extrémités, il y a des bandes étroites situées entre deux nœuds, où la lame ne devient jamais lumineuse. La clarté va en augmentant, à partir de ces points, jusqu'aux nœuds.

3° On fait passer le rayon dans le voisinage d'un nœud, mais au lieu de le recevoir dans le Nicol, on le fait tomber sur un miroir incliné à  $45^\circ$ . qui le réfléchit sur la lame dans le voisinage du nœud suivant. Après ces deux passages au travers de la lame, on le reçoit dans l'analyseur. On ne peut pas, dans ce cas, éteindre complètement la lumière lorsque la lame ne vibre pas, mais on la diminue beaucoup. En produisant la vibration, on trouve que l'intensité lumineuse ne change pas. Si au lieu de faire passer le rayon une seconde fois au travers de la lame, on le fait passer au-dessus. la vibration produit alors très-nettement le phénomène de l'illumination.

On peut difficilement rendre cette expérience plus précise, mais dans ces conditions d'exactitude, elle ne laisse pas de doute sur le résultat.

4° On a déjà dit que pour l'expérience du miroir tournant, c'est un appareil à polarisation de Dove qu'on a employé. Le Nicol polarisant est tourné de façon à donner un plan de polarisation faisant un angle de  $45^\circ$  avec l'horizontale, et le Nicol de l'analyseur est placé à angle droit avec le premier. En faisant tourner le miroir, on voit une succession de lignes brillantes et obscures. En augmentant la vitesse du miroir, on voit un moins grand nombre de raies, mais celles-ci deviennent plus larges.

Quant à la coloration de ces raies, on voit parfois apparaître des couleurs, mais le phénomène est trop faible en intensité lumineuse et trop peu constant pour qu'on puisse l'observer avec précision. En effet, les raies ne sont pas un phénomène constant, comme, par exemple, des raies d'interférence, mais à chaque rotation du miroir apparaissent de nouvelles raies qui ne recouvrent pas les anciennes.

Il faut donc ne donner au miroir qu'une vitesse telle, que l'image d'une raie ait disparu de l'œil lorsque la suivante se présente. Ce qui prouve, du reste, que l'intensité de la vibration peut être rendue suffisante pour faire apparaître des couleurs, c'est que lorsqu'on observe directement la lame entre le miroir polarisant et le Nicol, on voit fréquemment une vive coloration se produire, bien que, dans ce cas, la succession rapide des couleurs doive les empêcher d'être perçues par l'observateur.

Ainsi les conséquences théoriques de l'explication qu'on a donnée de l'expérience de Biot sont toutes vérifiées par les expériences et l'on doit considérer cette explication comme suffisamment démontrée.

Les expériences suivantes servent de confirmation aux résultats qui viennent d'être exposés.

On place dans la pince qui supporte déjà une lame de verre, ou dans une seconde pince, une seconde lame parallèlement à la première, de telle sorte que le rayon la traverse aussi avant d'arriver dans l'analyseur. Si l'on ne fait vibrer que l'une des lames, on ne voit dans le miroir tournant que les raies alternativement brillantes et obscures. En les faisant vibrer toutes deux, et dans le cas où les deux lames ont le même nombre de vibrations, suivant la différence de phase des états vibratoires des deux sections traversées par le rayon, on voit des raies comme dans le cas d'une seule lame, seulement avec des couleurs un peu différentes, ou bien toutes les raies se réunissent en un seul faisceau lumineux, ou enfin on ne voit plus de lumière du tout.

Le premier cas se présente lorsqu'il n'y a pas de différence de phase, le second lorsque la différence est de  $\frac{1}{4}$  ou de  $\frac{3}{4}$  de la durée de l'oscillation, le troisième lorsque

la différence est de la moitié de cette même durée. Mais si les lames n'ont pas le même ton, toutes les différences de phase se produisent successivement, et il en résulte dans le miroir une image très-compiquée, qui dépend du rapport du nombre de vibrations des deux lames. C'est là un phénomène d'interférence résultant de la biréfringence variable des deux lames.

Une autre expérience a consisté à intercaler, comme l'avait fait M. Dove, une lame de spath calcaire entre la lame de verre et l'analyseur. Pour une faible intensité de son, l'image s'affaiblit et pour une grande intensité, elle disparaît complètement. Le rayon qui sort de la lame est successivement polarisé dans un plan, elliptiquement et peut-être circulairement. Ceci suffirait déjà pour affaiblir beaucoup l'image du spath; mais, en outre, si à un certain moment correspondant à une condensation, le rayon est polarisé elliptiquement ou circulairement à droite, au moment correspondant à une dilatation, la polarisation sera elliptique ou circulaire à gauche. Il en résulte que les anneaux du spath tendent d'autant plus à disparaître. On explique de la même manière la disparition des couleurs d'une lame de gyps.

On a jusqu'à présent été disposé à admettre que des vibrations longitudinales pouvaient seules produire des phénomènes de bi-réfringence; on peut toutefois obtenir des phénomènes analogues de polarisation avec des vibrations transversales; j'exposerai brièvement les résultats que j'ai obtenus avec des lames vibrant transversalement.

Pour faire bien vibrer transversalement une longue lame de verre, il a fallu l'assujettir autrement. Au-dessus de la table était disposée horizontalement une longue

pièce de bois à laquelle on suspendait, à l'aide de fils solides, la lame de verre en des points destinés à devenir des nœuds de vibration. Pour la faire vibrer, on la tenait avec la main par un nœud et on la frottait à l'extrémité avec un archet.

En la frottant horizontalement, c'est-à-dire de telle manière que l'oscillation avait lieu dans le sens même où le rayon traversait la lame, et en observant de la même manière que précédemment, on ne voyait pas d'éclairement. Si, au contraire, on frotte la lame verticalement avec l'archet, on voit apparaître avec intensité les phénomènes de bi-réfringence. On a expérimenté en particulier avec une lame où l'on produisait trois nœuds. Le phénomène prenait son maximum d'intensité lorsque le plan de polarisation faisait avec l'horizontale l'angle de  $45^{\circ}$ . Outre une ligne obscure parallèle à l'axe longitudinal de la lame, il y a encore cette différence entre le cas actuel et celui des vibrations longitudinales, que ce sont les nœuds qui restent obscurs et le milieu des intervalles qui offre le maximum d'éclairement.

Pour trouver l'explication de cette expérience, considérons l'instant où la demi-ondulation entre deux nœuds consécutifs présente son maximum de courbure vers le bas ; il y a maximum de courbure en sens inverse entre les deux autres nœuds et les extrémités libres sont l'une le plus haut et l'autre le plus bas possible. De ces courbures résultent des tensions qui doivent produire la bi-réfringence. Or, la tension entre deux nœuds doit être la même que celle qui existerait dans une lame assujettie par ses deux bouts et qui serait déformée au milieu par une pression. Le phénomène qui est le résultat de cette déformation a été étudié avec soin, théoriquement et expériment-

talement, par Brewster et Neumann. Une lame de verre courbée présente au milieu une raie noire qui court parallèlement aux bords longitudinaux, et au-dessus et au-dessous paraissent avec une intensité croissante les couleurs de l'échelle de Newton. On se rend compte, comme on le sait, de la raie noire médiane qui s'élargit vers les extrémités et occupe aux extrémités mêmes toute l'épaisseur de la lame, en remarquant que du côté de la concavité de la lame il y a compression, du côté de la convexité dilatation et qu'entre ces deux états de tension il y a nécessairement une zone à l'état naturel. En revenant à notre expérience, on s'explique ainsi l'apparence de la lame vibrante entre deux nœuds. Il faut remarquer que vers un nœud il y a deux raies obscures élargies qui sont accolées l'une à l'autre, d'où résulte que cet espace obscur doit être assez large.

Les extrémités libres ne doivent pas présenter tout à fait la même apparence que les demi-longueurs qui séparent deux nœuds, mais celle que l'on obtient en fixant une lame par une de ses extrémités et en la pliant par l'autre. Ce cas de tension a été aussi étudié et on trouve dans ce cas également une zone neutre qui s'élargit rapidement vers l'extrémité fixe et lentement en s'approchant de l'extrémité libre.

Ainsi à l'instant où nous avons considéré la lame vibrant transversalement, on doit observer une ligne obscure dans toute sa largeur, traversée aux nœuds par des bandes noires plus larges. Les extrémités libres doivent être obscures. Tout le reste de la surface de la lame doit être coloré, ou si la bi-réfringence n'est pas très-forte, on doit simplement la voir s'éclairer avec les deux nœuds croisés à angle droit. Dans cet instant, toute la partie qui est

entre la ligne noire et le côté concave est bi-réfringente par compression, et celle qui se trouve entre la ligne noire et le côté convexe, l'est par dilatation.

Considérons, en second lieu, l'instant qui est séparé du premier par une demi-durée d'oscillation ; toutes les courbures sont devenues l'inverse de ce qu'elles étaient. Il en résulte que l'apparence de la lame doit être la même, sauf que là où il y avait compression, il y a dilatation et réciproquement. A égale distance de ces deux instants, la lame est en repos et ne possède pas de pouvoir bi-réfringent. Pour tout autre instant compris entre celui-ci et ceux où il y a maximum de déformation, l'apparence de la lame est la même, sauf que la bi-réfringence augmentant avec la déformation, les couleurs et le degré d'intensité du phénomène sont variables. Il en est de même entre l'instant du maximum et celui où la lame passe de nouveau par l'état naturel. Si l'on remarque que les déformations de la lame sont très-petites par rapport à ses dimensions, et qu'il résulte de ce qu'on vient de dire que, lorsque la lame vibre, la même image doit se reproduire à chaque instant, avec quelques changements de couleur seulement, on comprend que pour l'œil ces images doivent se superposer et qu'on observe le phénomène tel qu'il a été décrit. Ainsi l'apparence observée s'explique complètement par la déformation des diverses parties de la lame vibrante.

Il reste à faire voir, qu'en effet, l'image n'est pas permanente, mais est un phénomène intermittent. L'expérience se réalise aisément de la même manière que pour les vibrations longitudinales. On fait passer le faisceau de lumière polarisé au travers de la lame, non plus dans le voisinage d'un nœud, mais, au contraire, au milieu de

l'intervalle de deux nœuds et au-dessus ou au-dessous de la ligne neutre. On observe dans le miroir tournant le point ou la ligne lumineuse qui est formée par le faisceau lumineux, et on voit une succession de raies brillantes et obscures. Pour la même vitesse de rotation, ces raies sont beaucoup plus séparées que dans le premier cas, car, en général, le ton des vibrations transversales est beaucoup plus bas que celui des vibrations longitudinales.

On peut observer, dans le cas des vibrations transversales, toutes les mêmes particularités que sur les vibrations longitudinales. En premier lieu, comme les axes de compression et de dilatation, pour le cas d'une flexion transversale, coïncident à peu près avec l'axe longitudinal de la lame, l'image doit atteindre son maximum d'intensité lorsque le plan de polarisation fait avec cet axe un angle de  $45^\circ$ . En outre, la compression et la dilatation se succédant rapidement en un même point, il en résulte, comme précédemment, que les anneaux d'un spath calcaire doivent disparaître. Enfin, puisque dans l'état de vibrations transversales, une compression et une dilatation ont lieu simultanément aux points placés au-dessus et au-dessous de la ligne neutre, un rayon qui, après avoir traversé une première fois la lame au-dessus de la ligne neutre, la traverse une seconde fois au-dessous, ne donnera pas lieu à un éclaircissement lorsqu'on produira la vibration.

Ainsi s'expliquent, par l'action mécanique de l'état vibratoire, d'une manière complète les phénomènes de bi-réfringence qu'on observe lorsqu'on fait vibrer une lame, soit longitudinalement, soit transversalement. Il est remarquable que la lumière, non-seulement fasse con-



naître le moindre changement permanent d'élasticité dans un milieu transparent, mais rende apparente avec une égale netteté une modification périodique d'élasticité, lors même que le changement a lieu plusieurs milliers de fois dans la seconde.

On pourrait se proposer de se servir du miroir tournant comme d'une méthode pour déterminer le nombre des vibrations d'une lame. En effet, on peut estimer ce nombre d'une manière approchée, lorsqu'on connaît la vitesse de rotation du miroir, en comptant les raies qui se trouvent entre deux fils de la lunette. Mais je me suis bientôt convaincu que cette méthode ne peut avoir l'exactitude d'autres méthodes connues.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

L'abbé comte FRANÇOIS CASTRACANE DEGLI ANTELMINELLI. SUR  
L'EMPLOI DE LA LUMIÈRE MONOCHROMATIQUE DANS LES RE-  
CHERCHES MICROSCOPIQUES<sup>1</sup>.

M. le comte Castracane s'est appliqué, depuis quelques années, à l'étude persévérante des Diatomées, au moyen d'un excellent microscope d'Amici, monté à Genève dans l'atelier que dirige M. le prof. Thury. Durant un séjour que j'ai fait à Rome, au mois d'avril dernier, ce savant m'a donné l'occasion de répéter plusieurs des expériences qu'il a faites et publiées, en substituant, d'après le conseil d'Amici, la lumière monochromatique à celle qu'on emploie ordinairement. Un héliostat à grand miroir de M. Foucault et un prisme très-dispersif permettent d'éclairer le miroir de l'instrument (ou le prisme lenticulaire qui le remplace) avec un quelconque des rayons du spectre. Cette méthode a l'avantage de détruire les défauts provenant soit d'un achromatisme incomplet des franges d'interférence qui se produisent sur le bord des objets. Appliquée à l'examen du *Pleurosigma angulatum*, l'un des test-objets les plus décisifs, elle a donné des résultats très-satisfaisants. Dans la lumière habituelle, il fallait le cinquième et plus fort objectif pour distinguer les séries de points que le quatrième ne laissait entrevoir que sous forme de stries. Avec une illumination monochrome et le plus faible

<sup>1</sup> Lettre adressée au Père Secchi le 31 mai 1863, et insérée dans les actes des *Nuovi Lincei*, tome XVII, séance du 6 mars 1864.

oculaire, on aperçoit nettement les points à l'aide du *troisième* objectif qui, pour la force et la pénétration, est bien inférieur aux deux autres. C'est la lumière bleu-verdâtre qui semble le mieux convenir à l'usage microscopique.

M. Castracane se propose de publier un atlas de Diatomées vivantes et fossiles, de toutes provenances, aussi complet que possible. Avec une grande habileté pratique, il est arrivé à produire des images photographiques qui représentent les plus minutieuses particularités du squelette siliceux de ces petits organismes. Ces images montrent ce que les microscopes les plus parfaits permettent seuls de voir, par exemple la forme hexagone des cellales qui recouvrent la surface entière de la valve du *Pleurosigma* déjà mentionné. Leur netteté est telle qu'elles supportent un nouvel agrandissement à la loupe et présentent des détails qu'on ne saurait apercevoir avec l'emploi du microscope seul. Ces empreintes serviront donc à consacrer par un dessin authentique la forme des objets observés, et à remplacer pour beaucoup de personnes l'usage d'instruments dispendieux et d'un maniement délicat. Nous accompagnons de tous nos vœux la réussite de l'entreprise à laquelle M. le comte Castracane consacre son talent et ses loisirs. E. W.

---

II. VALERIUS, prof. à l'université de Gand. SUR LES VIBRATIONS DE FILS DE VERRE ATTACHÉS PAR UNE DE LEURS EXTRÉMITÉS A UN CORPS VIBRANT ET LIBRES A L'AUTRE. (*Mém. de l'Académie de Bruxelles.*)

M. Valérius a étudié les vibrations communiquées à un fil de verre par un diapason disposé de telle sorte que son plan fût tantôt horizontal, tantôt vertical. Le fil était suspendu verticalement, le bout libre en bas. Lorsque le diapason vibrait horizontalement, il déterminait des impulsions transversales; mais celles-ci devenaient longitudinales quand le plan de vibration de l'ins-

trument était vertical. On projetait l'image du fil sur un écran, en faisant usage d'un large faisceau de lumière solaire et d'une bonne lentille convergente achromatique. Pour que cette image pût être nettement dessinée, il fallait protéger le fil contre les courants d'air et maintenir constantes les vibrations du diapason.

Moyennant ces précautions, l'auteur s'est assuré que *les concamérations normales des fils de verre exécutent, comme celles des lames élastiques, des nombres de vibrations en raison inverse des carrés de leurs longueurs.*

D'après la théorie, la vitesse de transmission des impulsions longitudinales est double de celle des impulsions transversales. Melde avait vérifié ce résultat sur des fils de matières textiles<sup>1</sup> à l'aide d'un appareil ingénieux, mais un peu compliqué. M. Valérius lui substitue le dispositif suivant qui est plus simple. On prend un fil de soie d'une longueur de 4<sup>m</sup> à 4<sup>m</sup> 5, et on le fixe avec de la cire à un diapason, tandis qu'à l'autre bout on attache un petit anneau de cire pour produire une légère tension. On fait passer le fil sur un crochet pour disposer horizontalement la portion comprise entre ce crochet et le diapason. Cela fait, il suffit de faire sonner le diapason et d'éloigner lentement le crochet, de manière à augmenter de plus en plus cette partie horizontale. Quand les vibrations de l'instrument sont dans le sens de l'axe du fil, on trouve une position du crochet pour laquelle la partie horizontale du fil vibre avec une amplitude remarquable, en produisant un ventre et deux nœuds. Si alors on tourne le plan du diapason de 90°, la partie horizontale du fil restant invariable, on la voit se partager en deux concamérations égales, ce qui vérifie l'induction théorique.

Substituant à la soie des fils de verre, M. Valérius a trouvé que *les vibrations de ces fils attachés à un corps sonore par une de leurs extrémités et libres à l'autre, s'effectuent d'après les mêmes lois*

<sup>1</sup> Pogg. Ann. T. CIX, p. 193; T. CXI, p. 513 (1860). — MULLER, Lehrbuch der Physik, T. I, p. 414.

que celles des lames élastiques<sup>1</sup>, tant pour le cas d'impulsions transversales que pour celui d'impulsions longitudinales.

Dans ses expériences, l'auteur a été conduit à distinguer les concamérations *normales*, dont la longueur ne dépend que de la nature du fil, de son épaisseur et de la durée de chaque vibration simple du corps sonore ; — des concamérations *réduites*, égales aux précédentes de même espèce, mais diminuées ou agrandies toutes dans le même rapport ; — enfin des concamérations *irrégulières*.

*Les longueurs des concamérations normales et des réduites obéissent rigoureusement aux mêmes lois que les longueurs des concamérations dans les lames vibrantes libres à leurs deux bouts, pourvu que, dans les vibrations des fils de verre, on tienne compte de l'influence perturbatrice du corps sonore.*

Les physiciens qui s'occupent d'expériences acoustiques par le procédé graphique, trouveront dans le travail du savant belge des indications précieuses sur la meilleure longueur à donner aux styles destinés au tracé des vibrations.

E. W.

---

II. VALÉRIUS. SUR UN NOUVEAU CHRONOSCOPE ÉLECTRIQUE A CYLINDRE TOURNANT, FONDÉ SUR L'EMPLOI DU DIAPASON. (*Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XVIII.)

La grande difficulté à vaincre dans la construction des chronoscopes électriques à cylindre tournant, consiste à réaliser le mouvement uniforme dont on a besoin. C'est pour se passer de cette condition que, sans connaître le travail de M. Schulz<sup>2</sup>, M. Valérius a proposé l'emploi d'un diapason muni d'un style qui décrit une série de traces sinusoïdes, sur une feuille enroulée autour un cylindre et couverte de noir de fumée. Le papier déroulé et soumis verticalement à l'inspection de la lunette d'un cathéto-

<sup>1</sup> Voir Lissajous, *Ann. Ch. et Phys.*, 3<sup>e</sup> série, T. XXX, p. 385.

<sup>2</sup> Mémoire publié en 1859, chez Corréard.

mètre donne, par l'écartement des traces, la mesure demandée, quand on connaît le nombre absolu de vibrations simples que le diapason effectue dans une seconde.

Le pointage s'effectue par le moyen de galvanomètres, en nombre égal à celui des points qu'on veut marquer sur le cylindre. Ils consistent simplement en un cadre rectangulaire autour duquel le fil est enroulé. Ce cadre est fixé parallèlement au cylindre, à distance convenable et de façon que le long côté du cadre soit à peu près vertical. Dans l'intérieur se trouve une seule aiguille aimantée, mobile autour d'un axe horizontal. Elle porte à son extrémité supérieure une tige de laiton qui, après s'être dirigée perpendiculairement au plan du cadre vers le cylindre, se recourbe de bas en haut, et enfin horizontalement, de manière à se tenir à une distance de deux centimètres environ du cylindre, lorsqu'on l'incline vers ce dernier en faisant tourner l'aiguille autour de son axe de rotation. On fixe, vers l'extrémité libre de cette tige, un style disposé comme celui du diapason, c'est-à-dire formé d'une barbe de plume fixée avec de la gomme ou de la colle-forte entre les deux branches d'une soie de porc fendue sur une longueur de trois à quatre millimètres. C'est ce style qui, à un instant donné, doit marquer un petit trait sur le cylindre et s'éloigner ensuite. A cet effet, on règle le poids de la tige de manière que, lorsque le fil du galvanomètre est traversé par le courant d'un seul couple de Bunsen, l'aiguille aimantée se trouve à peu près verticale. Si ensuite le courant vient à être interrompu, la tige de cuivre tombe vers le cylindre, et le style qu'elle porte marque un trait quand le cylindre est en mouvement. Pour que le trait se réduise sensiblement à un point, le style ne doit rester qu'un instant en contact avec le cylindre. C'est ce qu'il est facile d'obtenir, comme M. le professeur Glæsener l'a déjà indiqué, à l'aide d'une petite lame-ressort fixée au cadre du galvanomètre. Dans sa chute, la tige de cuivre vient choquer cette lame ; elle la fléchit, et quand sa vitesse est à peu près éteinte, le petit ressort la ramène en arrière.

Pour apprécier la valeur pratique du chronoscope de M. Valérius, il faudrait le soumettre à diverses épreuves. C'est donc un point sur lequel nous ne pouvons prononcer. Mais il n'est que juste de rappeler dans un Recueil suisse que, depuis près de 15 ans, M. Hipp a construit un appareil qui mesure directement les millièmes de seconde et cela avec une grande exactitude. Dans ce chronoscope dont l'emploi est des plus commodes, le régulateur du mouvement d'horlogerie est un ressort droit qui exécute mille vibrations par seconde. Ce ressort l'emporte sur toute espèce de volant et peut-être sur la pendule conique, comme machine réglante<sup>1</sup>.

E. W.

---

 CHIMIE.

H. KOPP. RECHERCHES SUR LA CHALEUR SPÉCIFIQUE DES CORPS SOLIDES ET LIQUIDES. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, III. Supplement-Band).

Nous venons signaler aux chimistes et aux physiiciens un important travail de M. H. Kopp sur les chaleurs spécifiques. La première partie, concernant les corps solides, est la seule encore publiée. La longueur de ce mémoire ne nous permet pas d'en donner même un extrait renfermant des données numériques, mais nous indiquerons la marche suivie par l'auteur, et les principales conclusions qu'il tire de ses propres expériences ainsi que de celles de ses devanciers.

M. Kopp commence par une revue historique de tous les travaux antérieurs qui ont été faits sur ce sujet et par une exposition des diverses théories qui ont été émises, soit sur la loi des

<sup>1</sup> Sur le chronoscope et les chronographes de Hipp, voyez le *Mém. sur la détermination télégraphique de la différence de longitude entre les observatoires de Genève et de Neuchâtel*, par MM. PLANTAMOUR et HIRSCH. *Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève*, tome XVII, p. 289. — *Archives*, 1864, t. XXI, p. 305.

chaleurs spécifiques des corps simples, soit sur les relations entre les chaleurs spécifiques des corps composés et leur composition chimique.

Il expose ensuite la méthode qu'il a adoptée pour ses propres expériences. Cette méthode est au fond celle des mélanges qui a toujours été signalée comme la plus exacte par tous les physiciens qui se sont occupés de ce genre de recherches ; mais il a apporté dans l'application de cette méthode des modifications assez considérables au procédé ordinaire, tel que l'avaient employé MM. Neumann et Regnault. Le corps dont il veut déterminer la chaleur spécifique est renfermé dans un tube de verre mince avec un liquide de chaleur spécifique connue qui n'exerce sur lui aucune action dissolvante ou chimique. Ce tube est chauffé dans un bain de mercure à une température déterminée, puis rapidement transporté dans un petit calorimètre à eau muni d'un agitateur et d'un thermomètre très-sensible, au moyen duquel on mesure l'élévation de température. Quelques expériences préalables font connaître la petite correction qu'il faut apporter au résultat obtenu, pour tenir compte de ce que, au moment où le thermomètre du calorimètre indique le maximum, le corps contenu dans le tube de verre possède encore une température un peu plus élevée ; ces expériences ont montré que cette différence pouvait être évaluée à  $0,5^{\circ}$ .

M. Kopp reconnaît que la disposition de ses appareils ne lui permet pas d'atteindre en général, dans la détermination des chaleurs spécifiques, une aussi grande exactitude que celle que l'on peut espérer des procédés beaucoup plus longs et compliqués de MM. Neumann et Regnault, et que les résultats qu'il obtient en répétant plusieurs fois la détermination de la chaleur spécifique pour un même corps présentent en général des divergences un peu plus grandes. Mais à côté de cet inconvénient, cette méthode présente des avantages importants. D'une exécution facile et rapide, elle n'exige aucun aide. Elle permet d'opérer sur des quantités de corps peu considérables. Par l'interposition d'un



liquide qui met tous les corps sensiblement dans les mêmes conditions de conductibilité, elle rend les résultats plus comparables entre eux. Enfin elle évite complètement une cause d'erreur qui a dû affecter plusieurs des expériences antérieures, de l'aveu même des opérateurs, mais dont il est impossible de constater l'importance, savoir le dégagement de chaleur résultant de la brusque absorption du liquide du calorimètre par les corps pulvérulents ou poreux lorsqu'ils ont été chauffés à sec. En résumé, on peut dire que si les déterminations de M. Kopp n'atteignent pas toujours un aussi haut degré de précision que celles qui ont pu être faites par d'autres procédés, elles peuvent du moins inspirer une entière confiance comme mesures approximatives, parfaitement comparables pour les différents corps. D'ailleurs le degré de concordance que l'on constate entre les différents résultats obtenus pour un même corps, permet de juger le degré d'approximation auquel on parvient par cette méthode, et montre qu'il est bien suffisant pour justifier les conséquences théoriques déduites par l'auteur.

M. Kopp donne ensuite les résultats de ses expériences. Nous nous bornerons à remarquer qu'elles ont porté sur environ cent trente corps différents, et que pour chacun la chaleur spécifique est déduite de la moyenne d'un grand nombre d'expériences, ou même de séries d'expériences portant sur diverses modifications de chaque corps. Cette partie de son travail est terminée par un tableau dans lequel sont résumés tous les résultats numériques obtenus jusqu'ici, soit par l'auteur, soit par ses devanciers, dans la détermination des chaleurs spécifiques.

Arrivons enfin aux conséquences théoriques qu'il croit pouvoir tirer de l'étude de ces résultats numériques.

M. Kopp présente d'abord une observation générale, nécessaire pour justifier les conclusions auxquelles il est amené. Il n'est pas douteux que la chaleur spécifique d'un corps n'éprouve des modifications appréciables par suite des circonstances physiques qui peuvent influer sur l'ensemble de ses propriétés et des

différents états moléculaires sous lesquels il peut se présenter, suivant qu'il a été écroui ou non, trempé ou recuit, suivant qu'il se trouve à l'état amorphe ou sous divers états dimorphes ; mais il ne paraît pas que les changements qui en peuvent résulter pour sa chaleur spécifique soient jamais bien considérables. C'est là, du moins, ce que l'on constate pour tous les corps qui, sous leurs différents états, se prêtent à une détermination un peu exacte de leur chaleur spécifique, car il faut nécessairement écarter les cas où il est probable qu'un changement moléculaire s'est produit pendant l'expérience même et a introduit par conséquent une évolution calorifique indépendante de la chaleur spécifique. Il résulte de ce fait important que les variations de chaleur spécifique dues à ces causes ne peuvent masquer les lois générales qui régissent ce phénomène et ne peuvent expliquer les anomalies constatées pour un certain nombre de corps qui semblent échapper à ces lois.

Pour les corps simples, il est incontestable que la plupart d'entre eux suivent approximativement la loi de Dulong et Petit, leur chaleur atomique, c'est-à-dire le produit de la chaleur spécifique par le poids atomique, étant à peu près la même, environ 6,4. Mais il est aussi évident que cette loi n'est pas absolue. D'abord il y a parmi les éléments dont la chaleur spécifique à l'état solide a pu être déterminée directement, trois corps, le carbone, le bore et le silicium pour lesquels elle n'atteint pas la moitié du chiffre nécessaire et aucune modification du poids atomique de ces corps, susceptible de les faire rentrer dans la loi générale, ne pourrait être admise par les chimistes. La même anomalie se présente très-probablement, comme nous le verrons tout à l'heure, pour d'autres éléments dont la chaleur spécifique, à l'état solide, n'a pu être déterminée directement. De plus, pour une partie des corps simples qui sont généralement considérés comme conformes à la loi générale, l'accord n'est qu'approximatif et il ne paraît pas que les différences observées puissent s'expliquer suffisamment par des différences dans leur état

physique, ou dans leur constitution moléculaire, ou même par l'intervention de causes physiques générales telles que celles par lesquelles M. Regnault a cherché à expliquer ces divergences, par exemple parce que les chaleurs spécifiques ne sont pas mesurées pour tous les corps dans des conditions identiques, à une égale distance des points de fusion, ou parce que leur détermination ne permet pas de séparer deux éléments distincts dont l'un serait la véritable chaleur spécifique d'un corps et l'autre la chaleur employée à en faire varier le volume.

Pour les corps composés, les expériences de l'auteur, d'accord avec celles qui avaient été faites avant lui, confirment en général le principe posé par Neumann, savoir que la chaleur spécifique de la molécule composée est sensiblement la même pour des composés qui offrent la même constitution atomique. M. Kopp montre même que ce principe reste vrai lors même que les corps que l'on compare n'offrent aucune analogie, ni dans leur rôle chimique, ni dans le mode de groupement de leurs atomes élémentaires. Il se vérifie même entre des groupes de composés qui n'offrent aucune analogie de constitution atomique si, en doublant ou triplant la formule de l'un d'eux, on peut y supposer des molécules complexes renfermant le même nombre d'atomes élémentaires que les autres. Cela prouve que la constitution rationnelle d'un composé n'exerce aucune influence sur sa chaleur spécifique, que celle-ci ne résulte que de sa composition élémentaire, et, si le principe de Neumann se vérifiait dans tous les cas, on y trouverait la justification de la loi qu'avait énoncée M. Garnier, d'après laquelle la chaleur spécifique d'une molécule composée quelconque pourrait être obtenue en multipliant une quantité constante par le nombre des atomes élémentaires contenus dans cette molécule.

Mais, si l'on observe le plus souvent une vérification générale et approximative de ce principe, il est impossible cependant de le considérer comme vrai d'une manière absolue.

Il y a d'abord des exceptions parfaitement établies, mais que

l'on peut appeler accidentelles ou isolées, et dont il est impossible dans l'état actuel de comprendre la cause. Telles sont par exemple les différences que l'on constate dans les chaleurs spécifiques moléculaires de l'alumine (21,5) et de l'oxyde de fer (26,8), ou bien dans celles du fer oxydulé (57,7), du fer chromé (31,2) et du spinelle (27,7)

Mais il y a d'autres exceptions qui présentent un caractère de généralité tel qu'il est impossible de ne pas les attribuer à une loi et que l'on peut résumer ainsi : Le principe de Neumann est suivi d'une manière très-approximative par tous les composés dans lesquels il n'entre que des corps simples obéissant eux-mêmes assez exactement à la loi de Dulong et Petit. Mais dès qu'il entre dans un composé un élément dont la chaleur spécifique à l'état libre ne s'accorde pas très-exactement avec cette loi, comme le soufre et le phosphore, ou s'en écarte complètement comme le carbone, le bore et le silicium, des anomalies correspondantes et sensiblement du même ordre, s'observent dans la chaleur spécifique d'une telle combinaison. La même anomalie s'étend aux combinaisons d'un certain nombre de corps simples dont la chaleur spécifique à l'état solide n'a pu être déterminée directement.

Ces considérations conduisent naturellement M. Kopp à poser les conclusions suivantes :

Chaque corps simple possède, à l'état solide, une chaleur spécifique atomique qui lui est propre. Toutefois, on peut provisoirement admettre qu'elle est à peu près la même pour la plupart d'entr'eux, suivant la loi de Dulong et Petit.

Chaque élément entre dans toutes ses combinaisons avec une chaleur spécifique à peu près identique avec celle qu'il possède à l'état de liberté, en sorte que l'on peut calculer approximativement la chaleur spécifique d'un composé quelconque lorsque l'on connaît celle de ses éléments.

Enfin il est possible, pour les corps simples dont on ne peut déterminer directement la chaleur spécifique à l'état solide, de la calculer au moyen de celle de leurs composés en en retranchant

celle des autres éléments pour lesquels elle a pu être déterminée par l'expérience. Il est clair d'ailleurs que l'on ne peut compter dans ce dernier cas sur une valeur approchée que lorsqu'on peut prendre la moyenne des déterminations obtenues pour un nombre assez grand de combinaisons.

M. Kopp montre l'application et la justification de ces règles par un tableau renfermant la chaleur spécifique calculée sur ces bases pour tous les composés pour lesquels elle a été déterminée expérimentalement, comparée avec le résultat même des observations. L'accord est en général assez satisfaisant.

Nous nous bornerons à reproduire ici l'indication des chaleurs spécifiques qu'il est conduit à attribuer aux divers éléments :

1° Corps simples obéissant approximativement à la loi de Dulong et Petit, et pour lesquels on peut admettre le même nombre, 6, 4 comme représentant la chaleur atomique :

Aluminium	Fer	Plomb
Antimoine	Étain	Potassium
Argent	Iode	Rhodium
Arsenic	Iridium	* Rubidium
* Azote <sup>1</sup>	Lithium	Sélénium
* Baryum	Magnésium	Sodium
Bismuth	Manganèse	* Strontium
Brome	Mercure	Tellure
Cadmium	Molybdène	Thallium
* Calcium	Nickel	* Titane
* Chlore	Or	Wolfram
* Chrome	Osmium	Zinc
Cobalt	Palladium	* Zirconium
Cuivre	Platine.	

2° Corps simples dont la chaleur spécifique s'écarte sensiblement ou complètement de la loi de Dulong et Petit, et pour l'é-

<sup>1</sup> Les corps dont le nom est précédé d'un \* sont ceux pour lesquels la chaleur spécifique n'a pu être déterminée directement, mais a été déduite de celle de leurs combinaisons.

valuation de laquelle on a fait concourir la détermination expérimentale, quand elle a été possible, et celle des chaleurs des combinaisons :

Soufre	chaleur atomique admise	5,4
Phosphore	»	5,4
Fluor	»	5
Oxygène	»	4
Silicium	»	5,8
Bore	»	2,7
Hydrogène	»	2,5
Carbone	»	1,8

A la suite de ce travail, M. Kopp présente quelques considérations sur la nature des éléments chimiques. Nous n'avons et nous n'aurons peut-être jamais aucun moyen d'établir par l'expérience si les corps que nous considérons comme des éléments sont réellement des corps simples ou sont encore des composés de principes encore inconnus. Mais on peut espérer qu'une comparaison des propriétés de ces éléments et de celles des corps dont la composition nous est connue, pourra nous apprendre si tous nos éléments chimiques actuels sont bien des corps d'un même ordre, plus simples que tous les corps composés connus, si l'analyse chimique est bien arrivée dans tous les cas à la même limite dans le degré de composition des molécules qui ont résisté jusqu'ici à tous ses efforts de décomposition. C'est ce que l'on a pu croire tant que l'on a admis que la loi de Dulong et Petit était applicable à tous les corps considérés comme des éléments chimiques, et qu'ils avaient tous une même chaleur atomique, toujours inférieure à celle des corps composés.

Mais cette démonstration ne peut plus être admise s'il est établi qu'il y a des éléments dont la chaleur atomique est de beaucoup inférieure à celle de la plupart des autres, et qu'ils portent ce même caractère dans tous les composés qu'ils forment. Il n'y a pas de raison dans ce cas pour qu'il n'y ait des corps composés, et composés au même degré que les combinaisons les

mieux déterminées, qui, étant formés de pareils éléments, n'aient pas une chaleur atomique supérieure à celle d'une grande partie de corps simples. Ainsi, par exemple, le fait que le chlore, le brome et l'iode présentent sensiblement la même chaleur atomique que la plupart des autres éléments, ne peut être invoqué comme un argument pour prouver qu'ils seraient, soit comme corps simples, soit comme corps composés, sur la même ligne qu'eux. Ainsi on peut remarquer que, suivant les règles exposées plus haut, la chaleur atomique de l'eau oxygénée doit être égale à  $6, 5, (4, \div 2, 5)$ , c'est-à-dire presque identique avec celle de ces éléments (6, 4).

Si l'on peut tirer de la comparaison des chaleurs spécifiques des corps quelque induction sur leur nature chimique, la seule qui serait actuellement justifiée serait que, parmi nos éléments actuels, le carbone et l'hydrogène, s'ils ne sont pas encore de véritables corps simples, sont du moins des combinaisons plus simples que le silicium et l'oxygène, et que la plupart des autres éléments, suivant la loi de Dulong et Petit, sont encore des composés d'un ordre plus élevé.

---

D<sup>r</sup> G. WINKLER, BEITRAGE . . . CONTRIBUTIONS A L'HISTOIRE DE L'INDIUM (*Journ. für prakt. Chemie*, t. XCIV, p. 1.)

M. Winkler vient de publier sur l'*indium* un travail qui confirme les données sur ce corps que nous devons à MM. Reich et Richter <sup>1</sup>, en y ajoutant quelques faits nouveaux dont nous allons parler.

L'auteur a retiré l'indium du zinc des usines de Freiberg, lequel contient 0,045 pour cent de son poids du nouveau métal; il indique trois procédés d'extraction plus rapides et moins coûteux que celui de MM. Reich et Richter.

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, t. XIX, 144 et t. XXII, p. 79.

Le premier consiste à attaquer le zinc indiffère par l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique, en prenant soin toutefois qu'une petite quantité du métal demeure non dissoute, et à faire bouillir le tout pendant quelque temps. Le résidu consiste essentiellement en indium dont la purification subséquente est facile.

Le dernier procédé est fondé sur la propriété qu'a le carbonate de baryte de précipiter totalement à froid l'oxyde d'indium sans déplacer celui de zinc. Après un contact prolongé avec le carbonate terreux, la liqueur ne renferme plus d'indium, celui-ci ayant tout passé dans le dépôt où on le retrouve avec un peu de fer, d'alumine, etc.

Le poids spécifique de l'indium, pris sur une feuille pesant 0<sup>gr</sup>,775, a été trouvé égal à 7,562 (à + 15° C.).

L'oxyde (InO) s'obtient en morceaux jaunes, translucides, par la calcination de son hydrate. Après avoir subi l'action de la chaleur il est lentement à froid soluble dans les acides même énergiques; l'ébullition active considérablement la dissolution. Le zinc le sépare de ses combinaisons sous forme de petites écailles brillantes.

Le carbonate d'indium est soluble dans un excès de carbonate ammonique; l'ébullition le fait se déposer de nouveau; les carbonates de potasse, de soude, et le bi-carbonate de cette dernière base ne le dissolvent pas.

MM. Reich et Richter avaient trouvé, pour le poids atomique de l'indium, un nombre moyen de 464,15, avec un minimum égal à 458,4 (36,67, II = 1). M. Winkler a fait deux séries d'expériences dont la première (réduction de l'oxyde par l'hydrogène) a donné, en prenant l'hydrogène pour unité, les nombres suivants :

35,88

35,21

26,49

25,09

La seconde (dissolution du métal par l'acide nitrique et dosage



de l'oxyde restant après la destruction au feu du nitrate), conduit à 55,874 — 55,927 — 55,955, dont la moyenne (55,918) est adoptée par l'auteur, qui rejette ainsi les résultats de la première série.

M. D.

## ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

M. SARS, OBSERVATIONS GÉOLOGIQUES ET ZOOLOGIQUES FAITES PENDANT UN VOYAGE DANS UNE PARTIE DE LA PROVINCE DE TRONDHJEM (*Geologiske og zoologiske Jagttagelser anstillede paa en Reise i en Deel af Trondjhem's Stift*. Christiania, 1865. — LE MÊME : OM EN NY ART, etc. SUR UNE NOUVELLE BRACHIO-LAIRE (*Videnskabsselskabets Forhandlinger for 1865*).

Le nouveau voyage du célèbre zoologiste norvégien a été, comme chacun des précédents, fécond en observations intéressantes. Nous citerons d'abord celles relatives aux cailloux de marne dure qu'on trouve en grande abondance dans des argiles marneuses de l'époque glaciaire de divers districts scandinaves. Ces cailloux ont parfois des formes si régulières qu'on les dirait faits au tour. On les a souvent considérés comme des concrétions, mais M. Kjerulf s'est récemment efforcé de montrer que ce sont des cailloux roulés provenant de débris des couches marneuses siluriennes et enfermés dans les marnes glaciaires.

Dans la province de Trondhjem, M. Sars s'est assuré que les cailloux en question renferment très-fréquemment des débris organiques, tandis que la marne dans laquelle ils sont déposés n'en présente point. Ils sont formés de couches concentriques déposées, pour ainsi dire, autour du fossile inclus. La détermination de ces débris organisés ne laisse aucun doute sur le fait que l'opinion de M. Kjerulf est erronée. Ces fossiles sont, en effet, de l'époque glaciaire et non de l'époque silurienne. Ce sont surtout des mollusques lamellibranches, puis, en outre des poissons (merlan et

autres gadoïdes, *Osmérus arcticus*, etc.), diverses espèces d'annélides chétopodes, une ophiure, une pennatule, etc. Il semble que les débris organiques aient agi comme centre d'attraction sur les parties calcaires de la marne et déterminé ainsi la formation des cailloux dans le sein de la couche marneuse.

Nous ne pouvons suivre M. Sars dans l'examen des nombreuses espèces vivantes (mollusques, bryozoaires, annélides, échinodermes, coelentérés) qu'il a recueillies dans son voyage et sur chacune desquelles il donne des détails zoologiques ou anatomiques dignes d'intérêt. Nous nous contenterons de mentionner la découverte d'une nouvelle larve d'échinoderme très-intéressante appartenant au type des Brachiolaires. Cette larve présente encore plus d'affinité avec les Bipinnaires que les Brachiolaires observées par Joh. Müller. Son développement est aussi très-semblable à celui des Bipinnaires. En effet, l'astéride en voie de formation offre les mêmes rapports de position et d'union avec le corps de la larve que chez les Bipinnaires. M. Sars a constaté cependant certaines dissemblances dans l'évolution. Chez les Bipinnaires le rudiment du système ambulacraire apparaît de très-bonne heure sous la forme d'une rosette formée de cinq cœcums ; chez les brachiolaires, au contraire, ces cœcums ne sont point resserrés en un groupe, mais distants les uns des autres et le cercle auquel ils appartiennent n'est point fermé, mais ouvert d'un côté. Cet état persiste jusqu'après la formation du périsome avec ses cinq bras et leurs piquants.

Les Brachiolaires ne se distinguent en réalité des Bipinnaires que par la présence de trois bras contractiles à l'extrémité antérieure. M. Sars s'est convaincu que ces organes, dont le rôle était jusqu'ici resté problématique, fonctionnent comme un appareil fixateur. On doit donc les comparer aux organes de fixation, du reste très-semblables, des larves d'*Echinaster sanguinolentus* et d'*Asteracanthion Muelleri*. Ces types de larves, en apparence si différents, se trouvent ainsi reliés ensemble d'une manière inattendue.

Prof. CLAUS : UEBER EINIGE SCHIZOPODEN, etc. SUR QUELQUES SCHIZOPODES ET MALACOSTRACÉS INFÉRIEURS DE MESSINE (*Zeitschrift f. wiss. Zoologie*, XIII, p. 422-454). — Prof. M. SARS : OM SLÆGTEN, etc. SUR LE GENRE THYSEUCOPODE ET SES ESPÈCES NORWÉGIENNES (*Videnskabselskabets Forhandlingar for Aaret 1863*, Christiania).

M. Claus et M. Sars ont étudié simultanément et indépendamment l'un de l'autre les crustacés schizopodes de la famille des Euphausides au point de vue d'organes singuliers déjà signalés par MM. Dana, Semper et Krøyer. Ces crustacés présentent à la base de plusieurs pieds thoraciques et des quatre premières paires d'extrémités abdominales, des organes rougeâtres, de forme sphérique, que M. Semper a pris pour des yeux et M. Krøyer pour des capsules auditives. M. Sars et M. Claus démontrent, d'une manière péremptoire, que l'opinion de M. Semper est seule juste, quoiqu'il existe, en outre de ces yeux des pieds, les deux gros yeux composés communs à tous les autres décapodes. Chacun de ces yeux thoraciques et abdominaux reçoit un nerf spécial de la chaîne ganglionnaire ventrale. Il est formé d'un bulbe sphérique mû par des muscles spéciaux, et dans ce bulbe on peut distinguer un cristallin, un corps vitré, une couche pigmentaire et une rétine à structure complexe. L'existence d'un cristallin distinct de la cornée est très-frappante, comme le fait remarquer M. Sars, car chez les autres crustacés il n'existe pas de cristallin proprement dit, la cornée épaissie et renflée en jouant le rôle. La position des quatre paires d'yeux abdominaux est, selon M. Claus, fort remarquable. La première paire regarde en avant, la dernière en arrière et les deux intermédiaires en bas. Enfin les yeux thoraciques regardent de côté.

Le mémoire de M. Claus rapporte beaucoup d'autres observations intéressantes. Il contient, par exemple, une histoire du développement des Euphausides, une comparaison des Phyllosomes

et des embryons contenus dans les œufs de Palinures, comparaison singulièrement peu favorable à la transformation des Phyllosomes en Palinures, annoncée par MM. Coste et Gerbe, etc., etc.

---

Prof. ALLMAN. ON THE CONSTRUCTION, etc. SUR L'ÉTABLISSEMENT ET LA DÉLIMITATION DES GENRES PARMI LES HYDROIDES (*Annals and Mag. of Nat. History*. May 1864).

Les principes qui ont servi de base à la classification des autres groupes du règne animal ont été complètement laissés de côté dans la classification des Hydroïdes. Cela tient, on le sait, à ce que presque toutes les espèces sont sujettes à se présenter sous deux formes tellement distinctes, que personne ne pourrait soupçonner *a priori* le lien physiologique qui les unit l'une à l'autre. Ces deux formes sont celles de polype hydroïde et celle de méduse gymnophthalme. Soit les polypoïdes, soit les médusoïdes ont été considérés comme des organismes distincts, et ont reçu chacun pour leur compte des noms génériques et spécifiques propres.

Les inconvénients de cette double classification sont évidents, et bien qu'il existe une foule de méduses dont les polypoïdes sont encore inconnus, il est temps de réformer cette anomalie du système zoologique. M. M'Crady a déjà tenté cette réforme en basant sa nouvelle classification des méduses gymnophthalmes sur l'élément médusoïde et l'élément polypoïde à la fois. Toutefois M. M'Crady accorde une prééminence exagérée à l'élément médusoïde. Dans une tentative analogue M. L. Agassiz a rétabli l'équilibre entre les deux éléments et il a fait prévaloir l'idée que la priorité doit être accordée au nom de date la plus ancienne, sans s'inquiéter de ce que ce nom ait été accordé au polypoïde ou bien au médusoïde.

M. Allman, tout en reconnaissant l'importance des réformes introduites par MM. M'Crady et Agassiz, pense qu'il y a encore beaucoup à faire pour fixer les caractères qui doivent servir de

point de départ à l'établissement des genres. C'est la fixation de ces caractères qui fait l'objet de son mémoire. Il reconnaît aussi la nécessité de baser la classification à la fois sur l'étude des individus nourriciers ou trophosomes (polypoïdes) et des individus reproducteurs ou gonosomes (médusoïdes). Les caractères génériques fournis par les trophosomes, sont tirés essentiellement de la forme, de l'arrangement et de la structure des tentacules (filiformes ou en massue, formant un ou plusieurs verticilles, etc.), de la condition d'isolement ou d'aggrégation des individus, de la nature et de l'étendue du périoderme chitineux. Les caractères génériques fournis par les gonosomes sont tirés du mode d'origine et de la forme des gonophores, selon qu'ils se présentent dans la condition d'un sac fixe (gon. adélocodoniques) ou dans la condition d'une méduse libre (gon. phanérocodoniques). Chacune de ces catégories de gonophores peut présenter des différences de formes utilisables pour la délimitation des genres. Ces différences sont, il est vrai, minimes pour les formes adélocodoniques ; elles sont en revanche nombreuses et considérables pour les formes phanérocodoniques.

La classification des hydroïdes ne soulèverait pas de très-grandes difficultés, si tous les médusoïdes génériquement identiques naissaient, comme on l'a cru à tort pendant longtemps, sur des polypoïdes identiques et si les polypoïdes génériquement identiques donnaient naissance à des médusoïdes génériquement identiques. Tel n'est point toujours le cas. On observe au contraire, soit des cas d'*isogonisme*, c'est-à-dire d'association de gonosomes semblables avec des trophosomes dissemblables, soit des cas d'*hétérogonisme*, c'est-à-dire d'association de gonosomes dissemblables avec des trophosomes semblables. Les difficultés résultant de ces anomalies sont très-semblables à celles que l'isomorphisme et le dimorphisme opposent aux classifications minéralogiques.

Une autre difficulté propre à dérouter le zoologiste, c'est que les méduses se détachent des trophosomes avant l'état adulte et

subissent parfois des transformations importantes (multiplication des tentacules) avant d'arriver à maturité.

Le mémoire de M. Allman renferme une révision complète des hydroïdes appartenant aux groupes des tubulaires et des campanulaires.

---

Prof. KÖLLIKER. KÜRZER BERICHT, etc. RAPPORT SUR DES OBSERVATIONS D'ANATOMIE COMPARÉE FAITES SUR LA CÔTE D'ÉCOSSE PENDANT L'AUTOMNE 1864. (*Würzburger naturw. Zeitschr.* Bd. V.)

Pendant un séjour auprès de M. Allen Thomson à Morland, près de Skelmorlie, sur les bords du Firth of Clyde, M. Kölliker s'est livré à une série de recherches histologiques sur les Hydrozoaires, les Cténophores et les Annélides.

Chez les Hydrozoaires soit acalèphes, l'auteur distingue trois espèces de tissus connectifs. La première forme les tentacules des polypes hydroïdes et tous les tentacules solides des méduses. Elle se présente sous la forme d'une série de cellules (cellules musculaires de Keferstein) occupant l'axe du tentacule. Ces cellules sont dépourvues de contractilité. Tout au moins les tentacules des Aeginides et des Trachymérides qui offrent cette conformation sont-ils roides. Les tentacules contractiles doivent leur contractilité, selon M. Kölliker, à une couche musculaire placée entre l'axe cellulaire et l'épithélium externe. Cet axe cellulaire n'est qu'une dépendance de l'épithélium interne qui revêt la cavité digestive (hydroïdes) ou le canal marginal (méduses). Il joue vraisemblablement le rôle d'un organe élastique antagoniste de la couche musculaire.

La seconde espèce de tissu connectif est une substance dépourvue de cellules qui forme l'ombrelle de toutes les méduses simples, y compris la substance gélatineuse des cloches natatoires et des feuilles téctrices des siphonophores. Tantôt cette substance est entièrement homogène, tantôt elle est traversée par de nom-

breuses fibres très-semblables aux fibres élastiques <sup>1</sup>. Chez une *Aequorea* ces fibres s'attachent à une membrane fondamentale, susceptible d'être isolée, placée sous l'épithélium de la surface convexe de l'ombrelle.

Enfin la troisième forme de tissu connectif est la substance gélatineuse, à cellules disséminées, bien connue de l'ombrelle des méduses supérieures. L'auteur est cependant d'accord avec M. Virchow pour dénier ces cellules à la *Cyanea capillata*.

Relativement aux Annélides, M. Kœlliker fait connaître une foule de petits détails d'histologie dont une grande partie sont une confirmation d'observations faites par M. Claparède sur les côtes de Normandie. Il consacre surtout beaucoup d'attention à l'étude des capsules à bâtonnets si répandues chez les polychètes et sur les organes des sens (vraisemblablement tactiles) de la peau de divers Annélides.

---

Prof. GEGENBAUR. UEBER DIE BILDUNG, etc. SUR LA FORMATION DU TISSU OSSEUX (*Jenaer Zeitschrift für Medizin*. I. 3. 1864.)

Les *Archives* ont souvent entretenu leurs lecteurs depuis quelques années des nombreux travaux auxquels a donné lieu l'histologie des os. La controverse entre M. Lieberkühn et M. Heinrich Müller a occupé dans leurs pages la place qu'elle méritait. Un nouvel élément de discussion se fait jour. M. Gegenbauer, tout en acceptant une grande partie des observations de ses devanciers, de H. Müller en particulier, se présente avec des recherches et une théorie toutes nouvelles.

M. Gegenbauer distingue dans le périoste une couche continue de cellules (couche ostéoblaste) qui sécrète la substance fondamentale de l'os. Cette couche pénètre dans les cavités internes de l'os et y revêt l'apparence d'un épithélium. Les systèmes de lamelles qui entourent les canalicules de Havers sont l'expression d'un dépôt successif sécrété par la couche ostéoblaste.

<sup>1</sup> Existant aussi chez les Lucernaires. (*Réd.*)

Dans le cas de l'ossification des cartilages il se forme une couche ostéoblaste toute semblable aux dépens des cellules embryonnaires qui remplissent les cavités médullaires primaires. Cette couche non-seulement fonctionne comme un épithélium sécrétant la substance fondamentale des os, mais encore elle fournit directement les cellules osseuses, quelques cellules ostéoblastes se détachant çà et là pour s'incorporer dans la substance de l'os. Le protoplasma de ces cellules émet des processus plus ou moins allongés qui constituent les rayons des corpuscules étoilés, etc.

---

G.-O. SARS. OM EN ANOMAL, etc. SUR UN GROUPE ANORMAL D'ISOPODES (*Videnskabselskabets Forhandlinge i Christiania for 1865*).

M. Sars, fils, a fait, dans la Mer du Nord, la découverte d'un groupe de crustacés isopodes à peu près entièrement nouveau, puisque, jusqu'ici, une seule espèce découverte par son illustre père paraît s'en rapprocher quelque peu. Ces animaux paraissent avoir échappé aux recherches des naturalistes, soit à cause de leur petitesse, soit surtout parce qu'ils vivent à des profondeurs relativement considérables.

Ces crustacés s'éloignent de tous les autres isopodes par l'absence complète d'yeux, puis par la singulière circonstance que leurs trois dernières paires de pieds thoraciques sont différentes des autres, soit par leur forme, soit par leur fonction. Ces animaux mentent donc en réalité au nom d'*isopodes*. Ces pieds sont en effet transformés en puissants instruments de natation, à l'aide desquels ils rasant avec agilité le fond de la mer. Cette natation est d'autant plus remarquable qu'elle a toujours lieu à reculons, les longues antennes dirigées en avant.

La famille des *isopodes nageurs* formée pour ces crustacés par M. Sars, renferme quatre ou cinq genres dont les espèces seront figurées plus tard.

---



## BOTANIQUE.

CHARLES DARWIN. SUR LES RAPPORTS SEXUELS ENTRE LES TROIS FORMES DU *LYTHRUM SALICARIA*.

Vaucher est le premier qui ait signalé les trois formes du *Lythrum salicaria*. Plus tard Würgten s'en est aussi occupé avec détails. Il est donc hors de doute que les graines de cette espèce donnent naissance à des individus de trois formes distinctes, et comme ces trois formes se reproduisent les unes par les autres, on doit les considérer comme trois modifications d'une seule et même espèce. M. Darwin, guidé par ses précédentes recherches sur le dimorphisme des *Primula* et *Linum*, a découvert entre les trois formes du *Lythrum salicaria* des relations jusqu'ici inconnues.

Voici d'abord en quoi se distinguent les trois formes dont il s'agit. La fleur des *Lythrum* contient un style et deux verticilles d'étamines de dix chacun. Si l'on examine plusieurs fleurs, on trouve que le style peut être de trois longueurs différentes. Il y a des fleurs à style long, d'autres à style moyen, et enfin d'autres à style court. Il en est de même des étamines, dont les trois longueurs différentes sont respectivement égales aux trois longueurs de style.

Dans chaque fleur il y a toujours six étamines d'une longueur et six d'une autre, combinées de telle manière que chaque longueur de style est toujours associée dans la même fleur avec des étamines des deux autres longueurs. Il y a donc : 1° des fleurs à styles longs avec les étamines moyennes et courtes ; 2° des fleurs à styles moyens avec les étamines longues et courtes ; 3° des fleurs à styles courts avec les étamines longues et moyennes. Tels sont les caractères distinctifs des trois formes du *Lythrum salicaria*. C'est une espèce trimorphe au même titre que les *Primula* et *Linum* sont dimorphes. Ces trois formes existent en proportion presque égale dans toute l'Europe. M. Darwin a

a été curieux de déterminer leur fécondité relative ainsi que la fécondité des divers croisements, au nombre de dix-huit, qu'on peut faire entre elles. Il appelle *unions légitimes* celles qui ont lieu entre un style et des étamines de même longueur, et *unions illégitimes* celles qui ont lieu entre un style et des étamines de longueurs différentes.

Il mesure le degré de fécondité de chaque croisement par le nombre des graines contenues en moyenne dans les capsules produites. Comme la couleur du pollen n'est pas la même pour les trois sortes d'étamines, il est toujours facile de reconnaître sa provenance dans chaque cas.

Cela dit, voici les principaux résultats obtenus par M. Darwin :

1° Dans la nature la fécondation du *Lythrum salicaria* a presque toujours lieu par l'intermédiaire des abeilles. Des pieds de cette espèce, soigneusement abrités contre ces insectes, sont demeurés stériles, tandis que d'autres pieds fréquemment visités par eux ont toujours produit des graines fécondes.

En examinant à la loupe les abeilles qui voltigent sur des fleurs de *Lythrum*, il est aisé de voir qu'elles charrient une assez grande quantité de pollen provenant des différentes espèces d'étamines. On peut ainsi constater que le pollen des longues étamines se dépose principalement sur la partie postérieure du corps des abeilles, tandis que le pollen des étamines moyennes se pose sur leur ventre et celui des courtes étamines sur leur tête. Il est d'ailleurs bien clair qu'il doit en être ainsi. Réciproquement, une abeille ainsi chargée de pollen devra déposer celui des longues étamines sur les longs styles, celui des courtes étamines sur les courts styles, et celui des étamines moyennes sur les styles moyens. Il en résulte donc que les abeilles produiront presque toujours des *unions légitimes*.

2° *Les unions légitimes sont beaucoup plus fécondes que les unions illégitimes.*

C'est ce qui ressort assez clairement des tableaux suivants :

*Forme à long style :*

Union légitime :	Union illégitime .
13 fleurs fécondées par les longues étamines de la forme à court style.	14 fleurs fécondées par les courtes étamines de la forme à style moyen.

*Nombre des graines  
dans chaque capsule :*

159 104	5 0
43 119	0 0
96 96	0 0
105 99	0 0
0	0 0
0 131	0 0
114 116	0 0

*Forme à style moyen :*

Union légitime :	Union illégitime :
12 fleurs fécondées par les courtes étamines de la forme à court style.	15 fleurs fécondées par les longues étamines de la forme à court style.

*Nombre des graines  
dans chaque capsule :*

112 109	150 86
130 143	115 115
143 124	14 29
100 145	6 17
55 12	2 113
104 141	9 79
	152 128
	0

*Forme à court style :*

Union légitime:	Union illégitime:
12 fleurs fécondées par les courtes étamines de la forme à long style.	16 fleurs fécondées par les longues étamines de la forme à style moyen.

*Nombre des graines  
dans chaque capsule :*

69 56	0 0
61 88	0 0
88 112	0 0
66 111	0 0
0 62	0 0
0 100	

3° Les tableaux précédents montrent aussi que les unions les plus fécondes sont les unions légitimes de la forme à style moyen et que les unions illégitimes de cette même forme sont beaucoup moins stériles que ne le sont les unions illégitimes des autres formes.

4° D'autres tableaux, que nous ne citons pas pour abrégé, montrent que les unions légitimes et illégitimes, entre le style et les étamines d'une même fleur, sont presque toujours stériles.

En résumé, l'espèce *Lythrum salicaria* est une association de trois femelles et trois mâles. Les mâles sont groupés deux à deux de trois manières différentes avec chaque femelle, et chacune de ces dernières presque stérile avec ses deux propres mâles est très-féconde avec l'un de ceux de chacune des autres femelles.

Enfin, M. Darwin a aussi observé des cas de trimorphisme chez d'autres espèces du genre *Lythrum*, telles que les *L. Graefferi*, *thymifolia*, *hysopifolia*, et dans le genre *Næsaca* chez le *N. verticillata*, mais il ne les a pas encore soumis aux mêmes expériences.

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AVRIL 1865.

- Le 3, forte gelée blanche le matin, halo solaire l'après-midi, pluie le soir.  
4, halo solaire le matin.  
5, forte gelée blanche ; faible halo solaire l'après-midi ; belle couronne lunaire dans la soirée.  
6, rosée, halo solaire l'après-midi avec parhélies.  
7, rosée le matin.  
8, vers 4 h. 30 m. de l'après-midi, le parhélie à l'Ouest du soleil est éblouissant.  
10, 11 et 12, rosée le matin.  
17, rosée le matin ; halo solaire à plusieurs reprises.  
18, le matin de 7 h. à 8 h. 30 m., les deux parhélies sont alternativement ou simultanément visibles, ainsi qu'une partie de l'arc tangent supérieur, environ 10° du cercle circumzénithal ; plus tard, de 10 h. à 2 h. faible halo solaire à plusieurs reprises.  
26, tonnerres de 1 h. 15 m. à 2 h. 15 m. de l'après-midi ; l'orage suit la direction du Nord au Sud du côté du Jura ; forts coups de vent du Nord avec quelques gouttes de pluie.

A partir du 4 de ce mois, la chaleur a été très-exceptionnelle pour la saison ; la température moyenne du mois a été de 12<sup>o</sup>,79, soit de 4<sup>o</sup>.18 plus élevée que de coutume, ou à peu près égale à celle du mois de Mai. Le mois d'Avril le plus chaud des quarante années antérieures, celui de l'année 1830, n'avait donné que 12<sup>o</sup>,08, soit 7 dixièmes de moins qu'en 1865.

## *Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
		Le 3, à 2 h. soir . . . .	723,53
Le 5, à 10 h matin . . .	737,30	8, à 4 h. soir . . .	728,53
10, à 8 h matin . . .	734,65	13, à 6 h. soir . . . .	728,20
16, à 10 h. matin . . .	731,83	18, à 4 h. soir . . . .	723,65
20, à 8 h. matin . . .	730,81	21, à 6 h. soir . . . .	725,60
24, à 8 h. matin . . .	731,96	25, à 4 h. soir . . .	728,41
27, à 6 h. matin . . .	731,05	29, à 8 h. soir . . . .	719,66

ARCHIVES, t. XXIII. — Mai 1865.



Jours du mois.	Baromètre.		Température C.			Tension de la vap.		Fracl. de saturation en millimètres.				Pluie ou aëge.		Clairc moy. du Ciel.	Temp. du Rhône.		Linnimètre		
	Bauteur moy. des 24 h.	Ecart avec la hauteur normale.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h	Ecart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Mini-mum.	Maxi-mum.	Eau tomb. d. les 24 h.	Komb. d. h.		Vent domi-nant.	°		Métri. avec la temp. normale.	
1	729,83	+5,45	+1,10	-5,42	+2,2	+7,0	3,46	-1,45	729	460	1000	...	...	variable	0,43	4,8	-2,3	32,0	
2	727,25	+2,90	+3,87	-2,11	+0,5	+9,7	4,07	-0,58	737	510	810	...	...	NNE.	0,68	...	...	31,8	
3	724,37	+0,04	4,67	-2,78	-2,0	+10,6	5,07	+0,08	733	72	1000	2,3	6	variable	0,63	5,9	+1,3	31,7	
4	730,18	+5,87	+8,48	+1,51	+2,9	+15,0	5,57	+0,51	705	410	1090	...	...	variable	0,18	6,1	-1,2	31,2	
5	736,58	+12,29	+8,23	+1,17	+1,1	+14,0	5,67	+0,60	709	11	490	950	...	NNE.	0,43	7,0	+0,3	31,0	
6	735,31	+11,07	+9,92	+2,72	+2,7	+17,0	5,91	+0,70	665	54	420	920	...	N.	0,99	7,1	0,0	30,8	
7	731,40	+7,15	+10,81	+3,47	+2,8	+17,9	6,59	+1,42	680	30	500	900	...	N.	1,00	8,5	+1,0	30,7	
8	729,83	+5,60	+9,31	+2,47	+3,4	+15,2	6,57	+1,36	723	5	560	890	...	N.	0,13	9,2	+1,7	30,7	
9	732,26	+8,01	+12,39	+4,78	+4,3	+21,3	6,90	+1,61	661	56	400	910	...	variable	0,27	...	...	31,3	
10	733,61	+9,10	+13,08	+5,33	+1,7	+20,1	7,11	+1,80	653	61	410	920	...	N.	0,06	10,5	+2,8	31,8	
11	731,46	+7,26	+12,92	+5,03	+1,5	+19,0	6,90	+1,54	643	73	420	920	...	N.	1,01	10,8	+3,9	32,2	
12	729,50	+5,31	+14,06	+6,03	+5,8	+21,9	6,49	+1,08	566	-150	290	800	...	variable	0,43	11,7	+3,9	32,7	
13	729,49	+5,31	+14,76	+6,59	+8,0	+21,2	7,00	+1,51	591	-125	370	770	...	80	2	0,26	9,5	+1,6	33,5
14	729,13	+4,95	+10,20	+1,89	+7,0	+14,7	8,32	+2,81	897	+181	680	950	4,6	7	80	1	0,93	...	33,8
15	730,19	+6,01	+11,56	+3,11	+9,6	+15,1	9,64	+4,07	955	+240	750	1000	4,8	11	N.	1,00	7,5	-0,6	34,0
16	730,66	+6,48	+11,17	+5,58	+10,8	+18,8	9,71	+4,08	823	+108	590	960	...	NNE.	1,02	...	...	34,5	
17	727,10	+3,22	+14,81	+6,11	+8,0	+21,9	8,56	+2,87	695	20	470	900	...	N.	0,71	10,2	+2,0	35,0	
18	724,45	+0,27	+16,53	+7,65	+10,3	+23,2	8,60	+2,85	617	68	100	910	...	variable	0,78	10,3	+2,0	35,0	
19	727,57	+3,39	+17,56	+8,55	+9,4	+25,0	9,10	+3,49	621	-94	380	830	...	880	1	0,71	8,9	+0,5	35,5
20	729,63	+5,14	+15,04	+5,88	+13,3	+19,6	10,15	+4,28	823	+108	570	950	...	N.	1,02	9,8	+1,4	36,5	
21	727,29	+3,09	+15,43	+6,12	+8,9	+21,5	9,31	+3,39	726	11	460	910	...	N.	1	0,31	10,5	+2,0	37,7
22	728,08	+3,87	+15,99	+6,51	+8,1	+23,5	7,57	+1,57	580	-126	290	870	...	N	1	0,93	12,1	+3,8	38,5
23	730,74	+6,52	+16,61	+7,01	+9,7	+23,8	7,78	+1,71	577	-138	380	810	...	80	1	0,99	...	...	39,5
24	730,99	+6,76	+15,90	+6,16	+7,8	+23,2	7,71	+1,57	595	-120	350	830	...	variable	0,02	10,2	+1,4	40,5	
25	729,76	+5,51	+16,80	+6,91	+8,0	+21,9	7,51	+1,30	561	-155	230	850	...	N.	1	0,16	11,3	+2,5	41,2
26	729,98	+5,71	+16,65	+6,62	+8,7	+26,1	8,14	+1,86	603	-113	310	850	...	variable	0,27	11,7	+2,8	11,8	
27	729,61	+5,32	+16,63	+6,45	+7,6	+23,8	6,63	+0,28	519	-197	240	850	...	N	1	0,23	12,3	+3,3	12,5
28	725,81	+1,50	+17,14	+6,82	+8,1	+24,1	7,09	+0,67	519	-197	200	780	...	80	1	0,27	13,5	+4,4	13,2
29	722,05	+2,29	+17,03	+6,56	+8,2	+24,6	7,12	+0,63	520	-196	290	760	...	variable	0,32	11,2	+2,0	43,3	
30	721,16	+3,21	+11,34	+0,72	+10,6	+17,0	8,85	+2,29	903	+186	710	960	5,3	7	variable	0,99	...	...	43,5

## MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1865.

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	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade,	731,52	731,87	731,78	731,13	730,47	730,06	730,30	730,93	731,24
2 <sup>e</sup> »	729,40	729,67	729,64	729,08	728,47	728,01	728,03	728,54	728,81
3 <sup>e</sup> »	728,31	728,42	728,26	727,62	727,02	726,52	726,36	726,86	727,33
Moi	729,74	729,99	729,89	729,28	728,66	728,19	728,23	728,78	729,13

### Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade	+ 2,41	+ 6,80	+10,02	+12,21	+13,51	+13,11	+11,74	+ 9,89	+ 7,69
2 <sup>e</sup> »	+ 9,46	+12,57	+15,95	+17,74	+19,05	+19,03	+17,52	+15,01	+13,34
3 <sup>e</sup> »	+10,04	+15,07	+18,02	+20,35	+21,23	+21,69	+20,09	+16,62	+14,38
Mois	+ 7,31	+11,48	+14,66	+16,77	+17,93	+17,94	+16,45	+13,84	+11,80

### Tension de la vapeur.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade,	5,15	5,71	5,93	5,82	5,75	5,88	5,69	5,94	6,07
2 <sup>e</sup> »	7,89	8,44	8,69	8,56	8,37	8,16	8,62	8,74	9,00
3 <sup>e</sup> »	7,66	8,45	8,12	8,19	7,31	7,10	7,71	7,92	7,93
Mois	6,90	7,53	7,58	7,52	7,14	7,04	7,34	7,54	7,67

### Fraction de saturation en millièmes.

1 <sup>re</sup> décade,	933	752	638	542	494	516	548	653	768
2 <sup>e</sup> »	885	779	650	594	526	510	587	696	795
3 <sup>e</sup> »	833	662	530	473	409	389	461	573	658
Mois	884	731	606	536	476	472	532	641	740

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
1 <sup>re</sup> décade,	° + 1,75	° +14,78	0,32	° 7,42	mm 2,3	p. 31,30
2 <sup>e</sup> »	+ 8,67	+20,04	0,57	9,84	9,4	34,27
3 <sup>e</sup> »	+ 8,60	+23,26	0,25	11,64	5,3	41,17
Mois	+ 6,34	+19,36	0,38	9,63	17,0	35,58

Dans ce mois, l'air a été calme 4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,92 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 58°, 9 O. et son intensité est égale à 24 sur 100.



TABLEAU  
DES  
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1865.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.
	mm	
Le 1, à 10 h. soir....	561,90	Le 3, à 6 h. matin ..
5, à 10 h. soir.....	572,29	8, à 6 h. matin ..
10, à 8 h. soir ....	571,63	14, à midi.....
16, à midi.....	570,70	18, à 4 h. soir. ...
19, à 8 h. soir.....	569,88	21, à 6 h. soir. . .
24, à 10 h. soir....	570,74	25, à 8 h. soir.. .
26, à 10 h. soir....	570,41	30, à 8 h. matin ..

SAINT-BERNARD. — AVRIL 1865.

Jours du mois.	Barometrique.				Temperature, C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moy. du Giel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la temperature normale.	Minimum.	Maximum.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures		
1	560,82	+ 0,59	559,56	561,90	- 11,10	+ 5,34	- 15,8	- 7,3	.....	.....	.....	NE. 1	0,12
2	560,60	+ 0,33	560,28	561,11	- 8,11	- 2,77	- 19,7	- 3,3	.....	.....	.....	NE. 1	0,52
3	560,92	+ 0,61	559,27	563,13	- 7,91	- 2,11	- 9,8	- 5,3	50	2 6	4	SO. 1	0,89
4	567,08	+ 6,72	561,49	568,91	- 6,11	- 0,70	- 7,9	- 2,8	.....	.....	.....	SO. 1	0,87
5	571,56	+ 11,15	570,42	572,29	- 2,52	+ 2,77	- 5,7	+ 2,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,35
6	571,61	+ 11,16	571,07	572,07	+ 0,30	+ 5,47	- 3,3	+ 4,5	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
7	569,51	+ 9,01	569,23	569,81	+ 0,96	+ 6,01	- 1,0	+ 3,9	.....	.....	.....	SO. 1	0,00
8	568,62	+ 8,07	568,16	569,51	+ 0,67	+ 4,26	- 1,6	+ 2,2	.....	.....	.....	SO. 1	0,46
9	570,31	+ 9,71	569,23	571,44	+ 0,22	+ 5,03	- 4,2	+ 4,1	.....	.....	.....	variable	0,00
10	571,31	+ 10,65	571,01	571,53	+ 2,03	+ 6,71	- 1,9	+ 7,7	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
11	569,82	+ 9,11	569,57	570,16	+ 2,73	+ 7,28	- 1,2	+ 6,7	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
12	568,37	+ 7,60	568,07	568,82	+ 1,38	+ 5,90	- 1,0	+ 1,7	.....	.....	.....	SO. 1	0,38
13	568,43	+ 7,60	567,93	568,95	+ 0,27	+ 4,56	- 2,4	+ 3,3	.....	.....	.....	SO. 1	0,20
14	568,30	+ 7,41	567,93	568,81	+ 1,44	+ 2,72	- 1,5	+ 0,0	.....	.....	.....	SO. 1	1,00
15	568,78	+ 7,83	568,31	569,37	- 1,06	+ 2,97	- 2,0	+ 0,9	70	27,0	6	SO. 1	1,00
16	569,59	+ 8,58	569,12	570,70	+ 3,30	+ 7,20	- 0,0	+ 5,9	.....	.....	.....	SO. 1	0,16
17	568,89	+ 7,81	568,40	569,41	+ 2,11	+ 6,20	+ 1,5	+ 4,9	.....	.....	.....	SO. 1	0,53
18	567,20	+ 6,05	567,01	567,62	+ 0,88	+ 4,51	+ 0,7	+ 2,8	.....	.....	.....	SO. 2	1,00
19	569,10	+ 7,88	567,75	569,88	+ 0,66	+ 4,16	+ 0,3	+ 2,2	.....	.....	.....	SO. 1	1,00
20	568,91	+ 7,65	568,45	569,38	+ 2,67	+ 6,03	+ 1,0	+ 5,8	.....	9,8	3	NE. 1	0,92
21	568,50	+ 7,11	568,27	568,87	+ 1,19	+ 4,71	+ 1,0	+ 3,5	.....	.....	.....	SO. 1	0,96
22	569,12	+ 7,68	569,77	569,86	+ 0,52	+ 3,60	- 0,5	+ 3,2	.....	.....	.....	SO. 1	0,36
23	570,03	+ 8,52	569,21	570,92	+ 3,56	+ 6,50	- 0,1	+ 8,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
24	570,45	+ 8,96	570,31	570,71	+ 3,98	+ 6,78	+ 1,2	+ 8,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,03
25	569,86	+ 8,19	569,62	570,12	+ 3,87	+ 6,53	+ 1,0	+ 9,4	.....	.....	.....	NE. 1	0,12
26	569,98	+ 8,23	569,70	570,41	+ 3,53	+ 6,05	+ 0,0	+ 7,3	.....	.....	.....	NE. 1	0,27
27	569,72	+ 7,89	569,52	570,02	+ 1,95	+ 7,33	+ 0,2	+ 10,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,01
28	566,55	+ 4,63	565,84	567,62	+ 5,37	+ 7,61	+ 1,0	+ 9,3	.....	.....	.....	NE. 1	0,30
29	563,00	+ 1,00	562,23	563,73	+ 1,12	+ 6,52	+ 0,0	+ 9,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,09
30	560,32	+ 0,97	559,64	561,89	+ 1,05	+ 3,00	+ 0,0	+ 6,2	20	13,6	9	NE. 1	1,00

1 Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des temperatures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètres étant hors le service.

## MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1865.

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

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade,	566,44	566,70	567,10	567,32	567,34	567,32	567,51	567,90	567,97
2 <sup>e</sup> »	568,43	568,70	568,97	568,92	568,80	568,67	568,75	568,89	569,01
3 <sup>e</sup> »	567,74	567,86	567,90	567,85	567,74	567,62	567,60	567,88	568,08
Mois	567,54	567,75	567,99	568,03	567,96	567,87	567,95	568,22	568,35

### Température

1 <sup>re</sup> décade,	— 6,16	— 4,63	— 1,31	— 0,17	— 0,02	— 0,42	— 2,17	— 4,00	— 4,37
2 <sup>e</sup> »	— 0,37	+ 1,05	+ 2,56	+ 3,11	+ 3,33	+ 3,33	+ 2,15	+ 1,24	+ 1,00
3 <sup>e</sup> »	+ 0,40	+ 3,21	+ 4,88	+ 6,45	+ 6,58	+ 6,09	+ 4,02	+ 2,37	+ 2,12
Mois	— 2,04	— 0,12	+ 2,04	+ 3,13	+ 3,30	+ 3,00	+ 1,33	— 0,13	— 0,42

	Min. observé. <sup>†</sup>	Max. observé. <sup>†</sup>	Clarté moy. du	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade,	— 6,19	+ 0,57	0,32	mm 2,6	mm 50
2 <sup>e</sup> »	— 0,46	+ 3,72	0,62	36,8	70
3 <sup>e</sup> »	+ 0,38	+ 7,37	0,32	13,6	20
Mois	— 2,09	+ 3,89	0,42	53,0	140

Dans ce mois, l'air a été calme 28 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,98 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45°O., et son intensité est égale à 1 sur 100.

<sup>†</sup> Voir la note du tableau.



DES  
**PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES CORPS**

DANS L'ÉTAT GAZEUX ET L'ÉTAT LIQUIDE.

PAR

J.-A. GROSHANS.

---

1. Quand on considère les volumes *de vapeur*, à 0° C et à 0<sup>m</sup>,76, des corps suivants :

Mercure.	Eau.	Brome.	Éther.
$Hg_2$	$H_4O_2$	$Br_2$	$C_8H_{20}O_2$

on trouve que tous ces volumes sont égaux.

2. Quand, maintenant, on considère les volumes de ces mêmes corps, à l'état *liquide*, on trouve un résultat très-différent :

	Mercure.	Eau.	Brome.	Éther.
Poids atomiques . . .	200	18	160	74
Densité à 0° . . . . .	13,6	1	3,49	0,737
Volumes liquides . . .	14,7	18	50,1	100,4

3. Il n'y a qu'un petit nombre d'années (20 à 30) que l'on étudie les rapports de la pesanteur spécifique des liquides avec leur composition chimique. Auparavant on tenait en général peu de compte des propriétés appelées physiques, et l'on décrivait ordinairement les propriétés

d'un liquide, observé pour la première fois, à peu près en ces termes : liquide incolore, translucide comme l'eau ; très-mobile (ou bien : visqueux) plus léger que l'eau (ou bien : plus lourd) ; plus volatil que l'eau (ou bien : bouillant au-dessus de  $100^{\circ}$ ), etc.

4. Aussi, lorsque la curiosité scientifique s'éveilla quant aux propriétés physiques des liquides, il y avait un manque presque absolu de données et d'observations exactes ; M. H. Kopp et M. Is. Pierre ont depuis enrichi cette branche de la science d'un grand nombre d'observations très-importantes, fruits de travaux longs et pénibles.

5. Avant les recherches de M. Kopp, on ne connaissait guères sur ce sujet que quelques vues isolées de Gay-Lussac ; il avait observé, entre autres, que les volumes liquides du sulfure de carbone  $C_2S_4$  et de l'alcool  $C_4H_{12}O_2$  étaient égaux aux points respectifs d'ébullition.

6. On connaissait d'ailleurs la dilatation d'un très-petit nombre de liquides : du mercure, de l'eau, de l'éther, de l'alcool et du sulfure de carbone.

7. Comme il ne peut entrer dans mon dessein de donner un aperçu historique plus ou moins complet, je passerai sous silence beaucoup de faits qui se rattachent à l'étude (dans ces derniers temps) des propriétés physiques des corps par rapport à la composition chimique.

8. Avant les travaux de M. Kopp et de M. Pierre, les physiciens étudiaient les volumes spécifiques liquides d'après les données (rares et souvent incertaines) des pesanteurs spécifiques, qu'on pouvait trouver dans les traités de chimie ; l'on sait que « ces données se rapportaient à la température ordinaire. »

9. Aujourd'hui l'on s'accorde généralement à ne con-

sidérer les volumes spécifiques liquides qu'à leurs points respectifs d'ébullition; les travaux de M. Kopp et de M. Pierre ont fourni à cet égard un grand nombre de données exactes.

10. Les vues de M. Kopp sont généralement connues et dès lors il n'est pas nécessaire d'entrer dans toutes leurs particularités; je n'en rapporterai donc qu'un petit nombre d'exemples.

11. M. Kopp admet que le volume spécifique liquide au point de l'ébullition est composé de la somme des volumes des éléments constituants; ainsi le volume de l'éther propionique  $C_{10} H_{20} O_4$ . se calcule de la manière suivante :

10	C	5,5	55
20	H	2,75	55
2	O	3,9	7,8
2	O	6,1	12,2
			150

Les volumes de C et de H sont toujours les mêmes; mais O a deux volumes différents 3,9 et 6,1 suivant qu'il est considéré comme étant placé (par rapport à la formule chimique rationnelle) en dehors ou en dedans d'un radical.

12. Le volume du chlore étant supposé de 22,8, il est facile de calculer les volumes des corps suivants; les volumes observés sont donnés d'après la moyenne des observations rapportées par M. Kopp<sup>1</sup>.

Toutes les autres données de ce mémoire ont été puisées en général à la même source.

<sup>1</sup> *Ann. der Chemie und der Pharm.*, t. 96.

Noms des corps.	Formules.	Volumes calculés.	Volumes observés.	Nombre des ob- servations.
Éther . . . . .	$C_8 H_{20} O_2$	106,8	106,1	5
Éther propionique..	$C_{10} H_{20} O_4$	150,0	129,1	9
Éther carbonique ..	$C_{10} H_{20} O_6$	157,8	159,1	2
Éther oxalique.....	$C_{12} H_{20} O_8$	161,0	166,9	3
Chlorure de butylène	$C_8 H_{16} Cl_2$	155,6	151,6	2

13. Les vues de M. Kopp sont aujourd'hui généralement admises ; c'est pour cela qu'il peut être utile de rappeler sa propre opinion quant à ces vues.

« La formule (des paragraphes 11 et 12) ne pourrait être regardée comme représentant la nature véritable des faits ; mais je crois cette formule d'un usage utile, comme formule empirique pour exprimer les rapports entre la composition chimique et le volume spécifique. Quand plus tard on pourra trouver des formules plus simples, celles-là seront plus profitables. »

14. En admettant l'utilité de la formule de M. Kopp, comme formule empirique, il m'a semblé cependant intéressant de rechercher dans les volumes spécifiques liquides quelques vestiges de la loi si simple (mentionnée au § 1) des volumes des vapeurs ; les liquides n'étant autre chose que des vapeurs refroidies et concentrées.

En prenant pour les cinq corps du § 12 les points d'ébullition qui sont respectivement :

$$55^{\circ},2 ; 96^{\circ},8 ; 125^{\circ},5 ; 184^{\circ},6 \text{ et } 122^{\circ},5.$$

on a pour ces corps, à l'état de vapeur, à  $0^m,76$  et au point d'ébullition  $=s$ , les volumes spécifiques suivants, par la formule :

$$\text{vol.} = \frac{275 + s}{275}$$



Noms des corps.	Formules.	Volumes.
Éther . . . . .	$C_8H_{20}O_2$	1,129
Éther propionique . . . .	$C_{10}H_{20}O_4$	1,354
Éther carbonique . . . . .	$C_{10}H_{10}O_6$	1,459
Ether oxalique . . . . .	$C_{12}H_{20}O_8$	1,676
Chlorure de butylène . . .	$C_8H_{16}C_2$	1,448

et en multipliant ces volumes spécifiques par la fraction

$$\frac{273}{273 + s} \quad \text{inverse de la fraction} \quad \frac{273}{273 + s}$$

tous les volumes se réduisent naturellement à l'unité.

16. Maintenant en multipliant les volumes *liquides* observés du § 12 par la même fraction

$$\frac{273}{273 + s}$$

on obtient :

Nom des corps :	éther,	éth. prop.,	éth. carb.,	éth. oxal.,	chl. de b.
vol. liquides . . .	106,1	129,1	139,1	166,9	131,6
vol. réduits . . .	94,0	95,3	95,3	99,5	91,1

En considérant les *volumes réduits* comme égaux, l'analogie des volumes liquides avec les volumes gazeux est presque complète.

Pour ces cinq corps on observe le fait suivant :

*Aux points d'ébullition* (c'est-à-dire à des températures correspondant à la même tension), les volumes tant en vapeur qu'à l'état liquide, sont proportionnels aux températures (augmentées de 273).

Il y a cependant cette différence que l'égalité des volumes réduits (liquides) n'existe pas pour les corps de groupes différents.

17. L'observation de la concordance du § 16 aurait peu de valeur si les cinq corps n'avaient pas entre eux d'autres rapports remarquables.

L'on voit que les quatre premiers corps ont tous le même nombre d'atomes d'hydrogène, 20; c'est là un point essentiel.

Le cinquième corps est un produit de substitution du corps  $C_8 H_{20}$ .

Toutes les formules chimiques de ces cinq corps se ressemblent.

Mais il y a de plus le fait suivant :

*Les pesanteurs spécifiques, tant à l'état de vapeur qu'à l'état liquide (à 0,<sup>m</sup>76 et aux points d'ébullition), sont à peu près exactement dans le rapport des nombres d'atomes de C, de H et de O.*

18. En effet, en exprimant la densité des vapeurs (aux points d'ébullition) par la formule <sup>1</sup>:

$$d = a. 0,0546 \frac{275}{275 + s}$$

on obtient :

Éther.	éth. prop.,	éth. carb.,	éth. oxal.,	chlor. de but.
$d = 2,26$	$.2,60$	$2,79$	$3,01$	$3,03$

et en multipliant toutes ces densités par la fraction

$$\frac{2,26}{30}$$

(parce que l'éther est composé de 30 atomes), ces densités deviennent :

30	34,5	37,0	39,9	40,2
----	------	------	------	------

<sup>1</sup>  $a =$  poids atomique,  $H_2 = 4$ ;  $0,0546 =$  la moitié de la densité de l'hydrogène, l'air  $= 1$ .

tandis que les nombres d'atomes de C, de H et de O sont respectivement :

$$50 \quad 54 \quad 56 \quad 40 \quad (24 + 2y)$$

19. Pour le chlorure de butylène, on a 24 atomes de carbone et d'hydrogène; restent donc 16,2 atomes pour  $\text{Cl}_2$ ; dans un mémoire antérieur<sup>1</sup> j'ai tâché de démontrer que le chlore est composé de 8 atomes; j'ai rapporté une vingtaine d'exemples de corps, contenant du chlore, dont les densités de vapeur s'accordaient avec cette manière de voir; j'aurais pu facilement doubler et tripler ce nombre, mais je n'ai pas cru cela nécessaire,

20. Voici deux autres corps montrant les mêmes phénomènes :

	Éther méthyl- benzoïque $\text{C}_{16} \text{H}_{16} \text{O}_4$	Éther méthyl- salicylique $\text{C}_{16} \text{H}_{16} \text{O}_6$
Points d'ébullition . . . . .	198°,8	222°
Densités de vapeur (l'air = 1) . . . . .	2,72	2,90
Densités de vapeur (l'éther = 50) . . . . .	56,1	58,5
Nombres d'atomes de C, de H et de O . . . . .	56	58
Volumes liquides aux points s . . . . .	149,9	156,6
Volumes réduits . . . . .	86,7	86,4

21. D'après mes vues, les deux volumes réduits du § 20 devraient être égaux aux cinq volumes réduits du paragraphe 16; je crois qu'on peut attribuer les différences à l'action des forces moléculaires.

Les 7 corps des §§ 16 et 20 sont respectivement les cinquièmes corps de leur série :

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, 1865, t. XVII, p. 5.

L'idée des séries homologues nous mène nécessairement à l'idée de *corps premiers*, base de la série, auxquels viennent s'ajouter  $C_2 H_4$  ;  $C_4 H_8$ , etc.

En soustrayant  $C_8 H_{16}$  des deux corps du § 20, on obtient pour corps premiers  $C_8 O_4$ , et  $C_8 O_6$ .

22. Les corps  $C_p, H_q, O_r$  sont composés de  $p$  atomes de carbone et de  $r$  atomes d'oxygène, corps très-lourds comparativement aux  $q$  atomes d'hydrogène, corps qui est si léger. Peut-être le volume réduit des deux corps du § 20 est-il plus petit que le volume réduit des cinq corps du § 16, parce que l'élément léger  $y$  est en moindre quantité et que les éléments lourds  $y$  dominent ; si les métaux sont des corps composés, comme cela me semble probable d'après mes recherches relatives aux propriétés physiques des corps, il serait possible que la grande concentration des volumes (de la plupart d'entre eux) fût liée à l'absence plus ou moins complète d'hydrogène.

23. On trouve en général que l'égalité des volumes réduits pour des corps différents, se montre d'autant plus que les formules chimiques se ressemblent davantage.

24. Pour les groupes suivants on ne peut prendre, pour trouver le rapport des densités avec les nombres  $p, q$  et  $r$ , la densité de l'éther = 30.

Je calculerai les densités pour ces groupes (en vapeur à  $0^m,76$  et aux points d'ébullition) en employant la densité de la vapeur (l'air = 1) du premier corps du groupe et le nombre de ses atomes.

25.	Acide acétique anhydre $C_8 H_{12} O_6$	Éther méthyl- oxalique $C_8 H_{12} O_8$
Points d'ébullition . . . . .	137,4	162,2
Densités de vapeur, l'air = 1	2,55	2,56
Rapport des densités . . . . .	26	28,5
Nombres d'atomes : . . . . .	26	28
Volumes liquides à <i>s</i> . . . . .	110	116,5
Volumes réduits . . . . .	75,1	72,9
26.	Éther valérianique $C_{14} H_{28} O_4$	Éther succinique $C_{16} H_{28} O_8$
Points d'ébullition . . . . .	132,5	215,1
Densités de vapeur, l'air = 1	3,05	3,37
Rapport des densités . . . . .	46	51,1
Nombres d'atomes . . . . .	46	52
Volumes liquides à <i>s</i> . . . . .	174	209
Volumes réduits . . . . .	117,2	116,9
27.	Éther méthyla- cétique $C_6 H_{12} O_4$	Bisulfure de méthyle $C_4 H_{12} S_4$
Points d'ébullition . . . . .	55,5	114,5
Densités de vapeur, l'air = 1	2,15	2,29
Rapport des densités . . . . .	22	25,7
Nombres d'atomes . . . . .	22	16 + 4 <i>x</i>
Volumes liquides à <i>s</i> . . . . .	85,1	100,6
Volumes réduits . . . . .	70,7	70,8

Il résulte

$$x = \text{nombre d'atomes du soufre} = \frac{7,7}{4} = 1,92$$

28. Le soufre est composé de 2 atomes de corps inconnus; j'ai conclu cela des calculs rapportés dans le tableau suivant.

Les 21 corps de ce tableau appartiennent tous à des séries homologues complètes.

L'on sait que les alcools (mercaptans) et les éthers sulfurés isomères ont les mêmes points d'ébullition, ce qui n'a pas lieu pour les corps correspondants, qui contiennent au lieu de soufre de l'oxygène.

La densité des vapeurs  $d$  est exprimée en vapeur d'eau à  $100^{\circ} = 6$  ; quant à cette circonstance et aux *déviation*s, je renvoie aux détails que j'ai donnés dans mon mémoire antérieur.

Noms des corps Formules. Points d'ébullition.	Dévia- tion.	s	d	d. dév.	eq. S
Acide sulfhydrique $H_4 S_2$ — $61^{\circ},8$ Regnault . . .	$\sqrt{\frac{1}{5}}$	$-61^{\circ},8$	20,0	8,95	2,47
Méthyl mercaptan $C_2 H_8 S_2$ 21 Regnault . . . . .	$\sqrt{\frac{2}{5}}$	21	20,50	12,84	1,42
Sulfure de méthyle éthyl-mercaptan $C_4 H_{12} S_2$ $56^{\circ}$ Liebig 41 Regnault . . . . .	$\sqrt{\frac{3}{5}}$	58,5	24,74	19,16	1,58
Bisulfure de méthyle $C_4 H_{12} S_4$ 112,4 Pierre 117 Cahours . . . . .	$\sqrt{\frac{3}{5}}$	114,5	50,09	25,51	1,85
Sulfite d'oxyde de méthyle $C_4 H_{12} O_6 S_2$ 121,5 Carius . . . . .	$\sqrt{\frac{5}{5}}$	121,5	54,66	26,85	2,42
Sulfocarbonate d'oxyde de méthyle $C_6 H_{12} O_2 S_4$ 154 Zwise 170 Regnault . . . . .	$\sqrt{\frac{5}{5}}$	162	54,24	26,52	1,65

Noms des corps. Formules. Points d'ébullition.	Dévia- tion.	s	d	d. dév.	eq. S
Sulfocarbonate de sul- fure de méthyle $C_6H_{12}S_6$ 204 Regnault . . . . .	$\frac{5}{5}$	204 <sup>0</sup>	55,97	27,86	1,64
Sulfate d'oxyde de mé- thyle $C_4H_{12}O_8S_2$ 188 Regnault . . . . .	$\frac{5}{5}$	188	55,98	26,52	1,16
Produit de substitution de l'acideacétique an- hydre $C_8H_{12}O_4S_2$ 121 Kekulé . . . . .	$\frac{5}{5}$	121	57,25	28,84	2,42
Sulfure méthyl-éthy- lique $C_4H_{10}$ } $S_2$ $C_2H_6$ } 59,1 Carius . . . . .	$\frac{4}{5}$	59,1	28,45	25,45	1,72
Sufite d'oxyde de mé- thyle et d'éthyle $C_4H_{10}O_2$ } $S_2O_4$ $C_2H_6O_2$ } 140,7 Carius . . . . .	$\frac{4}{5}$	140,7	57,26	53,55	2,66
Sulfocarbonate d'oxyde de méthyle et d'éthyle $C_4H_{10}O_2$ } $C_2S_4$ $C_2H_6O_2$ } 179 Chancel . . . . .	$\frac{4}{5}$	179	57,41	53,56	1,86
Sulfure d'éthyle butyl- mercaptan $C_8H_{20}S_2$ 91 Pierre 75 Regnault 88 Wurtz . . . . .	$\frac{5}{5}$	184	51,54	51,54	1,67
Bisulfure d'éthyle $C_8H_{20}O_6S_4$ 151 Regnault . . . . .	$\frac{5}{5}$	51	55,77	55,77	1,94

Noms des corps. Formules. Points d'ébullition.	Dévia- tion.	s	d	d. dér.	eq. S
Sulfite d'oxyde d'éthyle $C_8H_{20}O_6S_2$ 160,5 Pierre 160 Ebelmen....	$\frac{5}{5}$	160 <sup>o</sup> ,1	39,62	39,62	2,81
Sulfocarbonate d'oxyde d'éthyle $C_{10}H_{20}O_2S_4$ 200 Debus .....	$\frac{5}{5}$	200	39,43	39,43	1,86
Carbonate de sulfure d'éthyle $C_{10}H_{20}O_4S_2$ 161,5 Debus.....	$\frac{-5}{5}$	161,5	38,34	38,34	2,17
Sulfocarbonate de sul- fure d'éthyle. $C_{10}H_{20}S_6$ 238,5 Debus .....	$\frac{-5}{5}$	238,5	40,35	40,35	1,72
Sulfure d'allyle $C_{12}H_{20}S_2$ 140 Cahours et Hoffm.	$\frac{5}{5}$	140	24,30	24,30	1,15
Amyl-mercaptan $C_{10}H_{24}S_2$ 117 Krutsch 117,5 Erdmann 119,8 Kopp 125 Balard .....	$\frac{6}{5}$	119,8	32,92	36,07	1,03
Sulfure d'éthyle et d'amyle $C_4H_{10}$ } $S_2$ $C_{10}H_{22}$ } 132,7 Carius .....	$\frac{8}{5}$	131,7	40,46	51,17	2,58

La moyenne donne :

$$\frac{39,74}{21} = 1,89$$

pour le nombre d'atomes du soufre ; on peut s'attendre à



ce que la moyenne s'approchera de plus en plus de la valeur de 2, quand on pourra faire entrer dans le calcul un plus grand nombre de corps.

30. Voici encore un groupe de 3 corps remarquables :

	Chlorure d'éthyle. $C_4H_{10}Cl$ .	Bromure d'éthyle. $C_4H_{10}Br$ .	Jodure d'éthyle. $C_4H_{10}I$ .
Point d'ébullition . . . . .	11,6	40,7	69,5
Densité de vapeur, l'air = 1	2,14	5,28	4,50
Rapport des densités. . . . .	22	55,7	44,2
Nombre d'atomes. . . . .	$14 + 8$	$14 + v$	$14 + w$
Volumes liquides à $s$ . . . . .	71,2	78,4	86,1
Volumes réduits . . . . .	67,7	68,2	68,6

Il résulterait de ce calcul  $v =$  équivalent d'ébullition du brôme = 19,7 et  $w =$  équivalent d'ébullition de l'iode 30,2 ; mais ces nombres devront être vérifiés par d'autres observations.

31. L'on sait que les produits de substitution, contenant du carbone et de l'hydrogène, avec de l'iode ou du brôme, sont sujets à se décomposer, quand ils sont chauffés jusqu'à leur point d'ébullition.

Pour cette cause beaucoup de points d'ébullition ne peuvent être employés dans les calculs.

Au lieu de prendre directement les points d'ébullition de ces corps, il vaudrait mieux observer la tension de leurs vapeurs à des températures inférieures et calculer ensuite leurs points d'ébullition par la formule<sup>1</sup>:

$$\frac{273 + s}{273 + s_1} = \frac{273 + t}{273 + t'}$$

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, 1865, t. XVII, p. 40.

32. L'application suivante de cette formule me semble présenter quelque intérêt :

L'on considère ordinairement les deux corps isomères  $C_4 H_8 Cl_2$ , chlorure d'éthyle monochloruré et liqueur des Hollandais, comme ayant des propriétés physiques différentes ; ainsi les points de l'ébullition *paraissent* différer d'environ 20 degrés. Le chlorure bout à  $64^\circ$  et la liqueur des Hollandais à  $84^\circ$ .

Cependant Despretz a observé pour la liqueur des Hollandais la tension de 55.8 millimètres correspondant à la température  $t=12^\circ,17$  ; pour l'eau on a  $t=40^\circ,33$  ; en mettant ces valeurs dans la formule du § 31 (avec  $s=100$ ) on trouve  $s=66,5$ .

On peut donc attribuer la différence des températures correspondantes à la tension de  $0^m,76$ , à l'action des forces moléculaire.

33. Les tableaux suivants montrent les points d'ébullition calculés et observés du chlorure d'éthyle et de la liqueur des Hollandais et des produits de substitutions de ces deux corps. Pour le calcul j'ai admis que tous ces corps avaient la déviation de

$$\sqrt{\frac{5}{s}}$$

et que l'équivalent d'ébullition du chlore est = 8.

Formules.	Noms des corps.	Points d'ébullition calculés.
$C_4 H_{12}$	Gaz méthyle.....	— 92,4
$C_4 H_{10} Cl$	Chlorure d'éthyle .....	+ 9,4
$C_4 H_8 Cl_2$	Produit de substitution.....	67,5
$C_4 H_6 Cl_3$	» » .....	105,1
$C_4 H_4 Cl_4$	» » .....	151,5
$C_4 H_2 Cl_5$	» » .....	151,0
$C_4 Cl_6$	» » .....	166,0

Formules.	Noms des corps.	Points d'ébullition observés.
$C_4 H_{10} Cl$	Chlorure d'éthyle . . . . .	41° Pierre.
$C_4 H_8 Cl_2$	Chlorure d'éthyle monochloré. . .	64,8 »
	Liqueur des Hollandais. . . . .	82 à 86
$C_4 H_6 Cl_3$	Chlorure d'éthyle bichloré. . . .	75 Regnault.
	Liqueur des H monochlorée. . .	115 »
$C_4 H_4 Cl_4$	Chlorure d'éthyle trichloré. . . .	102 »
	Liqueur d. H bichlorée. . . . .	135 »
$C_4 H_2 Cl_5$	Chlor. d'éthyle quadrichloré. . .	146 »
	Liqueur d. H. trichlorée. . . . .	155 »
$C_4 Cl_6$	Sesquichlorure de carbone . . . .	180 »

34. L'on voit que beaucoup de points d'ébullition observés s'approchent des points d'ébullition calculés; les différences semblent tenir à l'action des forces moléculaires.

35. J'entends par cette expression un peu vague :

*Les forces moléculaires sont les lois inconnues, qui influent sur les propriétés physiques des corps et masquent plus ou moins par leur action l'effet des lois connues.*

On voit cette action, entre autres cas, dans la densité anormale de la vapeur du soufre, déterminée entre 500° et 600°.

Rotterdam, 1<sup>er</sup> octobre 1864.

DE LA  
TEMPÉRATURE DES COUCHES TERRESTRES  
AU-DESSOUS DU SOL

PAR  
M. BECQUEREL PÈRE.

---

L'activité scientifique de M. Becquerel père semble chez lui croître avec l'âge. Une édition nouvelle de ses *Éléments d'électro-chimie* enrichie de toutes les découvertes les plus récentes sur ce sujet, trois mémoires importants et détaillés sur la décomposition électro-chimique des composés insolubles, sur les moyens de prévenir les causes d'altération des navires cuirassés et sur la température des couches terrestres au-dessous du sol ; voilà pour la seule année 1864 la contribution payée à la science par M. Becquerel ; contribution large et précieuse, qui montre ce que peut une vie dévouée exclusivement à l'amour passionné et désintéressé de la science quand elle a pour auxiliaire une intelligence vive et féconde, et un désir sincère de chercher et de trouver la vérité.

C'est de celui des travaux de M. Becquerel qui a pour objet l'étude de la température des couches terrestres au-dessous du sol que nous voulons nous occuper aujourd'hui. Ce sujet a depuis longtemps attiré l'attention des physiciens qui s'en sont occupés sous le rapport de

l'observation, et même des mathématiciens, tels que Fourier et Poisson, qui ont envisagé la question au point de vue théorique. De toutes ces recherches on avait conclu qu'il existe à une certaine profondeur une couche invariable, c'est-à-dire dont la température est constante, mais dont la distance au sol varie avec la latitude, et qu'au-dessous de cette couche la température va en augmentant sur la même verticale, suivant un rapport qui varie avec la nature du terrain, sa conductibilité et d'autres causes, mais qui est en moyenne de 1° par 30 mètres.

M. Becquerel a repris la question en faisant usage du thermomètre électrique, et voici comment il s'exprime pour décrire son procédé d'observation et en justifier l'emploi :

« Le mode d'observation en usage pour avoir la température de la terre au-dessous de la couche invariable, qui consiste à descendre dans des puits forés des thermomètres à déversement placés dans des enveloppes de verre ou de métal hermétiquement fermées afin d'éviter les effets résultant de la pression extérieure, ne peut donner que la température des points où ils sont momentanément placés, c'est-à-dire du fond du puits foré ; le sondage continue-t-il, il devient impossible de reprendre cette température, à cause du tubage métallique et du mouvement des eaux qui tendent à équilibrer les températures des parties supérieures du puits.

« On ne peut donc, avec les moyens actuels, étudier d'une manière continue la distribution de la chaleur dans les terrains qui ont été traversés par la sonde et reconnaître si, dans la suite des temps, la température de ces terrains n'a pas changé, non pas par suite d'un refroidissement graduel, d'une excessive lenteur, car, d'après les

calculs de Fourier, il ne peut s'élever, depuis son origine, au-dessus de  $\frac{1}{57600}$  de degré (on a d'autres preuves que le refroidissement séculaire est insensible, je les ai rapportées au commencement de ce Mémoire), mais à raison de causes géologiques actuelles, telles que les infiltrations des eaux, les réactions chimiques, le voisinage de roches qui sont dans un état de refroidissement, etc., etc.; il peut donc s'opérer des variations de température qu'il est intéressant de connaître.

« Il n'est donc point question, je le répète, de rechercher si le refroidissement séculaire est sensible ou non, mon but a été de substituer au mode actuel d'observation un autre qui permet d'étudier avec suite, facilité et précision, toutes les questions qui se rattachent aux changements de température, à un dixième et même à un vingtième de degré près, qui peuvent avoir lieu par suite de causes agissantes actuelles, changements qui peuvent réagir plus ou moins sur la température du sol, sur celle de l'air, comme les observations de M. d'Aubrée le prouvent. J'arrive maintenant à la description de mon procédé, qui est précisément le même, à des différences près résultant des nouvelles conditions à remplir, que celui qui m'a servi dans les recherches sur la température des parties intérieures de l'homme, des animaux et des végétaux, et sur la température de l'air, depuis le sol jusqu'à une certaine hauteur au-dessus

« Le thermomètre électrique, réduit à la plus simple expression, est un circuit fermé, composé d'un fil de fer et d'un fil de cuivre soudés à leurs points de jonction et dans lequel se trouvent un galvanomètre gardant parfaitement le zéro, ou mieux encore un magnétomètre solidement établi, et divers accessoires tels qu'appareils pour

échauffer ou refroidir la soudure libre, un thermomètre, des lunettes, etc., sur lesquels nous reviendrons. Le principe à l'aide duquel on détermine les températures avec cet instrument est très-simple : toutes les fois que la température est la même aux deux soudures, il ne se produit pas de courant thermo-électrique, et l'aiguille aimantée du galvanomètre reste à zéro. Si donc la température n'est pas la même et que celle de l'une des deux soudures soit inconnue et placée dans un lieu où l'on ne peut l'observer avec un thermomètre, si l'on élève ou que l'on abaisse la température de l'autre soudure, qui est libre, jusqu'à ce que l'aiguille aimantée soit revenue à zéro, on sera certain alors que la température du milieu où est cette dernière et que l'on peut observer avec un thermomètre ordinaire très-exact, dont on vérifie fréquemment le zéro, et qui est divisé en dixièmes de degré, est la même que celle du lieu où se trouve l'autre soudure. Ce mode d'observation donne avec une très-grande exactitude la température cherchée, sans qu'il soit nécessaire de faire des corrections, comme on est obligé de le faire quand on observe avec des thermomètres à longues tiges.

« On conçoit, d'après cela, la possibilité de trouver la température de la terre à de grandes profondeurs au-dessous du sol, en donnant aux fils métalliques des diamètres suffisants pour que les courants thermo-électriques qui proviennent d'une électricité à faible tension puissent faire dévier l'aiguille aimantée de 5 à 10° au moins pour une différence de température de 1°; au-dessous de cette limite, il n'est pas possible de déterminer des températures à un dixième de degré près au minimum : l'appareil doit avoir assez de sensibilité pour

donner des vingtièmes de degré. Le galvanomètre dont on se sert doit garder parfaitement le zéro, sans quoi il est impossible de compter sur l'exactitude des résultats. Cette condition est remplie en soustrayant les deux aiguilles aimantées, dont l'une est extérieure et l'autre dans l'intérieur de la petite caisse, au rayonnement calorifique des objets voisins, lequel agit plus efficacement sur la première que sur la seconde. On y parvient en enveloppant l'appareil avec un manchon de carton, recouvert intérieurement et extérieurement d'une feuille d'étain et fermé par en haut avec un couvercle semblable et que l'on ouvre à l'instant de l'observation, en le refermant immédiatement après. Il vaut mieux placer, autant que possible, le galvanomètre ou le magnétomètre dans une pièce qui n'est pas exposée à la radiation solaire et dans laquelle les changements de température sont très-lents, afin que la température soit sensiblement constante pendant un certain laps de temps.

« Les changements de température modifiant l'élasticité du fil de soie qui suspend le système astatique des deux aiguilles aimantées, il en résulte que ce système ne garde pas le zéro. Il faut toujours avoir l'attention de vérifier le zéro avant et après l'observation, afin d'être bien certain qu'il n'a pas changé pendant le temps employé à la faire.

« Il y a trois choses à considérer quand il s'agit de trouver la température de la terre à des profondeurs plus ou moins grandes :

« 1<sup>o</sup> Le puits foré destiné à recevoir le câble composé de sept circuits mixtes, composés chacun d'un fil de fer et d'un fil de cuivre, l'un et l'autre suffisamment isolés et destinés à donner les températures de 5 mètres en 5



mètres, ou à des distances plus ou moins rapprochées si l'on veut ; 2° le câble, sa construction et sa descente ; 3° le galvanomètre et ses accessoires, ainsi que l'agencement de toutes ses parties et le mode d'observation. Je vais décrire chacune de ces parties et ensuite j'exposerai les résultats obtenus et les conséquences qui s'en déduisent. Je n'ai pu organiser ce mode nouveau d'observation qu'avec le concours d'artistes habiles qui m'ont aidé de leurs conseils et qui ont diminué les frais de construction et d'installation autant qu'il leur a été possible, afin que la dépense fût très-modérée ; c'est ce qui a eu lieu. »

*Du puits foré.* L'administration du Muséum d'histoire naturelle avait mis à la disposition de M. Becquerel un puits abandonné revêtu en maçonnerie, qui traverse les carrières, et dont la profondeur était de 12<sup>m</sup> 36 ; il y avait 1<sup>m</sup> 36 d'eau ; c'est au fond de ce puits que M. Dru, ingénieur civil, successeur de M. Morlot, a commencé le sondage en tubant le trou, dont le diamètre avait d'abord 0<sup>m</sup>,21 ; aussitôt que l'on eut atteint l'argile plastique, le diamètre fut réduit à 0<sup>m</sup>,13. — Les sept soudures furent placées comme il suit :

- La première à 36 mètres, dans l'argile sableuse.
- La deuxième à 51 — dans l'argile sableuse.
- La troisième à 26 — dans l'argile sableuse et lignite.
- La quatrième à 21 — dans le calcaire.
- La cinquième à 16 — entre la marne verte chloritée et le calcaire dur.
- La sixième à 11 — dans l'ancien puits comblé avec une terre sableuse.
- La septième à 6 — *Idem.*

Un huitième câble indépendant du septième a été

posé, la soudure se trouvant à 1 mètre au-dessous du sol.

« *Câble électrique.* Je désigne ainsi la réunion de sept fils de cuivre et de sept fils de fer, soudés deux à deux sur une longueur de 3 centimètres, un fil de fer à un fil de cuivre. Le premier couple a 50 mètres de longueur ; le deuxième, 45 ; le troisième, 40, jusqu'au dernier, qui n'a plus que 20 mètres. Chaque fil est formé de sept autres fils, afin qu'il n'y ait pas d'interruption dans le cas où l'un d'eux viendrait à se briser avec le temps. Les sept fils de chaque groupe, étant réunis en un seul, formeraient un fil unique de 2 millimètres de diamètre. Chaque groupe de sept fils est entouré d'une couche de gutta-percha de 3 millimètres d'épaisseur enveloppée d'un ruban de coton goudronné. Les sept groupes de deux fils ou câbles partiels sont juxtaposés de la manière suivante : la première soudure est placée à l'extrémité du câble, qui occupe non le fond du puits foré, mais une position à 0<sup>m</sup>,60 au-dessus ; la seconde à 5 mètres au-dessus ; ainsi de suite jusqu'à la septième, qui se trouve à 6 mètres au-dessous du sol. Les sept groupes sont enroulés en torsade avec beaucoup de soin les uns sur les autres et le tout enveloppé de plusieurs bandes de toile de coton goudronnée. Le câble ainsi préparé a un diamètre de 0<sup>m</sup>,035, et possède assez d'élasticité pour être enroulé sur une poulie de 0<sup>m</sup>,5 de diamètre quand on veut le transporter. Ce câble a été fabriqué avec beaucoup d'intelligence et de soin dans les ateliers de MM. Rattier et C<sup>ie</sup>, sous la direction de M. Barbier, ingénieur, attaché à cet établissement. Chaque couple a été essayé séparément, pour être bien certain que les soudures étaient bien faites et donnaient les mêmes températures dans les mêmes con-

ditions que des thermomètres ordinaires placés à côté, sans quoi les déterminations de température n'eussent pas été comparables entre elles. Ce câble était inaltérable dans l'eau.

« *Descente et consolidation au câble dans le puits foré.* Cette opération, sur laquelle reposait le succès des observations, demandait une préparation préalable très-délicate, afin que le câble ne fût pas en contact avec l'eau et pût rester intact pendant un très-grand nombre d'années ; j'en ai chargé M. Dru, qui avait foré le puits, et auquel je dois des remerciements pour l'habileté et l'adresse avec lesquelles il s'en est acquitté. Le câble a été introduit dans un mât de sapin dur, de 14 centimètres de diamètre, disposé comme il suit : on a commencé par diviser ce mât en seize parties de 2 mètres de longueur, chacune d'elles a été sciée longitudinalement en deux parties égales, lesquelles ont été évidées au centre de manière à former un cylindre creux de 3 centimètres et demi, destiné à recevoir le câble ; l'intérieur et l'extérieur ont été goudronnés à chaud à diverses reprises. Le câble ayant été tendu verticalement au moyen d'un chevalet et d'une poulie ayant un diamètre convenable, on a commencé par renfermer la partie inférieure du câble dans l'intérieur d'une des portions de mât, mais de manière que l'une des parties ne fût recouverte que par la moitié de l'autre. L'intérieur avait été rempli d'étoupes goudronnées, afin qu'en rapprochant les parties qui étaient jointives, le câble fût pressé fortement : des vis en cuivre et des anneaux de même métal, de 0<sup>m</sup>,075 de largeur, fixés également avec des vis, tenaient jointes toutes les parties. Les anneaux de cuivre masquaient les jointures transversales. Les fentes furent calfatées à la manière des vaisseaux, et le tout recouvert

d'une forte couche de goudron appliquée bouillant. Cette opération faite, on descendait 4<sup>m</sup>,5 du câble, et on en préparait une autre portion comme je viens de le dire, de sorte qu'une des portions du mât était solidement reliée à la portion suivante : ainsi de suite, jusqu'à la fin. Les portions avaient été tellement bien travaillées et ajustées, qu'on avait un mât très-droit de 11 centimètres de diamètre et de 36 mètres de longueur, sans la couche de goudron ; ce mât a été descendu dans le tube de fer de 13 centimètres de diamètre, sans éprouver le moindre frottement. La première soudure, la soudure inférieure, était placée dans un bout de mât évidé intérieurement et non fendu longitudinalement. A l'extrémité inférieure de ce bout avait été adaptée une pièce en fer, tournée en tire-bouchon, pour que le mât pût être fixé dans l'argile au moyen du poids du mât. Avec toutes ces précautions, on pouvait considérer ce mât comme devant être étanche, c'est-à-dire ne pouvant pas être pénétré par l'eau, mais on ne s'en est pas tenu là, comme on va le voir ; on a descendu dans le puits, au-dessus du trou foré, une caisse en bois de sapin, ayant une section carrée de 25 centimètres de côté, et au milieu de laquelle s'est trouvé placé le mât. Cette caisse, qui avait 11<sup>m</sup>,2 de long, était destinée à empêcher la terre de tomber dans le puits foré, ou du moins dans l'espace compris entre le puits et la paroi de ce trou, quand on a comblé le puits de l'administration. Le tube en fer introduit pour l'opération du sondage a été retiré, non sans quelque difficulté, à cause de la pression exercée par l'argile plastique, qui, se tassant peu à peu, a exigé l'emploi d'un cric. Ce tassement a été cause que le mât lui-même a été soumis à une forte pression, qui a dû faire remonter

l'eau, de sorte que le mât et par suite le câble ont été là dans la même situation que s'ils eussent été introduits directement dans l'argile, sur une longueur de 12<sup>m</sup>57.

« Le puits, en dehors de la caisse, ayant été comblé avec du sable terreux, on a coulé dans la caisse, qui était plongée dans l'eau sur une hauteur de 1<sup>m</sup>,36, du béton de Portland très-liquide, qui a dû s'introduire jusqu'à l'argile, dans l'intervalle compris entre le mât et la paroi du puits foré. Après avoir introduit ainsi 700 kilogrammes de béton, douze heures après, le béton étant encore pâteux, on a jeté dans la caisse du sable fin, jusqu'à ce que tout devint solide; après quoi on a versé dans la caisse, au-dessus de la partie solidifiée, 200 kilogrammes de béton gâché liquide, qui ont pris assez promptement, jusqu'à 1 mètre en contre-bas du sol. On a couché et enterré ensuite dans une fosse de même profondeur le câble, renfermé dans des tuyaux de grès, dont les joints ont été cimentés avec du plâtre; après quoi on l'a fait passer verticalement dans d'autres tuyaux de grès, de 15 centimètres, également cimentés, et appliqués sur la face sud-est d'un mur, afin de l'introduire, au travers du mur, dans la pièce où étaient disposés, sur des tablettes scellées dans le mur, le galvanomètre et le magnétomètre, le réfrigérant et son soufflet, et tous les accessoires indispensables aux observations.

« Dans le but de faciliter les observations, les divers couples qui composent le câble ainsi que le câble indépendant ont été séparés sur une longueur de plusieurs décimètres, les fils de cuivre et de fer de chaque couple disposés comme il suit: au moyen de vis de pression, seize pinces, huit en cuivre, huit en fer, ont été fixées sur une tablette; dans chacune d'elles on a pratiqué des

ouvertures, dont l'une est destinée à recevoir le bout du fil de cuivre, ou de fer, d'un des couples du câble, et l'autre extrémité du fil de même métal appartenant au couple dont la soudure est placée dans l'appareil réfrigérant ou l'appareil échauffant. Le galvanomètre ou le magnétomètre est introduit dans le circuit au moyen de fils adjonctifs en cuivre et de pinces portatives recouvertes de gutta-percha, pour éviter l'échauffement de la main quand on les touche. La tablette est scellée dans le mur près du réfrigérant; l'appareil réfrigérant ou échauffant se compose d'un tube de verre de 0<sup>m</sup>,6 au moins de diamètre, rempli à moitié de mercure et dans lequel on introduit la soudure libre et le thermomètre divisé en dixièmes de degré. Ce tube plonge lui-même dans une éprouvette remplie d'éther, que l'on vaporise en y insufflant de l'air au moyen d'une soufflerie quand il s'agit de la refroidir, ou qu'on le chauffe lorsque l'on veut élever la température de la soudure: la température de la main suffit dans la plupart des cas. Pour maintenir longtemps le zéro, il faut que la colonne de mercure s'élève dans l'éprouvette jusque vers le degré que l'on observe, et que l'éprouvette soit remplie d'éther jusqu'au niveau du mercure.

« Je dois indiquer les précautions à prendre, dans les observations, pour avoir des déterminations exactes. Le principe général du procédé est d'introduire, comme on l'a déjà dit, dans un circuit composé d'un fil de cuivre et d'un fil de fer, ayant par conséquent deux soldures, un galvanomètre gardant parfaitement le zéro, ou bien un magnétomètre, condition indispensable, car si, dans le cours d'une observation, il venait à changer, la température observée serait fautive. Il faut en outre avoir l'at-

tention d'élever le mercure à une température ne différant que de un degré environ et même moins de celle que l'on veut déterminer, afin que la déviation de l'aiguille aimantée soit la plus faible possible, condition nécessaire pour que l'aiguille aimantée revienne à zéro. En opérant ainsi, le fil de soie éprouve une faible torsion, et son élasticité est moins modifiée. L'une des soudures étant dans le lieu dont on veut avoir la température et l'autre dans le tube rempli de mercure dont on élève ou l'on abaisse la température selon qu'elle est plus basse ou plus élevée que celle que l'on cherche, on conçoit que le thermomètre qui plonge dans le mercure, ne s'échauffant et ne refroidissant pas aussi vite que la soudure, il est indispensable de maintenir pendant une minute environ l'aiguille aimantée au zéro, pour que l'équilibre de température puisse s'établir. On y parvient, comme je l'ai dit plus haut, en opérant avec de grandes masses de mercure et d'éther, pour qu'un refroidissement ou un échauffement graduel soit très-lent. Pendant l'échauffement ou le refroidissement, il faut remuer continuellement avec un agitateur le mercure pour établir l'équilibre de température dans toutes les parties.

« Je dois signaler un moyen de contrôle direct quand on suppose que deux couches terrestres, où il y a deux soudures, ont la même température. On réunit les deux circuits correspondant à ces soudures en un seul, en dirigeant les deux courants en sens inverse et y plaçant le galvanomètre. Il faut, pour cela, mettre en communication les deux extrémités libres des fils de fer et mettre en relation les deux extrémités libres des fils de cuivre avec le galvanomètre. Les deux courants thermo-électriques, étant dirigés en sens inverse, se détruisent s'ils sont

égaux, et alors l'aiguille aimantée reste à zéro ; s'ils ne le sont, la déviation peut servir à trouver la différence entre les deux températures. »

Venons-en maintenant aux observations. Remarquons d'abord que, avant de descendre le câble dans le puits foré, on a mesuré la température de l'eau à 36 mètres au fond et à 18 mètres, avec plusieurs thermomètres à maxima, soit à déversement, soit d'une autre espèce ; thermomètres qui ont tous été renfermés dans des enveloppes de verre scellées pour éviter les erreurs résultant de la compression. Ces divers thermomètres ont donné pour la température de l'eau à 36 mètres au fond du puits :  $12^{\circ},29$  en moyenne, et pour la température à 18 mètres  $11^{\circ},89$ . Le thermomètre électrique, quinze jours après la descente du câble, a donné des résultats qui ont montré que la température de l'argile plastique à 36 mètres au-dessous du sol, et non celle de l'eau provenant de la formation calcaire au moment de l'observation, est de  $12^{\circ},50$  environ, et supérieure seulement de  $0^{\circ},21$  à celle de l'eau mesurée à la même profondeur avec les thermomètres à maxima peu après la cessation des travaux de sondage. A 26 mètres on trouve encore  $12^{\circ},50$ , de sorte qu'on peut admettre que de 26 mètres à 36 la température est constante.

De 21 mètres à 16, dans les marnes calcaires soit le calcaire, la température est également constante, et égale à  $12^{\circ},20$  ; elle a donc augmenté de  $0^{\circ},3$  en passant du calcaire dans l'argile plastique.

Les couches de terrain supérieures participent plus ou moins des variations annuelles ou mensuelles de l'air à la surface du sol. On a trouvé à 11 mètres,  $13^{\circ}$  et à 6 mètres environ  $11^{\circ},77$ . La température de 26 mètres



à 36 mètres paraît constante, sans aucun doute, dans le moment actuel, mais on ne connaît pas toute l'épaisseur de la couche par laquelle elle reste à  $12^{\circ},50$ , puisque le sondage n'a pas été poussé au delà de 36 mètres. Tandis qu'à 28 mètres dans l'argile plastique au Jardin des plantes la température est de  $12^{\circ},50$ , celle du calcaire ou du moins celle de l'air dans les caves de l'Observatoire, à la même profondeur, n'est que de  $11^{\circ},70$ ; ce qui établit une différence de  $0^{\circ},80$  en faveur de l'argile plastique.

Dans une autre localité où la formation calcaire a plus d'épaisseur, la couche invariable ne s'y trouve plus à la même profondeur.

On voit par ces exemples ainsi que par d'autres encore cités par M. Becquerel, que, sans sortir du bassin tertiaire de Paris, la couche invariable n'est pas partout à la même profondeur, et qu'il est possible de déterminer rigoureusement la marche de la propagation de la chaleur dans les couches inférieures du sol et la position exacte de la couche invariable.

Il serait intéressant de savoir si, au-dessous de la couche invariable, la nature des terrains, l'infiltration des eaux et d'autres causes encore, influent sur la distribution de la chaleur dans les couches terrestres et quelles sont les modifications que cette distribution éprouve avec le temps; si tant est qu'elle en éprouve; il serait donc à désirer que le nouveau mode d'observation, imaginé par M. Becquerel, qui donne les températures à moins de  $\frac{1}{10}$ <sup>ème</sup> de degré près, pût être exécuté jusqu'à 100 ou 200 mètres de profondeur. Malheureusement il est très-dispendieux et il est peu probable que l'on rencontre souvent

sous ce rapport les facilités qu'a trouvées M. Becquerel, grâce à sa position scientifique et à l'honorabilité de son caractère. Remercions-le, en terminant, d'avoir su faire tourner au profit de la science les faveurs méritées dont il a été l'objet.

SUR  
LES ELLIPSOIDES D'EFFLORESCENCE

DES CRISTAUX HYDRATÉS <sup>1</sup>

PAR

M. CARL PAPE.

(Analyse.)

---

Tous les physiciens le savent, de Sénarmont avait, à la suite de ses études sur la conductibilité des cristaux pour la chaleur, été amené aux conclusions suivantes :

1° Dans les cristaux appartenant au système régulier, la conductibilité est égale en tous sens, et les surfaces isothermes sont des sphères.

2° Dans tous les milieux constitués comme les cristaux du système rhomboédrique, les conductibilités sont tellement distribuées autour d'un point, qu'en y supposant un centre d'échauffement et le milieu indéfini en tous sens, les surfaces isothermes seraient des ellipsoïdes concentriques de révolution autour de l'axe de symétrie.

3° Dans les milieux comme les cristaux à deux axes optiques, les conductibilités sont tellement distribuées autour d'un point, qu'en y supposant un centre d'échauffement et le milieu indéfini en tous sens, les surfaces iso-

<sup>1</sup> *Poggendorff's Annalen*, t. CXXIV, p. 529, mars 1865.

thermes seraient des ellipsoïdes concentriques à trois axes inégaux.

4° Les diamètres principaux de ces surfaces isothermes coïncident avec les axes de cristallisation, quand ceux-ci sont en même temps des axes de symétrie.

M. C. Pape a étudié la manière dont l'efflorescence se propage dans les cristaux des divers systèmes, et il est arrivé à des résultats qui montrent que cette propagation s'effectue d'une manière tout à fait analogue à celle de la chaleur formulée ci-dessus. Voici l'analyse du mémoire de ce physicien.

Lorsque des cristaux hydratés s'effleurissent, soit spontanément à la température ordinaire, soit par une application artificielle de la chaleur, l'efflorescence commence d'abord par des points isolés sur les faces cristallographiques et se répand de proche en proche sur toute la surface et dans l'intérieur des cristaux. Ces taches d'efflorescence ont une forme symétrique, en général elliptique, dont les axes sont orientés de manière à coïncider avec les directions cristallographiques principales. La grandeur absolue des taches parallèles est variable sur chaque face, mais la mesure des deux dimensions principales se coupant à angles droits a montré que leur rapport est une constante pour une même face ; par contre, pour des faces de signes différents cette constante a une valeur différente.

Les premières observations de l'auteur ont porté sur des cristaux de sulfate de cuivre qui appartiennent, comme on le sait, au sixième système cristallin ; il les a étendues ensuite à plusieurs substances de formes différentes.

La régularité reconnue dans les taches montre bien

que l'eau s'échappe plus facilement suivant certaines directions et plus difficilement suivant d'autres. Si nous supposons que l'efflorescence puisse commencer à partir d'un point intérieur du cristal, la masse effleurie devra, à un moment donné, être circonscrite par une surface ordonnée avec symétrie, dont le point central sera le point primitif d'efflorescence et les dimensions principales en coïncidence avec la direction des axes cristallographiques ; d'après cela, les taches pourront être considérées comme des coupes de cette surface par les faces qu'elle rencontre et la nature de celle-ci se déduira de la forme de la tache d'efflorescence observée.

Tout dans le phénomène qui nous occupe : la direction et l'extension régulières des taches, etc., rend très-vraisemblable l'existence d'une telle surface, et des considérations tirées de la conductibilité des minéraux pour la chaleur conduisent à lui assigner la forme d'un ellipsoïde. Dans cette manière de voir les taches d'efflorescence doivent être elliptiques, sauf dans le cas où elles correspondent à une coupe circulaire de l'ellipsoïde.

Dans les cristaux appartenant au système régulier dont tous les axes sont égaux, la surface sera une sphère et sur toutes les faces possibles on observera des taches rondes.

Dans les cristaux des systèmes quadratique ou hexagonal doués d'un axe principal différent des autres, la surface sera un ellipsoïde de révolution ; les taches observées sur les faces parallèles à l'axe principal ou inclinées sur celui-ci auront la forme elliptique, tandis qu'elles seront rondes sur la base du prisme. Les faits ont confirmé cette manière de voir. Ainsi, l'alun de chrome qui est régulier a montré des cercles sur les faces

du dodécaèdre et de l'octaèdre aussi bien que sur celles du cube. Le cyanoferrure de potassium (prussiate jaune de potasse) en octaèdres carrés basés montre des ellipses sur les faces de l'octaèdre et des cercles sur la base.

Le sulfate de zinc dérivé d'un prisme rhomboïdal droit donne des ellipses sur l'octaèdre rhomboïdal, le prisme rhomboïdal et les faces du prisme rectangulaire qui lui correspond ; l'hyposulfate de soude, dont la forme appartient au même système, se comporte d'une manière toute semblable.

Le phénomène s'observe avec les plus grandes analogies dans les cristaux en prisme oblique ou doublement oblique des sulfates de soude, de protoxyde de fer, de cuivre et de l'hyposulfite de soude. La complication de leurs systèmes ne permet pas de tirer pour ces cristaux des conclusions aussi nettes et aussi simples touchant la nature de la surface d'efflorescence et la situation de ses axes par rapport aux axes cristallographiques. Il paraîtrait toutefois qu'il n'existe pas chez eux une relation simple entre la direction et la forme des taches et les axes obliques, auxquels on a coutume de rapporter les deux derniers systèmes. M. Pape entre à cet égard dans de longs développements qui portent principalement sur le cas du sulfate ferreux et dont nous supprimerons ici l'analyse, fort difficile à faire d'ailleurs en quelques lignes.

Comme on l'a dit plus haut, l'expérience a montré que la surface d'efflorescence des cristaux du deuxième système est un ellipsoïde de révolution ; on pouvait s'attendre, d'après cela, à ce qu'il en serait de même pour ceux du système hexagonal. Cependant l'hyposulfite de plomb, par exemple, dont les axes cristallographiques ont des longueurs très-différentes, a montré des cercles très-nets

sur la base, sur les faces du rhomboèdre primitif et sur celles du premier rhomboèdre obtus; la surface d'efflorescence doit donc être ici une sphère. L'examen des figures d'efflorescences d'autres substances rhomboédriques montrera ce qu'il peut y avoir de général dans cette similitude entre la structure intime des cristaux hexagonaux et celle de cristaux dérivant du cube.....

L'auteur pense que les relations qu'il vient de signaler entre la forme d'une substance et la manière dont elle s'effleurit sont beaucoup plus générales qu'il ne paraît de prime abord; toute action chimique sur des cristaux est probablement soumise quant à son intensité et à sa direction, à des lois qui sont en dépendance directe avec la forme cristalline. Les observations si intéressantes de Leydolt sur l'attaque du quartz et d'autres minéraux corroborent cette manière de voir.

M. D.

---

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

---

## PHYSIQUE.

LERMOYEZ. SUR LES PHÉNOMÈNES QUI ONT PRÉCÉDÉ ET ACCOMPAGNÉ  
L'ORAGE DU 7 MAI 1865 (*Compt. rend. de l'Ac. des Sc.* du  
15 mai 1865.)

Dans la séance du 15 mai, M. le général Morin a communiqué à l'Académie des Sciences un rapport fort intéressant de M. Lermoyez sur un orage qui a éclaté le 7 mai dans la ville de l'Escaut. Ce violent orage s'est manifesté à la suite d'une sécheresse de six semaines et de chaleurs tout à fait insolites pour la saison. Quelques jours auparavant la température était brûlante, le vent variait du sud-est au sud-ouest et plusieurs fois des orages avaient paru se former et s'étaient dissipés sans pluie. Le 7 au matin l'air était plus frais, le baromètre remontait, un vent du nord-est chassait devant lui avec une grande rapidité de légers nuages ; mais au-dessus de ce vent on en remarquait un autre beaucoup plus élevé, venant du sud-ouest et chariant lentement des nuées floconneuses qui s'épaissirent vers midi. A 5 heures de gros nuages formant des couches superposées se montrèrent au sud-ouest et bientôt le tonnerre se fit entendre. Au-dessus de leur masse se dressait un épais cumulus, d'un blanc livide dans lequel se produisait un petillement continu d'éclairs ; en descendant, plusieurs couches de nuées de teintes sombres, s'approchant du sol, formaient une large base à cette sorte de pyramide. Le roulement du tonnerre était continu, mais sans fracas, un fourmillement non interrompu d'éclairs engendrait une crépitation sans intermittence et les explosions semblaient se concentrer



dans l'intérieur de la plus forte nuée. Les habitants du pays reconnurent tout de suite à ce signe la présence de la grêle.

La chute de la grêle et de la pluie commença vers 4 heures 30 minutes et elle dura pendant 20 minutes avec accompagnement de formidables tourbillons de vent. La circonstance la plus extraordinaire est l'incalculable quantité de grêle qui est tombée. Entre autres faits qui le prouvent, M. Lermoyez a constaté, le lendemain matin, que le dépôt de grêle, s'étendant sur une longueur de 462 mètres, et une largeur moyenne de 20 mètres, présentait en certains points une hauteur qui dépassait 5 mètres ; il formait ainsi un volume de plus de 40,000 mètres cubes tellement compacte que l'eau d'amont bien qu'élevée de 0<sup>m</sup>,60 au-dessus de l'eau d'aval, n'a pas baissé de 1 millim en 24 heures. Ce dépôt constituait un véritable glacier sur lequel on pouvait marcher sans le moindre danger. Quand on y eut pratiqué une tranchée pour y établir des chasses qui devaient l'emporter, il se détachait par masses considérables qui flottaient dans l'eau comme des banquises. Plus bas le terrain a été couvert sur 2 kilomètres de longueur et 200 mètr. de largeur de plus de 600,000 mètres cubes de grêlons qui, le 15 mai, c'est-à-dire six jours après, n'avaient pas encore disparu. Ce banc immense ne forme que l'excédant de grêle que les eaux n'ont pu entraîner dans l'Escaut et qui s'est trouvé arrêté par les arbres, les haies, les digues et les maisons.

Quoiqu'il soit impossible d'admettre que cette immense accumulation de grêle provienne uniquement de celle qui est tombée sur la place même où l'observation a été faite et que très probablement il est venu des lieux circonvoisins des grêlons charriés par l'eau; il n'en est pas moins avéré que jamais chute de grêle aussi abondante n'a été signalée.

Deux remarques importantes peuvent aider à trouver l'explication de ce fait exceptionnel : l'une, c'est la persistance avec laquelle, pendant les jours qui ont précédé, a soufflé un vent du sud très-chaud et amenant probablement une masse considérable

de vapeurs aqueuses ; l'autre, c'est l'apparition simultanée, dès le matin du jour de l'orage, d'un vent du nord-est charriant des masses floconneuses de nuages. Or ces deux vents, celui du sud-ouest dans les plaines, et celui du nord-est dans les régions plus élevées, ont persisté pendant toute la durée de l'orage. Il est bien probable que c'est la rencontre de ces deux vents, l'un chargé de nuages très-froids, composés par conséquent de particules neigeuses qui ont servi de noyaux aux grêlons, et l'autre amenant une quantité considérable de nuages chauds et épais, c'est-à-dire une masse d'eau énorme, qui a occasionné cette précipitation aqueuse si considérable sous forme de grêle.

Ajoutons que la crépitation continue d'étincelles électriques prouve la quantité considérable de l'électricité dont étaient chargées les vapeurs aqueuses amenées par le vent du sud.

A. D. L. R.

---

#### EFFET EXTRAORDINAIRE DE LA CHUTE DE LA Foudre.

Les journaux ont rapporté dernièrement le récit d'un accident très-extraordinaire occasionné par le tonnerre. Le jeudi 25 mai, un violent orage éclata à Hanois, village situé sur les bords de l'Ourthe. Un jeune homme se trouvait aux champs avec un nombreux troupeau de brebis, lorsque les approches de l'orage le décidèrent à regagner le logis. Arrivé au sommet de la montagne dite le Gay-Vieux-Sarts, dans un chemin étroit et difficile, les moutons se formèrent en deux groupes distincts, les têtes serrées les unes contre les autres et refusèrent d'avancer. Le berger se mit à l'abri derrière un buisson et attendit. Son frère voyant qu'il ne venait pas, s'avançait à sa rencontre et n'en était plus éloigné que d'une vingtaine de mètres lorsqu'un formidable éclat de tonnerre se fit entendre. Jamais de mémoire d'homme on n'entendit pareille détonation. Le berger venait d'être foudroyé avec tout son troupeau ; il avait été lui-même atteint au sommet de la tête, tous ses cheveux étaient enlevés à partir de

la nuque et le fluide électrique avait tracé un sillon sur son front, sur son visage et sa poitrine.

Des 152 moutons dont se composait le troupeau, 126 environ furent tués. Ils étaient tous couverts de sang et leurs blessures étaient aussi variées que bizarres ; les uns avaient la tête tranchée, les autres la tête percée d'outre en outre, d'autres les jambes cassées et ainsi de suite.

La foudre est tombée comme une pluie de feu sur un espace de plus de 60 mètres de longueur et sur une largeur de 15 mètres environ ; berger et troupeau étaient comme enveloppés dans le fluide.

Un cas du même genre et présentant des proportions encore bien plus considérables, avait déjà été enregistré dans les fastes de la science<sup>1</sup> ; c'est celui rapporté par M. d'Abadie d'un troupeau de 2000 moutons tués en Éthiopie par un seul coup de foudre.

En général, il est bien connu que de nombreuses réunions d'hommes ou d'animaux en plein air peuvent augmenter le danger d'être frappé par la foudre, soit en agglomérant en un point donné une plus grande quantité de matière conductrice, soit surtout en déterminant par leur transpiration une colonne ascendante de vapeur dont l'effet est de conduire de préférence la décharge vers le lieu même d'où elle émane. Or dans le cas dont il s'agit il y avait une réunion de circonstances de nature à amener la chute de la foudre sur le troupeau et le berger, d'abord le fait que ce troupeau était composé de moutons qui, quand ils sont effrayés, se serrent extrêmement les uns contre les autres, ce qui doit augmenter le courant ascendant d'air chaud et humide, ensuite le fait que cette accumulation avait lieu sur un sommet élevé.

A la recommandation bien connue qu'il ne faut pas en temps d'orage chercher un abri sous un arbre, il est nécessaire d'en ajouter deux autres, à savoir d'éviter de se placer sur des lieux élevés,

<sup>1</sup> *Traité de l'électricité*, par M. A. DE LA RIVE, t. III, p. 151.

et de s'isoler autant que possible de tout être vivant. Rien, par exemple ne serait plus dangereux en temps d'orage qu'une troupe de soldats marchant en rangs serrés avec la bayonnette au bout de leurs fusils.

A. de la R.

---

J. THOMSON. DIE POLARISATIONSBATTERIE... LA BATTERIE DE POLARISATION, NOUVEL APPAREIL POUR LA PRODUCTION CONTINUE DE COURANTS A HAUTE TENSION AU MOYEN D'UN SEUL ÉLÉMENT (*Pogg. Ann.* 1865, n° 3, p. 498)

La batterie de polarisation a pour objet de remplacer la pile ordinaire dans les applications où une force électro-motrice considérable est nécessaire. L'électricité est produite par un seul élément dont le courant, qui possède une grande intensité, mais une faible tension, se transforme en un courant de faible intensité, mais de haute tension.

Deux caisses rectangulaires faites d'une matière isolante sont divisées en une série de compartiments par des lames de platine parallèles entre elles; chacune des caisses est divisée en 25 compartiments et contient par conséquent 26 lames de platine. Les deux caisses sont disposées à une certaine distance l'une de l'autre, et entre deux se trouve un double cylindre vertical fait également d'une substance isolante. Dans l'espace compris entre ces deux cylindres, des fils métalliques sont placés comme les rayons d'une roue par rapport à l'axe commun des deux cylindres. Ils sont placés régulièrement tout autour et il y en a 50.

Ces fils sont mis en communication avec les lames de platine des caisses, de telle sorte que deux fils consécutifs communiquent avec deux lames également consécutives. Sur l'un des cylindres se trouvent deux tiges métalliques horizontales, mobiles ensemble autour de l'axe vertical et disposées de façon à établir la communication entre deux fils quelconques consécutifs du double cylindre et deux pinces à vis fixes placées sur l'appareil. Enfin dans ces deux caisses, les deux lames extrêmes d'une des extré-

mités communiquent ensemble, tandis que les deux lames de l'autre extrémité aboutissent à deux autres pinces à vis qui constituent les pôles de la batterie.

Il est aisé de comprendre comment l'appareil fonctionne; on remplit les caisses d'eau acidulée, on joint aux poles d'un élément, les pinces auxquelles aboutissent les tiges métalliques horizontales, puis on donne à ces tiges un mouvement de rotation d'environ 25 tours par minute. A chaque instant le courant de l'élément passe par l'intermédiaire de deux fils consécutifs au travers de la lame d'eau comprise entre les deux lames correspondantes aux fils en question; il a décomposition de l'eau et polarisation des lames. A cause de la rotation de l'appareil toutes les lames se polarisent ainsi successivement et dans le même sens. Il en résulte la formation d'une batterie qui a pour force électro-motrice, la somme de toutes celles de tous les éléments de polarisation, formés par ces lames prises deux à deux. La force électro-motrice de chaque compartiment est égale à 4,46 éléments Daniell. Il en résulte que la force totale de l'appareil, qui se compose de 52 compartiments, est de 75 éléments Daniell.

La grandeur de l'appareil dépend de l'objet qu'on se propose. Pour des batteries de télégraphe, il suffit de donner aux lames 20 à 25 centimètres carrés de section. Cet appareil est employé dans la station télégraphique de Copenhague, et a été patenté dans la plupart des pays de l'Europe.

---

## CHIMIE.

M. HEBBERLING. BEITRAG ZUR. . . CONTRIBUTIONS A LA CONNAISSANCE ANALYTIQUE DU THALLIUM. (*Annalen der Chemie und Pharm.* t. CXXXIV, p. 11.)

L'auteur a déterminé l'équivalent du thallium, et cinq expériences très-concordantes lui ont donné en moyenne 203, 94

(H=1), ce qui se confond avec les résultats de M. Lamy et de M. Werther.

L'hydrogène sulfuré ne précipite pas une dissolution de protoxyde de thallium acidulée avec un acide fort ; le carbonate et l'acétate donnent lieu avec ce réactif à un dépôt noir qui se rassemble facilement ; le sulfate et le chlorure ne subissent qu'une décomposition partielle. Fait-on passer un courant d'hydrogène sulfuré dans une dissolution de sulfate de thallium, pas trop étendue et ne renfermant qu'une trace d'acide en excès, il se précipite aussitôt du sulfure noir cristallin dont la quantité est plus ou moins grande suivant la proportion d'acide libre. Le sulfure forme de petites paillettes brillantes qui paraissent au microscope affecter la forme de tétraèdres simples ou maclés. Lavés avec certaines précautions et séchés dans le vide, ces cristaux peuvent se conserver quelque temps sans s'oxyder ; leur formule est  $Tl_2S$ .

Les monosulfures d'ammonium et de potassium donnent aussi naissance à un dépôt soit rouge brun, soit noir.

Dans les dissolutions qui ne se sont pas trop étendues l'hyposulfite de soude produit un précipité blanc soluble dans l'eau bouillante.

Le sulfite de soude, les alcalis libres ou carbonatés, le phosphate de soude, le cyanoferride et le cyanoferrure de potassium et le borax ne précipitent pas les sels thalleux.

Avec le chromate et le bi-chromate de potasse on a, au contraire, un dépôt assez facilement soluble.

D'après M. Hebbeling, une partie de chlorure de thallium se dissout :

à	0°	10°	16°	100°
dans	529	480	577	65 parties d'eau.

Cette solubilité est encore moindre dans l'acide chlorhydrique.

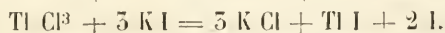
L'iode de thallium exige 11676 fois son poids d'eau à 17° pour se dissoudre, et seulement 804 fois à 100° ; M. Werther avait trouvé 11954 parties à 20°.

En opérant à 19°, il a fallu 18954 parties d'alcool au titre de 98° centésimaux pour en dissoudre une d'iodeure de thallium.

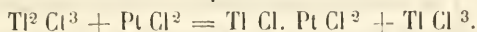
Dans la précipitation du thallium au moyen de l'iodeure de potassium, un excès de réactif ne présente pas d'inconvénients. La solubilité du bromure est moindre que celle du chlorure.

Une partie de chloroplatinate thalleux est soluble à + 15° dans 15 à 16000 parties d'eau.

Le sesqui- et le tri-chlorure de thallium sont généralement précipités par tous les réactifs qui viennent d'être énumérés. L'action de l'iodeure de potassium est accompagnée d'une élimination d'iode :



Le sesqui-chlorure est précipité seulement d'une manière partielle par le bi-chlorure de platine :



M. D.

M. LORIN. MODE DE RÉDUCTION DANS LES LIQUEURS NEUTRES. (*Compend. Acad. des sciences*, t. 60, p. 745).

On est souvent appelé à opérer la réduction partielle de substances organiques par l'hydrogène naissant. Ce gaz est produit soit par l'action de l'acide sulfurique étendu sur le zinc, soit par la décomposition de l'eau au moyen de l'amalgame de sodium. L'acidité du milieu, dans le premier cas, ou son alcalinité dans le second, peut avoir des inconvénients auxquels remédie le nouveau procédé proposé par M. Lorin, et qui se fonde sur la propriété suivante : Un sel ammoniac donne en général sous l'influence du zinc et de l'eau un dégagement d'hydrogène sensible déjà à la température ordinaire mais plus actif vers 40° et au dessus. Les sels de méthylamine, d'éthylamine, d'aniline et de naphthylamine se comportent de même. La quantité d'hydrogène produite paraît être fonction de l'équivalent de l'acide du sel. Ainsi 65 grammes (1 equiv.) de sulfate d'ammoniaque ont fourni plus de 12 litres (environ un equiv.) d'hydrogène.

L'action du fer se rapproche de celle du zinc, mais elle est moins intense.

Les meilleures conditions pour accélérer la production d'hydrogène sont le concours du zinc et du fer, de l'ammoniaque et d'un sel ammoniac ; on peut ainsi obtenir un litre de gaz en quelques minutes et pour peu que l'on élève la température, la réaction devient tumultueuse.

Le nitrate d'ammoniaque jouit d'un mode de décomposition exceptionnel ; en solution aqueuse assez étendue, il donne du protoxyde d'azote, à 50° environ. M. D.

---

D<sup>r</sup> BLONDLOT. RECHERCHES SUR LE PHOSPHORE NOIR. (*Comp. rend. Acad. des sciences*, t. 60 p. 830.)

L'auteur s'est attaché à reproduire la variété noire de phosphore cristallisable découverte par Thénard ; et il y est constamment arrivé de la manière suivante :

Le phosphore ordinaire est distillé pour en séparer le phosphore rouge qu'il peut contenir ; le produit recueilli dans le récipient est distillé de nouveau après avoir été soumis à l'insolation dans des tubes de verre. On répète l'opération jusqu'à ce que le produit refroidi très-lentement passe subitement au noir. Ce changement s'effectue communément de la manière suivante : lorsque la température est descendue à 44° environ, le phosphore se solidifie en une masse blanche ; puis quand après plusieurs heures l'eau du réfrigérant n'est plus qu'à 5 ou 6°, tout à coup, dans l'espace d'une seconde, il devient d'un beau noir. Une fois obtenu, le phosphore noir peut être fondu et distillé impunément. A l'état liquide il est incolore pour redevenir noir par un refroidissement très-lent et quelquefois aussi par un refroidissement très-brusque.

L'auteur pense que le type normal du phosphore est la variété noire, beaucoup plus stable que la blanche qui n'est que transitoire. M. D.

---



D. GERNEZ. SUR LA CRISTALLISATION DES DISSOLUTIONS SALINES SURSATURÉES ET SUR LA PRÉSENCE NORMALE DU SULFATE DE SOUDE DANS L'AIR. (*Comp. rend. Acad. des sciences*, t. 60, p. 855 et 1027.)

Les chimistes qui ont étudié le phénomène de la cristallisation des dissolutions sursaturées, ont fait intervenir, comme explication, tantôt la vapeur d'eau, tantôt l'air atmosphérique, ou bien une matière inconnue, ou encore un état particulier des vases de verre, ou enfin une force catalytique. Un ensemble d'expériences nombreuses et très-concluantes, conduit M. Gernez à admettre que la cristallisation du sulfate de soude est déterminée par le contact d'une parcelle de sulfate de soude à 10 équivalents d'eau effleuré ou non. Voici du reste les conclusions de ce chimiste :

1° *La cristallisation de la solution sursaturée du sulfate de soude est déterminée par la chute d'un corps solide.*

Les poussières des laboratoires produisent cet effet d'autant plus rapidement que leur chute dans le liquide est rendue plus facile. L'air qui a traversé du coton ou de l'amiante ne fait plus cristalliser. Une dissolution peut demeurer dans cet état si elle est renfermée dans un ballon à col sinueux.

2° *Le corps solide qui détermine la cristallisation est soluble dans l'eau.* La poussière lavée et séchée ne produit plus la solidification. Une dissolution sursaturée est demeurée intacte après avoir été traversée par 1500 litres d'air qui avait été lavé à l'eau distillée, etc.

3° *Le corps solide qui détermine la cristallisation perd sa propriété sous l'influence de la chaleur.*

4° *L'air qui fait cristalliser contient du sulfate de soude.*

L'eau distillée qui avait lavé les 1500 litres d'air ci-dessus précipitait abondamment par le chlorure de baryum et montrait au spectroscope la raie du sodium avec une intensité remarquable. Les poussières déposées même hors du laboratoire, donnent des eaux de lavage qui se comportent de la même manière.

M. Gernez a cherché si d'autres substances produiraient le même effet que le sulfate de soude ; sur deux cent-vingt produits convenablement purifiés aucun n'a provoqué la cristallisation de la solution sursaturée.

Aux sels connus depuis Læwig comme étant susceptibles de former des liqueurs sursaturées (sulfate, séléniate, acétate et carbonate de soude, sulfate de magnésie et alun de potasse), l'auteur ajoute les 20 suivants :

Phosphate, borate et hyposulfite de soude.

Arséniate de potasse.

Azotate, acétate, oxalate, phosphate et alun d'ammoniaque.

Sulfates ferreux, ferroso-ammonique, ammonico-magnésique, de zinc, zinc-magnésique, de cuivre, de glucine.

Azotate d'urane.

Bi-chlorure de cuivre.

Tartrate sodico-potassique.

Les dissolutions sursaturées de ces composés ont présenté les propriétés suivantes :

1° Elles cristallisent immédiatement au contact d'une parcelle infiniment petite de la matière dissoute ; la solidification est accompagnée d'un dégagement de chaleur quelquefois très-considérable.

2° A un certain degré de concentration, elles peuvent rester inaltérées à la température ordinaire si on a soin d'éviter les circonstances qui peuvent amener à la surface du liquide une parcelle de la matière dissoute.

3° Un certain nombre d'entr'elles abandonnent à la température ordinaire des cristaux d'un sel moins hydraté ; la plupart de ces dépôts sont transparents tant qu'ils sont baignés par la liqueur et deviennent progressivement blancs et opaques aussitôt que la solution sursaturée se prend en masse.

4° Lorsque ces substances ont été déshydratées, elles perdent la faculté de faire solidifier leur propre solution.

Les poussières de l'air pris dans diverses localités qui n'étaient

pas des laboratoires de chimie, ont été mises à agir sur quelques-unes des substances énumérées plus haut ; jusqu'ici elles paraissent ne faire cristalliser que le sulfate de sonde et le nitrate d'ammoniaque.

M. Violette annonce avoir obtenu des résultats qui, dans ce que leurs recherches ont eu de commun, confirment ceux de M. Gernez <sup>1</sup>.

M. D.

---

## II. DEBRAY. SUR LES CHLORURES DE TUNGSTÈNE. (*Compt. Rend. Acad. d. Sc.*, t. LX, p. 820.)

Je me suis occupé des chlorures de tungstène dans le but de déterminer la densité de leurs vapeurs. Cette étude m'a entraîné beaucoup plus loin que je ne pensais, et, quoiqu'elle ne soit pas encore complètement terminée, elle m'a néanmoins fourni déjà un certain nombre de résultats que je crois devoir signaler afin de prendre date pour mes recherches ultérieures.

1. Lorsqu'on fait passer un courant de chlore sec sur du tungstène chauffé au rouge sombre dans un tube de verre réfractaire on obtient des vapeurs d'un rouge intense qui se condensent en passant par l'état liquide en une masse de couleur gris foncé. Ce produit est un mélange de perchlore de tungstène  $WCl_6$  et de sous-chlore  $W_2Cl_5$  ( $W=92$ ,  $Cl=55.5$ ). Il faut le distiller dans un courant de chlore pour obtenir le perchlore de tungstène aussi pur que possible ; mais quoi qu'on fasse, on n'obtient jamais ce produit absolument exempt de sous-chlore. Toutefois la quantité de ce dernier corps est assez petite pour que la composition du corps n'en soit pas sensiblement altérée ; mais on peut avoir recours à des réactions très-nettes qui décèlent sa présence dans le perchlore. Il suffit de dissoudre ce corps dans la potasse pour obtenir un dégagement d'hydrogène (2 à 5 centimètres cubes pour 4 à 5 grammes de matière) ; l'ammoniaque

<sup>1</sup> Même recueil, même vol., p. 831 et 973.

dissout également le perchlorure en donnant une liqueur jaune qui se trouble bientôt et se décolore en laissant déposer de l'oxyde brun de tungstène. Avec l'ammoniaque, il se dégage seulement une trace de gaz. Si l'on se contente seulement de mettre le perchlorure distillé dans le chlore en contact avec de l'eau, il s'altère lentement, se transforme d'abord en une matière blanche, puis en acide tungstique jaune, sans que l'on ait vu à aucun moment la production de l'oxyde bleu de tungstène qui correspond au chlorure  $W^2 Cl^5$  : c'est que la plus petite quantité d'oxygène dissoute dans l'eau suffit à transformer l'oxyde en acide tungstique.

Lorsqu'au contraire on met au contact de l'eau le chlorure non distillé dans le chlore, la décomposition peut être instantanée, et dans tous les cas on obtient de l'oxyde bleu de tungstène mélangé d'une proportion plus ou moins notable d'acide tungstique.

Le perchlorure de tungstène offre donc, comme l'acide sulfurique monohydraté, l'exemple d'un corps se décomposant d'une manière sensible à la température de son ébullition, en donnant un produit dont la composition, quoique sensiblement constante dans des circonstances déterminées de pression<sup>1</sup>, ne peut s'exprimer par aucune formule équivalente simple.

II. Il existe deux oxychlorures de tungstène correspondant à l'acide tungstique : l'un, qui est rouge, a pour formule  $WOCl^2$ ; l'autre, d'un blanc légèrement jaunâtre, a pour symbole  $WO^2 Cl$ . On obtient d'ordinaire leur mélange en même temps que de l'acide tungstique, en faisant passer un courant de chlore sur l'oxyde  $WO^2$  anhydre, on les sépare ensuite par distillation, le chlorure rouge étant plus volatil que le blanc.

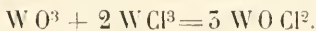
<sup>1</sup> Il n'est pas douteux que si l'on opérait la distillation de l'acide sulfurique ou du chlorure de tungstène sous des pressions très-variables, on obtiendrait des produits de composition également variable; c'est ce M. Roscoe a fait voir pour les hydrates des acides azotique et chlorhydrique.

J'obtiens facilement ces deux oxychlorures en distillant le perchlorure de tungstène avec de l'acide oxalique sec ou ordinaire en poids convenable. C'est, comme on le voit, le procédé que Gerhardt a employé autrefois pour préparer plus facilement l'oxychlorure de phosphore avec le perchlorure. L'oxychlorure rouge peut s'obtenir à l'état de pureté, mais, quel que soit d'ailleurs le procédé employé, on obtiendra toujours l'oxychlorure jaune mélangé d'acide tungstique ou d'oxychlorure rouge, parce que l'oxychlorure  $W O^2 Cl$  se décompose en grande partie, lorsqu'on le distille, en acide tungstique et oxychlorure rouge, comme le représente l'équation



C'est cette décomposition, observée par H. Rose, qui lui fit découvrir la véritable nature de l'oxychlorure jaune que l'on considérait avant lui comme étant le perchlorure de tungstène, parce que l'eau le transformait en acide tungstique<sup>1</sup>. C'est également à cause de cette propriété que l'on obtient le mélange des oxychlorures et de l'acide tungstique dans l'action du chlore sur l'oxyde de tungstène  $W O^2$ .

Il était important de rechercher s'il était possible d'obtenir les oxychlorures en chauffant le perchlorure de tungstène  $W Cl^3$  avec de l'acide tungstique *anhydre*. L'expérience montre que la combinaison des deux corps s'effectue même avec dégagement de chaleur. On a, par exemple,



Cette réaction présente au point de vue théorique un intérêt tout particulier<sup>2</sup> sur lequel il n'est pas nécessaire d'insister.

III. Je n'ai pu obtenir jusqu'ici, même approximativement, la

<sup>1</sup> *Annales de Chimie et de Physique*, 2<sup>e</sup> série, t. LXVI, p. 213.

<sup>2</sup> D'après M. Persoz, l'acide phosphorique anhydre et le perchlorure de phosphore se combinent aussi directement pour donner l'oxychlorure *Annales de Chimie et de Physique*, 4<sup>e</sup> série, t. 1<sup>er</sup>, p. 109).

densité de l'oxychlorure jaune ; sa facile décomposition a rendu toutes mes déterminations tellement incertaines, qu'il m'a été impossible d'en rien conclure. Il est au contraire très-facile de déterminer celle des deux autres chlorures, dans la vapeur de mercure ou de soufre, car le moins volatil des deux, le perchlore, distille vers 500 degrés.

Voici les résultats de mes expériences :

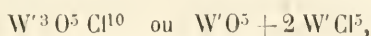
Perchlorure $WCl^3$ dans la vapeur de mercure.	$WCl^3$ dans la vapeur de soufre.
	1 <sup>re</sup> expérience... $D = 11,89$ ,
$D = 11,50$ .	2 <sup>e</sup> expérience... $D = 11,80$ ,
	3 <sup>e</sup> expérience... $D = 11,69$ .
Oxychlorure $W O Cl^2$ dans le mercure	$W O Cl^2$ dans la vap. de soufre.
	$D = 10,27$ .
1 <sup>re</sup> expérience... $D = 10,78$ .	
2 <sup>e</sup> expérience... $D = 10,70$ .	

Si l'on veut que la formule des corps corresponde toujours à 2 ou à 4 volumes de vapeurs, on trouve par un calcul bien simple : 1<sup>o</sup> que la densité théorique de la vapeur du chlorure  $WCl^3$  est  $D = 15,75$  dans l'hypothèse où le symbole  $WCl^3$  correspond à 2 volumes, et  $D = 6,875$  dans l'hypothèse où la formule correspondrait à 4 volumes ; 2<sup>o</sup> que la densité théorique du chlorure  $W O Cl^2$  est  $D = 11,86$  dans l'hypothèse des 2 volumes, et  $5,95$  dans celle de 4 volumes. Ces nombres, on le voit, sont bien différents de ceux fournis par l'expérience.

Si l'on admet avec M. Persoz que le perchlore de tungstène a pour formule  $W'Cl^5$  (en posant  $W' = \frac{5}{3}W$   $\frac{5}{3}O_2$  l'équivalent du chlorure devient les  $\frac{5}{3}$  de l'ancien équivalent, la nouvelle densité de vapeurs devient également les  $\frac{5}{3}$  de l'ancienne ; et si l'on suppose que  $W'Cl^5$  corresponde à 4 volumes de vapeurs, on a, pour la densité théorique de ce chlorure,  $D = 11,46$ , nombre peu différent de ceux donnés par l'expérience.

Mais il faut supposer que l'oxychlorure rouge a pour formule

$W^7 O^{\frac{5}{3}} Cl^{\frac{5}{3}}$ ; sa densité théorique de vapeurs, en supposant que cette formule corresponde à 4 volumes, est  $D=9,87$ , ce qui s'accorde assez bien avec les nombres donnés plus haut pour ce chlorure. Mais une telle formule est inacceptable dans les idées généralement reçues, et il convient de faire disparaître les exposants fractionnaires; il faut donc supposer que le chlorure rouge a pour formule



ce qui revient à admettre qu'il existe des corps dont la densité de vapeurs correspond à 12 volumes. Je signale cette difficulté sans chercher à la résoudre.

Je continue en ce moment mes recherches, et je me propose de les étendre aux chlorures du molybdènes.

## ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Dr BENCE JONES. SUR LA RAPIDITÉ DU PASSAGE DE CERTAINES SUBSTANCES CRISTALLOÏDES DANS LES TISSUS VASCULAIRES ET NON VASCULAIRES DU CORPS. (*Philosophical Magazine*, mai 1865.)

L'auteur s'est servi de l'analyse par le spectre pour chercher à suivre les traces de certaines substances dans leur passage du sang dans les différents tissus du corps. Ses expériences ont roulé principalement sur les cochons d'Inde, dans le corps desquels on ne trouve en général aucune trace de lithium. En faisant avaler à un de ces animaux pendant huit jours consécutifs un demi-grain de chlorure de lithium, il a été retrouvé des traces notables de cette substance dans tous les tissus du corps, même dans les tissus non vasculaires, tels que les cartilages, la cornée et le cristallin. L'auteur a fait une expérience comparative en tuant à la fois deux cochons d'Inde, dont l'un avait pris trois heures avant la mort 5 grains de chlorure de lithium, et dont l'autre n'en avait pas pris.

En brûlant tout d'une fois le cristallin de ce dernier, il n'a pas été trouvé la plus petite trace de lithium, tandis qu'une portion minime du cristallin du premier, de la grosseur de la 20<sup>e</sup> partie d'une tête d'épingle seulement, a accusé la présence de cette substance, laquelle avait évidemment pénétré jusque dans le centre du cristallin. Il en a été de même dans le cas d'un cochon d'Inde tué 4 heures après avoir pris le lithium.

Un autre cochon d'Inde, auquel l'auteur avait fait prendre 3 grains de chlorure de lithium, a été tué au bout de deux heures et quart. Dans ce cas, le cartilage de la hanche a fourni des traces légères, mais distinctes de lithium; les portions extérieures du cristallin en ont aussi fourni quelques traces, les parties intérieures aucune. La même dose de lithium ayant été donnée à un cochon plus jeune, qui fut tué après 52 minutes, on a retrouvé du lithium dans le cartilage de la hanche et dans l'humeur aqueuse. La portion extérieure du cristallin en contenait aussi, mais l'intérieur n'en a présenté que des traces à peine appréciables. Dans le cas d'un cochon plus âgé et plus gros, auquel on avait donné la même dose de chlorure de lithium, cette substance a été retrouvée au bout d'une heure dans les articulations de la hanche et du genou, mais en quantité très-faible. On en a trouvé une quantité notable dans l'humeur aqueuse, mais point du tout dans le cristallin.

Le chlorure de rubidium, administré en doses de 3 grains aux mêmes animaux, n'a pu être retrouvé dans aucun des tissus, probablement parce que l'analyse spectrale du rubidium n'accuse pas des quantités aussi faibles que dans le cas du lithium. Lorsqu'on en avait administré cependant jusqu'à 20 grains, il en a été retrouvé des traces dans le sang, le foie, les reins et aussi dans le cristallin lorsqu'on le brûlait tout entier à la fois.

Le Dr Jones ayant administré 15 grains de citrate de lithium à un malade trente-six heures avant la mort, et encore autant six heures avant la mort, a retrouvé cette substance en quantité sensible dans le cartilage de l'une des articulations, en quantité



à peine perceptible dans le sang et dans le cristallin. L'auteur s'attend à trouver du lithium dans le cristallin après l'opération de la cataracte, et dans le cordon ombilical après la naissance du fœtus.

---

DR ERNST EHLERS. LES ANNÉLIDES CHÉTOPODES D'APRÈS DES RECHERCHES SYSTÉMATIQUES ET ANATOMIQUES. (DIE BORSTENWÜRMER NACH SYSTEMATISCHEN UND ANATOMISCHEN UNTERSUCHUNGEN DARGESTELLT. 1. ABTH. in-4° Leipzig 1864. Engelmann).

Après un séjour fait à Fiume pendant l'été de 1862, M. Ehlers s'est trouvé riche de nombreuses observations zoologiques et anatomiques sur les Annélides chétopodes. Elles ont donné naissance à un ouvrage considérable, car la première partie que nous avons seule sous les yeux compte 270 pages et onze planches. Les observations sont faites évidemment avec une scrupuleuse exactitude et les planches renferment peut-être les plus beaux dessins d'Annélides jusqu'ici publiés.

Les nombreuses espèces nouvelles décrites par l'auteur, la riche moisson de faits anatomiques souvent nouveaux recueillis par lui méritent une attention spéciale, mais se prêtent malheureusement avec difficulté à une analyse. Il est permis cependant de relever comme au premier rang par leur importance les observations relatives aux organes générateurs. M. Ehlers est d'avis que les éléments sexuels se développent « non pas, comme on l'a cru jusqu'ici aux dépens d'un blastème disséminé dans la cavité périsvécérale, mais en certains points déterminés de la paroi de cette cavité, où leur production est liée à des organes ou permanents ou se développant à l'époque de la maturité sexuelle. »

M. Ehlers est en effet le premier qui ait formulé d'une manière aussi générale le mode de production première des éléments sexuels chez les Annélides polychètes. Le plus souvent les observateurs se sont contentés de signaler ces éléments flottant libre-

ment dans la cavité du corps, ce qui arrive en général, d'après l'opinion de M. Ehlers lui-même, à l'époque de la maturité de ces éléments. Mais on ne s'est, point exprimé, dans un grand nombre de cas, sur l'origine même de ces éléments. Toutefois nous croyons M. Ehlers dans l'erreur lorsqu'il semble attribuer à tous ses devanciers l'opinion que les éléments sexuels se développent aux dépens d'un blastème flottant dans le liquide périviscéral. Seul peut-être M. Leuckart a exprimé d'une manière positive cette opinion. Dans le petit nombre de cas où l'on s'est occupé du mode de production de ces éléments, on les a vus engendrés sur la paroi des segments ou des dissépiments et on les a décrits, de la même manière que M. Ehlers, comme se détachant plus tard de la paroi pour tomber dans la cavité périviscérale. Telles sont, par exemple, les conclusions de MM. Krohn, Carpenter et Claparède, Gegenbaur, etc. relativement aux Alciopes, aux Protules, aux Tomopteris<sup>1</sup>. Des auteurs plus anciens, tels que Rathke et d'autres, entretenaient déjà la même manière de voir. Il est vrai que les mêmes auteurs, dans une foule de cas, se sont contentés de mentionner les œufs et les zoospermes flottant dans la cavité périviscérale, parce que leurs observations s'étant bornées là et ne s'étant pas étendues jusqu'au mode même de production de ces éléments, ils ont préféré ne pas préjuger à la légère ce mode de production. Aujourd'hui, M. Ehlers, fort, paraît-il, d'un très-grand nombre d'observations, généralise ce mode et le formule comme une loi sans exception. C'est donc une conquête réelle, si l'avenir ne montre pas que cette généralisation est prématurée.

De même que plusieurs auteurs récents, M. Ehlers est d'avis

<sup>1</sup> Cf. Krohn, Zoologische u. anat. Bemerkungen über die Alciopen. Archiv. f. Naturg.-1845. p. 171— Carpenter et Claparède: Further Researches on Tomopteris onisciformis. Transactions of the Linnean Society 1860, p. 59.— Claparède, Beobachtungen über Anatomie und Entwicklungsgeschichte, 1863 p. 33. Gegenbaur, Grundzüge der vergl. Anatomie, 1859, p. 191, etc., etc.

que les éléments sexuels sont évacués de la cavité périsvécérale par les organes dits segmentaires. Il est certain qu'il a étudié ces organes chez les Annélides polychètes avec un grand soin et qu'il en a fait connaître plusieurs de formes singulières. Les plus curieux sont sans contredit ceux qu'il décrit chez les Polyoés, où ces organes débouchent à l'extérieur chacun par plusieurs ouvertures. Ce fait est très-exceptionnel et c'est chez les Tomoptéris seulement qu'on avait jusqu'ici constaté une double ouverture externe de l'organe segmentaire. Lorsque ces organes sont très-dilatés par les éléments sexuels qui s'y sont introduits après avoir flotté dans la cavité périsvécérale, on les a pris parfois pour des testicules ou des ovaires. Tel a été le cas, selon M. Ehlers, pour les Syllidés mâles. Nous rappelons à ce propos qu'on a décrit dans l'appendice caudal des Tomoptéris des testicules pleins de zoospermies et munis chacun de deux ouvertures, dont l'une communique avec l'extérieur et l'autre avec la cavité périsvécérale. Evidemment ces organes sont faciles à interpréter dans le sens de M. Ehlers, c'est-à-dire comme des organes segmentaires dilatés par la semence.

Le bel ouvrage de M. Ehlers a le tort d'être conçu sur un plan peu conséquent. Au lieu de se borner à la description des travaux de l'auteur, il a pris les allures d'un ouvrage général sur la classe des Annélides. Mais les forces ont manqué à l'auteur pour mener cet ouvrage général à bonne fin. Il consacre d'abord une cinquantaine de pages à l'histoire de la science et à l'analyse de nos connaissances actuelles sur les Annélides. Cette partie de l'ouvrage dans laquelle un petit nombre de faits nouveaux sont noyés dans la masse des faits généralement admis, figurerait très-bien en tête d'un traité comme celui que M. de Quatrefages se propose de publier. Mais la suite ne correspond pas à ce début, car M. Ehlers se borne en général à l'étude des espèces qu'il a rencontrées. Pour quelques familles seulement il reprend courage et hasarde un tableau complet des genres de la famille, tableau dont on chercherait vainement le pendant pour d'autres familles.

Ce défaut n'a sans doute pas grande importance. Cependant il nuit à la lecture de l'ouvrage. Dès que l'auteur avait renoncé à écrire un traité, il aurait dû épargner au lecteur le travail d'aller glaner péniblement quelques épis nouveaux dans ce champ immense de faits connus.

Les vues de M. Ehlers relatives à la classification des Annélides sont fort intéressantes. De tous les systèmes jusqu'ici proposés, c'est celui de Savigny qui lui paraît le plus naturel et nous pensons qu'il a raison. Il est certain que les *Annélides nereidæ*, *serpuleæ* et *lumbricinæ* du célèbre zoologiste répondent à trois types distincts d'Annélides chétopodes. Cependant, il est quelques genres qui ne trouvent bien leur place dans aucun de ces trois ordres. M. Ehlers s'est donc décidé à en établir un quatrième, celui des Ariciens, qu'il intercale entre l'ordre des Néréidiens et celui des Serpuliens. Cette classification nous paraît plus heureuse que celle de M. de Quatrefages et nous lui donnons sans hésiter la préférence. En effet l'ordre des Ariciens *Ehl.* renferme soit les Nériniens soit les Leucodorieniens que M. de Quatrefages sépare, ce nous semble, au mépris de toutes les affinités pour placer les uns parmi les Annélides errantes (Néréidiens *Ehl.*), les autres parmi les Annélides sédentaires (Serpuliens *Ehl.*).

Dans l'ordre des Néréidiens, M. Ehlers, distingue onze familles, toutes fort naturelles. La plupart ont déjà été établies par Savigny et M. Grube. Deux seulement sont nouvelles, celle des Chrysopétaliens et celle des Alciopiens, que M. de Quatrefages, dont la note est postérieure à la publication de M. Ehlers, a déjà adoptées. La famille des Chrysopétaliens comprend les Néréidiens munis de palées et correspond, par conséquent, à peu près exactement à la famille des Palmyracés de M. Kinberg. Mais comme M. Ehlers n'est pas d'accord avec ce dernier sur les caractères de la famille, il a cru devoir en changer le nom.

---

## BOTANIQUE.

MAX. WICHURA. DIE BASTARDBEFRUCHTUNG IM PFLANZENREICH, etc. L'HYBRIDISATION DANS LE RÈGNE VÉGÉTAL ÉTUDIÉE SUR LES SAULES. 1 br. in-4°. Breslau, 1865, 2 pl.

M. Wichura vient de livrer au public les résultats de sept années d'expériences sur les saules. Il s'était proposé de continuer et de mener à bonne fin les recherches entreprises avant lui par le Dr Wimmer sur des saules cultivés dans un jardin des environs de Breslau. M. Wichura partageait d'avance pleinement les vues de son prédécesseur sur la nature hybride de plusieurs saules spontanés et il pense être arrivé à une démonstration complète de cette opinion. Les saules étant dioïques se prêtent fort bien aux expériences d'hybridisation, et cela d'autant mieux que leur fécondation naturelle s'opère toujours par l'intermédiaire des insectes. Il suffit donc de protéger contre leur action les fleurs sur lesquelles on veut opérer. Pour cela M. Wichura a eu recours à un moyen fort simple, qui consiste à enfermer le rameau destiné à porter les fleurs femelles, avant même l'apparition de celles-ci, dans un manchon de tarlatane enflé au moyen de cercles de fil-de-fer placés à son intérieur, et suffisamment ample pour permettre au rameau de se développer librement pendant le temps voulu. Les fleurs femelles isolées par ce moyen sont demeurées stériles toutes les fois qu'elles n'ont pas été fécondées artificiellement. D'autre part, M. Wichura recueillait le pollen au moyen de pinceaux et plaçait celui de chaque espèce dans une boîte à part. Pour éviter toute chance de mélange, il avait soin de se servir toujours du même pinceau pour la même espèce. Enfin comme en plein air les abeilles ont coutume de se précipiter sur les anthères à mesure qu'elles s'ouvrent, M. Wichura était obligé de couper d'avance les rameaux mâles avant leur floraison et de les conserver quelque temps trempés dans l'eau jusqu'à leur maturité. Il est assez remarquable que chez les saules le pollen

conserve sa vitalité plus longtemps que les graines. Ainsi celui du *S. cinerea* L. était encore actif après un laps de 16 jours, tandis que les graines de presque toutes les espèces sont complètement mortes au bout de cinq à six jours.

M. Wichura ne s'est point contenté de produire des hybrides binaires, c'est-à-dire avec deux espèces seulement, mais il a croisé à leur tour ces hybrides binaires, soit avec d'autres espèces simples, soit avec leurs propres parents, et a obtenu ainsi ce qu'il appelle des hybrides ternaires. Ces derniers fécondés à leur tour de la même manière ont produit des hybrides quaternaires. On conçoit aisément qu'un hybride quaternaire peut aussi s'obtenir en fécondant deux hybrides binaires l'un par l'autre, et M. Wichura n'a pas négligé non plus ce moyen. Il est allé encore plus loin que les hybrides quaternaires et a même produit un hybride sextaire, c'est-à-dire un saule à la formation duquel six espèces différentes ont successivement concouru. Enfin il a même tenté, sans succès il est vrai, une combinaison de huit espèces différentes. En général ce sont les croisements binaires, c'est-à-dire les plus simples, qui ont réussi le moins souvent. Ce résultat tient, suivant M. Wichura, à ce qu'un grand nombre de ces hybridations avaient nécessairement lieu entre des espèces très-dissimilaires. Les espèces du genre saule semblent posséder à un haut degré la faculté de produire des hybrides d'ordres élevés. Ce n'est, paraît-il, que la stérilité croissante des produits qui met un terme à ces combinaisons et a empêché jusqu'ici d'obtenir les hybrides *octonaires*.

Dans le cas des saules les produits des hybrides fertiles fécondés par leur propre pollen conservent la forme hybride, et M. Wichura assure n'avoir observé aucun cas de *retour aux types primitifs*.

Cependant, bien que fertiles, les saules hybrides sont des êtres incomplets. Beaucoup trahissent déjà leur faiblesse par une végétation moins luxuriante et tous par une moins grande fécondité. Cette imperfection des hybrides se montre aussi dans l'irrégularité de

leur pollen. Entre le pollen entièrement homogène de certaines espèces pures et celui de certains hybrides qui ne contient presque point de grains de forme normale, on trouve du reste toutes sortes de degrés intermédiaires. M. Wichura a étudié en détail toutes les irrégularités que peut présenter le pollen des saules. Il a trouvé qu'en général les grains qui sont plus petits que la grosseur normale sont stériles. Voici quelques propositions qu'il pense avoir suffisamment établies :

1° L'irrégularité du pollen augmente chez les produits à mesure qu'on féconde un hybride avec son propre pollen.

2° Les hybrides d'espèces de saules très-éloignées ont un pollen plus irrégulier que celles d'espèces voisines.

3° L'irrégularité du pollen augmente avec le nombre d'espèces, qui concourent à un hybride.

Sous le rapport des formes, M. Wichura affirme que tous les hybrides qu'il a obtenus ont toujours été rigoureusement intermédiaires entre leurs parents, que ces derniers fussent des espèces pures ou des hybrides.

Suivant lui, quand on veut former un hybride avec deux espèces ou deux hybrides et se faire une idée de la nature du produit, on doit distinguer chez les individus qui servent de parents trois sortes de caractères :

1° Des caractères constants communs à ces deux individus, et qui passent en entier à l'hybride produit.

2° Des caractères constants qui distinguent les deux parents, et qui ne se retrouvent qu'à moitié dans le produit.

3° Enfin des caractères variables qui varient aussi dans le produit.

On peut citer l'exemple suivant : le *S. purpurea* a deux étamines dont les filaments et les anthères sont complètement soudés entre eux, tandis que ces organes sont entièrement libres dans toutes les autres espèces de saules d'Europe. Or si on produit une hybride du *S. purpurea* avec une autre de ces espèces, on obtient toujours des produits dont les filaments sont soudés jusqu'à mi-

hauteur. M. Wichura cite un grand nombre d'autres cas où la position des stigmates, la forme générale des feuilles, la pubescence, la nature de l'écorce, etc.... des deux parents se partagent rigoureusement par moitié dans leurs hybrides. Il rejette ainsi complètement l'opinion qui pensait que certaines espèces ont plus que d'autres la propriété de transmettre leurs caractères à leurs hybrides. Quant à l'influence relative du mâle et de la femelle sur le produit, M. Wichura pense avoir démontré que les deux éléments ont une part rigoureusement égale. Pour arriver à cette conclusion, il a opéré des hybridations inverses, c'est-à-dire qu'après s'être servi d'une espèce comme femelle et d'une autre comme mâle, il a produit un nouveau croisement avec ces deux mêmes espèces en prenant le mâle dans la première et la femelle dans la seconde. Or les produits de ces deux croisements inverses se sont toujours trouvés identiques. Il est clair que ce résultat ne peut s'expliquer qu'en admettant que le mâle et la femelle ont tous deux la même influence. D'autre part, pour ce qui est des caractères variables, toutes les observations de M. Wichura le conduisent à admettre, ainsi que l'avait déjà fait Gærtner, que c'est au pollen qu'appartient la plus grande faculté de produire des variétés. En général plus le pollen employé dans les hybridations est irrégulier, plus les variétés obtenues parmi les hybrides sont nombreuses.

Il existe dans la nature de 52 à 55 espèces de saules bien caractérisées et un beaucoup plus grand nombre d'hybrides spontanés. M. Wichura porte à 66 le nombre d'hybrides binaires dont la spontanéité a été bien constatée. Il y joint 9 hybrides ternaires également spontanées, mais il n'est pas convaincu de l'existence d'hybrides plus compliqués. Ces hybrides se distinguent des espèces pures non-seulement par leurs caractères intermédiaires, mais aussi par le plus petit nombre des individus qui représentent chacune d'elles. Plusieurs circonstances faciles à concevoir tendent continuellement à limiter le nombre des individus hybrides et à l'empêcher de dépasser jamais celui des es-



pèces pures. C'est d'abord le fait même que les caractères des hybrides sont intermédiaires entre ceux des parents, d'où il résulte qu'un hybride n'est jamais aussi bien adapté que ses parents aux circonstances extérieures. En général les hybrides étant des êtres incomplets, ne peuvent soutenir longtemps la lutte pour l'existence. Leurs ovaires moins féconds que ceux des espèces primitives, sont en outre plus facilement fécondés par le pollen des espèces parentes plus abondant et plus homogène que par leur propre pollen toujours irrégulier et dont une forte proportion est stérile. Cette dernière cause tend à ramener les hybrides aux espèces qui leur ont donné naissance. Le climat a aussi une grande influence sur la plus ou moins grande production des hybrides. Ils sont plus nombreux dans les pays de montagnes et dans le nord où le printemps très-court amène la floraison simultanée de beaucoup d'espèces différentes qui dans le sud et dans les plaines ne fleurissent que les unes après les autres. Ainsi les *S. caprea* et *S. pertandra*, qui aux environs de Breslau fleurissent à six semaines d'intervalle, ne fleurissent plus qu'à huit jours de distance en Laponie.

L'aire des hybrides est beaucoup limitée par la circonstance qu'elles ne peuvent naître que là où les espèces qui les produisent se trouvent toutes réunies. Ainsi l'hybride de deux espèces dont les aires sont très-inégaies ne saurait avoir une aire plus grande que celle de l'espèce qui a la plus petite aire. Par exemple, toutes les hybrides que les *S. cinerea*, *aurita*, *purpurea*, *daphnoïdès* forment avec le *S. incana* sont limités aux localités où ce dernier existe.

Enfin M. Wichura passe successivement en revue toutes les espèces de saules spontanées dans leur ordre systématique, en indiquant à propos de chacune d'elles les espèces avec lesquelles elle fournit des hybrides, ainsi que les localités où l'on rencontre ces hybrides.

Le mémoire se termine par quelques considérations générales sur la nature des hybrides que l'auteur compare aux plantes mo-

difiées par la culture. Ces dernières comme les hybrides sont des êtres incomplètement adaptés aux circonstances extérieures. Comme les hybrides, elles ont un pollen plus ou moins irrégulier qui donne facilement naissance à des variétés. M. Wichura croit pouvoir en conclure cette loi générale que : *une adaptation incomplète aux circonstances extérieures accroît la tendance de l'organisme à produire des variétés*. C'est, suivant lui, en vertu de cette tendance à se modifier dès que les circonstances extérieures deviennent défavorables, que les êtres se transforment et il croit pouvoir, au moyen de cette explication, se passer de la *sélection naturelle*.

Il est un peu à regretter que M. Wichura n'ait pas accompagné son mémoire d'un plus grand nombre de planches explicatives, sans lesquelles il est difficile de comprendre la portée de ses assertions.

---

THWAITES, directeur du Jardin botanique de Peradenia, SUR LA FLORE DE L'ILE DE CEYLAN.

M. Thwaites vient de terminer son ouvrage intitulé *Enumeratio plantarum Zeylanicæ*<sup>1</sup> par un aperçu de la flore de Ceylan, dont voici la traduction :

Les montagnes de la province du centre s'élèvent à 8500 pieds, et reçoivent, année moyenne, cent pouces de pluie. Le terrain bas, au midi de l'île, jouit d'un climat humide, d'une température très-égale et reçoit une quantité de pluie considérable, quoique moindre que celle des montagnes. La partie basse située au nord de l'île, séparée par les montagnes des pluies de la mousson sud-ouest, a une saison pluvieuse très-courte, et présente ordinairement une extrême sécheresse pendant le reste de l'année.

Le caractère de la végétation diffère, comme on peut le sup-

<sup>1</sup> Un volume in-8°, Londres, 1858 à 1864.

poser, selon ces diversités de climats. Sur les montagnes la flore ressemble beaucoup à celle des Néïlghiries ; dans la portion humide méridionale, elle se rapproche de celle de Sumatra et de la presqu'île malaïe ; enfin dans la partie sèche du nord elle est presque identique à la flore de la côte de Coromandel.

Les espèces indigènes énumérées dans notre ouvrage s'élèvent à 2852, savoir :

Dicotylédones.....	1959
Monocotylédones.....	648
Fougères, Lycopodiacées, Marsiléacées...	225

On a pris soin de ne pas multiplier outre mesure les espèces, car l'observation montre que l'étendue des variations est souvent considérable dans les plantes dont l'habitation est vaste. Il y a des exemples, dans les genres *Hortonia*, *Mappia*, *Turpinia*, *Evoynmus*, *Eheodendron* où les localités élevées produisent des formes ou variétés plus fortes et des fleurs plus grandes que la même près du bord de la mer. Ces formes ou variétés seraient probablement envisagées par quelques botanistes comme des espèces distinctes. Elles occupent, en réalité, ce terrain contestable où se trouvent les difficultés et les incertitudes connues des seuls botanistes pratiques, difficultés et incertitudes qui, dans l'opinion de plusieurs (et je suis du nombre) ne peuvent être résolues qu'en adoptant les idées de M. Darwin relativement aux rapports de formes voisines ou espèces descendues d'un ancêtre commun.

D'après la grande étendue de forêts qui a été convertie en plantations de café, il est presque certain que quelques espèces indigènes deviendront très-rares, ou disparaîtront, ou resteront seulement dans le jardin botanique. Le caractère envahissant, en outre, d'une espèce introduite il y a quarante années, contribue à changer l'aspect de la végétation à la hauteur de 5000 pieds au-dessus de la mer. Cette plante est le *Lantana miata* Linn., qui a trouvé à Ceylan un sol et un climat admirable-

ment adapté à sa manière de vivre, car elle couvre aujourd'hui des milliers d'acres de son épais feuillage. Elle prend possession des terrains dont la culture a été négligée ou abandonnée ; elle empêche la croissance d'autres espèces et détruit même les petits arbres en atteignant leur sommet au moyen de ses tiges à moitié grimpantes. Le fruit de ce *Lantana* est si agréable aux oiseaux qu'ils le répandent partout, de manière à étouffer par places les végétaux aborigènes.

Les *Brucea sumatrana*, *Crotalaria indica*, *Lagascea mollis*, *Cosmos candatus* et *Asclepias curascavica* se sont complètement naturalisés et sont devenus des mauvaises herbes dans la partie chaude de l'île.

À Nevera-Ellia quelques plantes étrangères, introduites avec les graines de prairies, se sont naturalisées. J'ai noté, par exemple, les *Cerastium vulgutum*, *Hypericum humifusum*, *Trifolium repens*, *Verbascum Thapstus*, *Stachys arvensis*, *Plantago lanceolata*, et *Dactylis glomerata*.

---

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MAI 1865.

---

- Le 1<sup>er</sup>, brouillard le matin de bonne heure jusqu'à 6 h. ; faible halo solaire à plusieurs reprises dans l'après-midi ; couronne lunaire dans la soirée.
- 3, halo solaire de 7 h. à 11 h. 45 m.
- 8, halo lunaire et couronne lunaire dans la soirée.
- 9, de 6 h. à 6 h. 45 m. du matin on voit les deux parhélies sur le halo ordinaire : ce dernier est visible vers 10 h. Quelques coups de tonnerre de 10 h. 45 m. à 11 h., avec un peu de pluie ; l'orage passe au NE. de l'Observatoire, allant de l'Est vers le Nord. Un peu plus tard, un second orage éclate vers midi ; tonnerres presque continuels de 11 h. 45 m. à midi 40 m. : maximum d'intensité à midi 5 m., direction du SSE. au N.
- 11, Le minimum de la température dans les 24 heures,  $+7^{\circ},3$ , a eu lieu entre midi et 1 h.
- 12, halo solaire de 10 h. 45 m. à 2 h. 45 m.
- 15, de 3 h. 45 m. à 4 h. 10 m. après-midi tonnerres au NO. : l'orage suit le Jura, en se dirigeant vers le Nord ; dans la soirée, de 6 h. 30 m. à 10 h., éclairs et tonnerres de tous les côtés de l'horizon. Le nuage orageux qui donne les décharges les plus fortes, accompagnées d'une forte averse, traverse la vallée dans la direction de l'ENE. à l'OSO., et se trouve au zénith à 7 h. 15 m.
- 17, brouillard le matin de bonne heure ; faible halo solaire de 10 h. à 4 h.
- 21, tonnerres du côté du Sud, de 2 h. 10 m. à 3 h. 25 m. ; toute la soirée éclairs du côté du Nord.
- 22, tonnerres de 1 h. 50 m. à 2 h. 15 m. après-midi ; l'orage passe du SO. à l'E. De 6 h. 45 m. à 7 h. 15 m. du soir, coup de vent du SSO. d'une violence extraordinaire.
- 23, éclairs de tous les côtés de l'horizon pendant toute la soirée.
- 24, éclairs et tonnerres depuis 9 h. 40 m. du soir jusqu'après 11 h. ; l'orage suit la direction de l'Ouest à l'Est et atteint sa plus grande intensité à 10 h. 50 m., moment où il passe au zénith.
- 26, 27, 28, 29, forte rosée le matin ; le 29 halo solaire de 8 h. à 8 h. 30 m. du matin et de 2 h. 15 m. à 2 h. 45 m. Les dernières traces de neige ont disparu du grand Salève. Couronne lunaire dans la soirée.
- 31, éclairs toute la soirée du côté de l'Ouest,

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 2, à 10 h matin...	731,88	Le 5, à 2 h. soir . . . .	726,83
6. à 10 h matin...	729,60	10, à 2 h. et 4 h. soir	716,90
12, à 6 h. et 10 h. mat.	729,01	15, à 6 h. soir . . . .	721,41
17, à 8 h. matin...	729,54	18, à 4 h. soir. . . . .	726,01
19, à 2 h. soir . . . .	730,84	21, à 4 h. soir. . . .	728,32
24, à 8 h. matin...	731,89	27, à 4 h. soir. . . . .	726,13
29, à 8 h. matin...	730,60		

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 midi
	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 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Mini-mum.	Maxi-mum.	Eau tomb. d. les 24 h.			Nombre.	Midi.	
1	726,08	+ 1,69	+13,10	+ 2,31	+ 6,9	+19,1	7,05	+0,42	616	- 71	400	1000	...	N.	1	0,64	13,5	43,7
2	731,23	+ 6,82	+14,61	+ 3,70	+ 6,4	+21,6	6,32	-1,58	533	-184	330	850	...	N.	1	0,01	14,2	43,8
3	730,31	+ 5,87	+16,16	+ 5,10	+ 6,9	+24,1	8,36	+1,58	614	-103	400	850	...	SSO.	1	0,36	13,8	44,2
4	728,89	+ 4,42	+17,23	+ 6,03	+ 9,8	+24,1	8,62	+1,77	603	-115	360	820	...	variable	1	0,32	13,1	44,3
5	727,79	+ 3,28	+16,87	+ 5,52	+ 8,0	+24,1	7,15	+0,23	521	-197	300	810	...	SO.	2	0,86	11,8	44,0
6	729,19	+ 4,64	+16,31	+ 4,82	+13,2	+22,1	9,24	+2,24	686	- 33	470	880	2,9	N.	1	0,99	10,0	44,0
7	728,02	+ 3,44	+16,50	+ 4,86	+12,5	+22,1	11,41	+4,34	813	+ 94	680	880	...	N.	1	0,83	...	44,2
8	725,20	+ 0,58	+17,83	+ 6,05	+14,5	+22,3	13,17	+6,02	858	-139	730	960	1,4	N.	1	0,71	14,9	44,8
9	720,77	+ 3,89	+16,60	+ 4,67	+13,5	+22,5	10,77	+3,55	764	+ 44	500	940	0,6	SO.	1	0,67	14,9	45,0
10	717,96	+ 6,74	+15,16	+ 3,09	+10,0	+22,0	6,72	-0,58	551	-169	270	710	...	SO.	3	0,60	...	45,5
11	724,07	+ 0,67	+12,06	+ 2,15	+ 7,3	+15,4	7,30	-0,08	815	+ 94	620	930	15,4	SSO.	2	0,91	14,1	45,5
12	728,13	+ 3,35	+12,07	+ 0,29	+ 4,4	+18,2	7,92	+0,47	743	+ 22	590	960	...	N.	1	0,67	7,9	45,8
13	728,01	+ 3,19	+14,47	+ 1,97	+10,0	+21,2	8,94	+1,41	741	+ 20	500	960	3,6	NNE.	1	0,40	7,8	46,0
14	726,11	+ 1,21	+15,88	+ 3,24	+ 8,4	+21,8	10,02	+2,41	747	+ 25	430	940	...	variable	1	0,54	...	46,0
15	723,40	+ 1,52	+16,45	+ 3,66	+13,0	+23,0	9,85	+2,16	727	+ 5	450	960	10,7	variable	4	0,87	13,1	46,0
16	725,26	+ 0,29	+12,61	+ 0,32	+ 9,8	+18,9	9,16	+1,39	855	-133	610	950	14,5	variable	9	0,71	12,9	46,0
17	728,42	+ 3,40	+13,35	+ 0,27	+ 5,6	+19,2	8,96	+1,11	773	+ 51	510	1000	...	N.	1	0,63	13,9	46,2
18	726,82	+ 1,75	+13,72	+ 0,50	+11,4	+18,1	10,36	+2,43	893	-171	730	930	7,6	N.	1	0,96	14,6	46,5
19	730,46	+ 5,34	+14,26	+ 0,90	+12,9	+17,0	9,56	+1,56	804	+ 81	630	980	...	N	2	0,77	14,9	46,5
20	729,73	+ 4,56	+15,00	+ 1,50	+10,3	+19,7	9,82	+1,74	766	+ 43	630	850	...	N.	1	0,60	15,6	46,5
21	729,51	+ 4,29	+16,85	+ 3,21	+12,0	+21,5	10,85	+2,65	748	+ 23	520	940	...	variable	1	0,62	...	46,7
22	730,00	+ 4,73	+16,14	+ 2,36	+11,0	+21,8	10,10	+1,92	746	+ 25	520	920	2,2	SSO.	2	0,71	15,9	47,0
23	729,89	+ 4,57	+17,24	+ 3,32	+10,8	+25,0	9,80	+1,50	681	- 42	70	900	...	SSO.	1	0,50	15,8	47,0
24	731,41	+ 6,04	+14,04	+ 0,01	+11,9	+18,0	10,72	+2,35	899	+176	800	990	16,8	SSO.	1	0,98	15,6	47,0
25	730,28	+ 4,85	+14,84	+ 0,65	+11,7	+20,3	8,05	-0,39	664	- 58	480	830	...	variable	1	0,36	...	47,2
26	728,04	+ 2,55	+14,86	+ 0,54	+ 7,2	+21,0	8,81	+0,30	702	- 20	460	870	...	N.	1	0,03	12,8	47,3
27	727,01	+ 1,47	+17,34	+ 2,89	+ 9,0	+24,2	8,69	+0,11	616	-106	230	900	...	N.	1	0,02	15,6	47,2
28	729,31	+ 3,74	+18,69	+ 4,10	+11,6	+25,6	12,17	+3,52	739	+ 18	540	880	...	NNE.	1	0,22	...	47,5
29	729,78	+ 4,13	+21,73	+ 7,01	+13,9	+28,6	11,25	+2,53	596	-125	380	820	...	SSO.	1	0,32	17,0	47,5
30	728,28	+ 2,57	+23,27	+ 8,41	+15,2	+28,5	10,51	+1,72	507	- 214	320	730	...	SO.	2	0,49	16,9	47,5
31	725,31	+ 0,46	+22,18	+ 7,19	+18,1	+28,9	11,69	+2,83	603	-117	430	760	0,3	variable	1	0,63	15,2	47,5

## MOYENNES DU MOIS DE MAI 1865.

	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,	727,33	727,36	727,11	726,54	725,82	725,43	725,44	726,13	726,52
2 <sup>e</sup> »	726,97	727,31	727,37	727,18	726,82	726,42	726,41	727,02	727,58
3 <sup>e</sup> »	729,63	729,75	729,54	729,01	728,42	727,98	727,79	728,33	728,71
Moi	728,03	728,20	728,06	727,62	727,07	726,66	726,59	727,20	727,64

<b>Température.</b>									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade	+12,00	+15,42	+18,06	+19,43	+21,01	+20,11	+18,61	+16,48	+15,08
2 <sup>e</sup> »	+11,53	+13,16	+15,40	+15,62	+17,14	+17,79	+16,11	+14,20	+12,99
3 <sup>e</sup> »	+14,18	+17,55	+19,85	+21,29	+22,18	+22,37	+21,32	+18,36	+16,14
Mois	+12,62	+15,45	+17,84	+18,86	+20,17	+20,16	+18,76	+16,41	+14,78

<b>Tension de la vapeur.</b>									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade,	8,80	9,17	9,15	9,13	8,65	9,20	8,79	8,91	8,41
2 <sup>e</sup> »	8,80	9,11	9,18	9,32	8,96	9,01	9,48	9,49	9,62
3 <sup>e</sup> »	10,13	10,87	10,79	10,52	10,37	9,85	9,57	9,96	10,38
Mois	9,27	9,75	9,74	9,68	9,36	9,37	9,29	9,47	9,50

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>									
1 <sup>re</sup> décade,	833	709	589	549	477	531	551	636	649
2 <sup>e</sup> »	878	814	698	701	638	601	694	788	860
3 <sup>e</sup> »	840	725	636	565	535	501	511	651	764
Mois	850	748	641	604	550	544	584	690	758

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	p.
1 <sup>re</sup> décade,	+10,17	+22,40	0,60	13,27	4,9	44,35
2 <sup>e</sup> »	+9,31	+19,55	0,71	12,76	51,8	46,10
3 <sup>e</sup> »	+12,04	+24,17	0,44	15,60	19,3	47,22
Mois	+10,55	+22,11	0,58	13,83	76,0	45,93

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 0,83 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 70°, 0 O. et son intensité est égale à 22 sur 100.



TABLEAU  
DES  
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1865.

---

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.	MINIMUM.
mm	mm
Le 2, à 10 h. soir.... 570,28	Le 4, à 4 h. soir.... 569,32
6, à midi..... 570,82	10, à 6 h. soir.... 559,17
13. à 10 h. soir..... 568,33	15, à 10 h. soir.... 562,58
17, à 10 h. soir..... 568,35	18, à 8 h. soir... 566,23
21, à 10 h. soir.... 570,95	26, à 6 h. matin.. 566,75
29, à 10 h. matin.. 572,30	

---

Jours du mois.	Baromètre.				Température, C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum.	Maximum.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures		
1	564,36	+ 2,19	562,74	566,28	+ 0,15	+ 1,96	- 2,7	+ 4,1	.....	.....	.....	NE. 1	0,61
2	569,35	- 7,09	567,92	570,28	+ 2,60	- 4,27	- 1,0	+ 6,3	.....	.....	.....	variable	0,47
3	569,71	- 7,36	569,43	570,24	+ 3,14	- 4,67	+ 0,2	+ 6,9	.....	.....	.....	variable	0,33
4	569,74	- 7,30	569,32	570,12	+ 2,44	- 3,82	+ 0,5	+ 5,3	.....	.....	.....	SO. 1	0,83
5	570,15	- 7,62	569,44	570,77	+ 2,75	+ 3,99	+ 0,9	+ 5,2	.....	.....	.....	SO. 1	0,92
6	570,46	- 7,83	570,11	570,82	+ 2,77	+ 3,86	+ 1,7	+ 4,0	.....	5,8	6	SO. 1	1,00
7	569,80	- 7,08	569,16	570,34	+ 3,65	- 5,60	+ 2,7	+ 10,8	.....	11,3	10	variable	0,94
8	568,89	- 6,07	568,24	570,31	+ 4,64	- 5,44	+ 3,7	+ 8,3	.....	.....	.....	SO. 1	1,00
9	563,67	+ 0,76	562,49	565,19	+ 1,95	- 2,61	+ 1,5	+ 4,2	.....	.....	.....	SO. 2	0,96
10	559,38	- 3,63	559,17	559,54	+ 0,92	+ 0,74	- 0,5	+ 2,2	.....	.....	.....	SO. 1	0,82
11	561,77	- 1,34	559,44	564,46	+ 2,01	- 1,63	- 3,0	+ 1,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,58
12	566,69	- 3,48	566,03	567,20	+ 0,65	+ 0,92	- 1,0	+ 3,6	.....	.....	.....	SO. 1	0,82
13	566,72	- 3,41	565,52	568,33	+ 2,41	- 2,51	+ 0,9	+ 4,8	.....	.....	.....	SO. 1	0,57
14	567,67	- 4,26	567,29	567,99	+ 4,78	- 4,74	+ 2,9	+ 6,8	.....	.....	.....	SO. 1	1,00
15	565,08	+ 1,57	562,53	566,47	+ 2,23	+ 2,05	+ 1,9	+ 3,6	.....	19,2	8	SO. 2	0,81
16	563,53	- 0,08	562,96	564,68	+ 0,35	+ 0,03	- 1,4	+ 4,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,10
17	567,37	- 3,66	566,47	568,35	+ 4,24	- 3,78	- 1,3	+ 8,8	.....	2,1	3	NE. 2	0,91
18	566,99	- 3,18	566,65	567,65	+ 0,08	- 0,52	+ 0,0	+ 1,2	.....	7,8	5	SO. 1	1,00
19	567,60	- 3,69	566,33	568,63	+ 0,10	+ 0,64	+ 0,0	+ 1,7	.....	56,2	9	NE. 2	0,93
20	569,19	- 5,18	568,54	569,90	+ 1,24	+ 0,36	+ 0,0	+ 3,8	.....	.....	.....	SO. 1	0,90
21	570,23	- 6,11	569,78	570,95	+ 0,50	- 0,52	+ 0,0	+ 2,1	.....	12,3	5	SO. 1	0,79
22	570,47	- 6,25	570,13	570,85	+ 0,80	- 0,35	+ 0,4	+ 2,2	.....	6,4	3	SO. 1	0,31
23	570,30	- 5,98	570,02	570,64	+ 2,79	+ 1,50	+ 0,0	+ 6,2	.....	.....	.....	SO. 1	1,00
24	569,50	- 5,08	568,98	570,08	+ 0,48	- 0,94	+ 0,1	+ 1,8	.....	7,0	4	SO. 1	0,88
25	567,49	- 2,97	567,27	567,82	+ 0,38	- 1,17	- 0,6	+ 3,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,22
26	567,32	- 2,69	566,75	567,98	+ 3,92	- 2,24	- 0,3	+ 7,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,01
27	568,43	- 3,69	567,39	569,54	+ 8,02	- 6,21	+ 4,0	+ 12,7	.....	.....	.....	NE. 1	0,26
28	571,18	- 6,34	570,14	572,14	+ 7,85	- 5,91	+ 3,9	+ 11,8	.....	.....	.....	NE. 1	0,11
29	572,05	- 7,10	571,91	572,30	+ 8,99	- 6,92	+ 5,9	+ 13,5	.....	.....	.....	calme	0,24
30	571,17	- 6,12	570,73	571,60	+ 9,72	- 7,52	+ 5,9	+ 12,9	.....	.....	.....	SO. 1	0,22
31	568,64	- 3,49	567,74	569,51	+ 10,28	- 7,96	+ 6,7	+ 13,5	.....	.....	.....	SO. 1	0,51

\* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètres étant hors de service.

# MOYENNES DU MOIS DE MAI 1865.

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

## Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade,	567,28	567,59	567,61	567,68	567,40	567,67	567,48	567,75	567,84
2 <sup>e</sup> »	565,72	565,91	566,21	566,33	566,29	566,31	566,50	566,72	566,70
3 <sup>e</sup> »	569,51	569,66	569,82	569,85	569,71	569,69	569,62	569,86	569,97
Mois	567,57	567,78	567,94	568,01	567,84	567,95	567,92	568,17	568,23

## Température

1 <sup>re</sup> décade,	+ 1,27	+ 2,40	+ 2,89	+ 4,43	+ 5,21	+ 4,80	+ 3,76	+ 2,30	+ 1,86
2 <sup>e</sup> »	+ 0,44	+ 1,90	+ 2,22	+ 3,17	+ 3,78	+ 2,81	+ 2,14	+ 0,96	+ 0,58
3 <sup>e</sup> »	+ 2,67	+ 4,62	+ 5,95	+ 7,03	+ 7,49	+ 7,28	+ 6,05	+ 4,22	+ 3,96
Mois	+ 1,50	+ 3,03	+ 3,76	+ 4,95	+ 5,56	+ 5,04	+ 4,05	+ 2,55	+ 2,19

	Min. observé. <sup>†</sup>	Max. observé. <sup>†</sup>	Clarté moy. du ie.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade,	+ 0,70	+ 5,73	0,79	17,1	—
2 <sup>e</sup> »	— 0,28	+ 3,93	0,76	85,3	200
3 <sup>e</sup> »	+ 2,34	+ 7,88	0,41	25,7	—
Mois	+ 0,97	+ 5,91	0,65	128,1	200

Dans ce mois, l'air a été calme 21 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,57 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45°O., et son intensité est égale à 24 sur 100.

<sup>†</sup> Voir la note du tableau.



LES  
DÉCOUVERTES SPECTROSCOPIQUES

DANS LEURS RAPPORTS AVEC LA RECHERCHE DE LA NATURE DES  
CORPS CÉLESTES

{ LE SCOPERTE SPETTROSCOPICHE, ETC. . . }

PAR

LE PÈRE ANGELO SECCHI.

Discours lu à l'Académie Pontificale Tibérine, le 6 mars 1865.

Brochure in-8° de 25 pages, extraite du t. 41 du  
*Giornale Arcadico*, Rome 1865.

---

Le discours dont je viens de transcrire le titre, me paraît présenter un résumé fort intéressant des récentes et importantes recherches auxquelles il se rapporte. Le Père Secchi, célèbre directeur actuel de l'observatoire du Collège romain, a pris lui-même une part notable à ces recherches, et il était très-bien placé pour en faire une exposition élémentaire. Comme il n'en a pas été rendu encore un compte circonstancié dans nos *Archives*, il m'a paru qu'une traduction à peu près complète de ce discours y trouverait convenablement sa place. Quelques personnes pourront en regarder certaines conclusions, quoique présentées avec bien de la réserve, comme étant un peu prématurées et ayant besoin de confirmation : mais il n'en est pas moins très-remarquable qu'on soit

parvenu, en si peu de temps, à affirmer avec un certain degré de probabilité et d'après des expériences positives, que diverses substances terrestres bien connues, telles que les métaux et les gaz, existent aussi dans le soleil et les planètes, et même dans les étoiles fixes et les nébuleuses, et qu'on ait déjà énuméré celles qui se trouvent et celles qui manquent dans chacun de ces corps célestes. C'est un de ces cas nombreux de la science, dans ses admirables développements actuels, où une branche spéciale de nos connaissances fournit un très-précieux secours à une autre branche, d'une manière tout à fait inattendue. Je reproduirai maintenant les paroles du P. Secchi lui-même, en les accompagnant de quelques-unes des notes qu'il a jointes à son discours.

ALFRED GAUTIER.

Quelque sublime que soit l'élan de la science astronomique moderne, et quelque admiration que ses progrès aient justement excitée, elle ne pouvait guère se glorifier d'avoir reconnu autre chose que les lois du mouvement des corps célestes. Leurs orbites, leurs masses et leurs distances relatives avaient formé jusqu'à présent le seul héritage et l'unique but de l'astronome. Il n'aspirait pas à d'autre, et il l'a atteint d'une manière éminente.

Ce n'était pas tout cependant. La nature de ces corps immenses, circulant au-dessus de nos têtes, et leur structure physique n'étaient pas moins importantes à étudier pour acquérir la connaissance de l'univers : mais tout accès paraissait fermé jusqu'à présent pour atteindre ce but, et l'on devait confesser son ignorance sur la matière qui formait les étoiles, sur les éléments de l'atmosphère des planètes, et sur ce qui rendait lumineux l'astre du jour.

Une découverte nouvelle vient d'ouvrir un vaste horizon, qui finira un jour par nous révéler la nature physique des astres et le genre de matière dont ils se composent. Cette découverte est la spectroscopie, et ses applications dues à MM. Kirchhoff et Bunsen.

La base de leur invention est la recherche de la nature d'une substance, d'après la lumière qu'elle émet pendant sa combustion. Pour en donner une idée, je me servirai d'une comparaison bien connue et très-appropriée à ce but. Nous voyons et admirons tous les prodiges de l'art pyrotechnique, porté à Rome à une grande perfection, et il suffit d'un œil médiocrement exercé pour déterminer la substance qui brûle dans chacune des étincelles d'un feu d'artifice. Le rouge provient de la strontiane, le vert du bore, le bleu du cuivre, le blanc de l'arsenic ou de l'antimoine, le jaune de la soude ou du fer. La même méthode, employée avec précision, peut s'étendre à toutes les lumières.

Le procédé suivi par les physiciens pour transformer un indice un peu vague en un *criterium* exact et précis, est l'emploi du *spectroscope*. Cet instrument consiste en un ou plusieurs prismes de cristal très-pur, à travers lesquels on regarde, avec une lunette, un filet de lumière extrêmement mince. Le filet de lumière est formé par une fente très-étroite, éclairée et placée à grande distance, ou, pour plus de commodité, placée au foyer principal d'un second objectif, qui constitue ainsi une seconde lunette.

L'origine de cet instrument remonte à Fraunhofer, qui en fit usage en 1822 pour analyser diverses lumières, et découvrit ainsi dans le spectre solaire des lacunes noires, appelées depuis les *raies* de Fraunhofer, et désignées par

lui d'après les lettres de l'alphabet. Sa méthode, qui requérait une chambre disposée tout exprès, était incommode, et M. le professeur Zantedeschi l'a fort améliorée, en mettant le prisme entre deux objectifs, au foyer de l'un desquels se trouve la fente, tandis que l'image est au foyer de l'autre. A la forme actuelle sont joints divers accessoires, pour les mesures nécessaires des grandeurs et pour la position des raies.

Toutes les lumières, vues à travers cet instrument, sont infiniment mieux décomposées qu'elles ne le seraient par le simple prisme de Newton; la finesse et la netteté de la ligne lumineuse y sont surprenantes. L'image de la fente s'y étend suivant la réfrangibilité variable du rayon, ou suivant la longueur variable de l'onde lumineuse qui le constitue. La ligne colorée formée ainsi occupe une place déterminée dans le champ de vision, constante pour la même substance et qui devient lumineuse dans les mêmes circonstances. Mais les raies varient d'une substance à l'autre, et la même substance donne lieu aussi à des diversités de raies, quand les températures sont différentes. Si, par exemple, on met un peu de sel commun dans une flamme d'alcool, on voit dans le spectroscopie une raie jaune brillante, qui caractérise le sodium, et toutes les autres couleurs manquent; si on y met de la lithine, on a une ligne unique rougeâtre; si c'est du thallium, on en a une d'un vert pur, etc.

Ces flammes sont appelées *monochromatiques*, et leurs caractères sont si précis que plusieurs nouveaux métaux, tels que le thallium, le césium, le rutilium, l'indium, etc., ont été découverts par les lignes nouvelles, inconnues auparavant, que leur combustion faisait voir dans le spec-



troscopie. D'autres substances donnent des lignes multiples. La strontiane donne un magnifique groupe rouge, avec une raie bleue de couleur vive. Le cuivre produit du rouge, du vert, et un magnifique violet. L'acide borique donne plusieurs zones vertes et bleues et une orangée. Les éléments de ces couleurs se manifestent déjà à l'œil nu dans ces flammes colorées. On peut observer directement ces spectres en brûlant le métal, ainsi que cela se pratique pour la combustion du magnésium, qui a maintenant tant d'application en photographie ; mais la manière la plus belle et la plus commode d'examiner ces lumières est d'employer l'étincelle électrique, en la tirant de divers métaux, ce qui donne lieu à des phénomènes surprenants que je ne puis décrire ici. Je dirai seulement que ces spectres, au lieu d'être continus, pour ainsi dire, comme le spectre solaire, sont formés de bandes lumineuses, séparées par divers intervalles obscurs, et que les raies lumineuses varient d'une substance à l'autre. Le magnésium donne lieu à trois magnifiques groupes, l'un rouge, l'autre bleu et le troisième vert. Le cuivre a un groupe vert, un rouge, plusieurs violets, etc. J'ai déjà décrit, en 1852, plusieurs de ces groupes, dans le journal publié par M. Matteucci sous le nom de *Nuovo cimento* ; j'ai montré alors le grand avantage que pouvait tirer l'astronomie de la comparaison de ces lumières avec les teintes diverses des étoiles, et j'en ai fait quelques applications.

Après avoir donné une idée générale de ce nouveau mode d'observation, nous passons maintenant aux résultats obtenus, en tant qu'ils peuvent nous guider dans l'étude des astres.

La première chose, mise hors de doute, est que les corps purement incandescens, à l'état solide, liquide, ou en atténuation quelconque, ne donnent pas des raies lumineuses séparées, mais ont un spectre continu. Ainsi les charbons et les métaux incandescents ne produisent pas de bandes. La flamme d'un gaz ou de l'huile donne un spectre continu, parce que leur lumière provient de la simple incandescence de particules de charbon volatilisé.

La seconde chose fondamentale, est que ces raies naissent partout où une substance entre en une vraie combinaison chimique. Ainsi, à la base de la flamme d'une chandelle, la lumière azurée est décomposée par le spectroscope en groupes de lignes distinctes, parce que c'est là que se fait la combustion la plus vigoureuse, et c'est là que se trouvent les raies de l'oxyde de carbone. Dans un flambeau de cire, où brûle le coton d'une mèche, et dans la flamme du bois ordinaire, on obtient la raie du sodium, parce que ce métal s'y oxyde pour faire partie de la cendre.

La troisième chose est que les vapeurs et gaz divers absorbent aussi diversement les rayons lumineux. On peut produire ainsi des raies obscures dans un spectre continu, si la lumière s'infiltré à travers certaines substances, telles que la vapeur d'iode et l'acide nitreux.

Enfin, on a trouvé qu'une substance donnée absorbe les mêmes rayons qu'elle émettrait si elle était à l'état lumineux. Ainsi le sodium, qui émet une lumière jaune si caractéristique, s'il est à l'état de vapeur, placé entre la source lumineuse et le prisme, absorbe ces mêmes rayons et produit dans le spectre une lacune noire. Ce fait observé par M. L. Foucault sur la lumière électrique, avec la lampe à chlorure de sodium, a été l'origine du

*renversement* des spectres, que nous trouverons si fécond en astronomie.

La raison de tous ces faits est assez évidente, d'après la théorie moderne de la chaleur. Tout corps chaud est un corps vibrant, qui provoque des ondulations dans l'éther environnant, et celles-ci sont de longueur diverse suivant le temps que l'éther emploie à faire ses oscillations. Ce temps dépend de la masse des molécules oscillantes et de la pression qu'éprouve l'éther. Les corps solides ou liquides, simplement incandescents, sont sujets à des actions moléculaires, qui lient leurs mouvements et en contrarient ainsi les vibrations; de même que les corps sonores, dont les vibrations sont contrariées par des obstacles voisins, émettent, au lieu de sons harmoniques, des bruits qui sont des mélanges de plusieurs sons de tous les tons contemporains. Mais quand la molécule se débarrasse de ces liens, comme cela résulte toujours des combinaisons chimiques, elle vibre alors librement par elle-même, et produit des ondes régulières et de longueur définie, d'après sa masse et la pression du milieu qui l'entoure. C'est pour cela que toutes les substances, dans l'acte de leur combinaison, émettent des spectres définis d'un petit nombre de lignes. M. Heinrich a trouvé, en effet, que les groupes de lignes spectrales, auxquelles donnent lieu diverses substances, sont toujours formés d'ondes telles que l'une est en rapport multiple très-simple avec l'autre, double, triple, etc.; de même qu'en acoustique, les sons harmoniques simultanés d'un corps sonore comprennent, outre le son principal, la tierce, la quinte et l'octave.

L'absorption des substances, selon un certain mode électif, dépend aussi de la même propriété. Comme chacune

d'elles vibre selon un mode et un ton qui lui sont propres, il s'ensuit qu'elle ne prendra facilement que le mouvement consonant au sien, comme cela arrive à une série de cordes tendues de manière à rendre divers sons dans une harpe ou un piano, qui ne répondent à un son étranger que par celui en accord avec la vibration qui les frappe. Mais en se mettant en mouvement, elles absorbent la force vive du milieu excitant, qui est ainsi réduit au repos; il en est de même du mouvement de l'éther dans le cas que nous considérons, qui absorbe les lumières mêmes que les corps émettraient s'ils étaient en état de vibration<sup>1</sup>.

Les lois de cette absorption sont de très-grande importance dans l'étude des corps célestes, parce que nous sommes plongés dans une atmosphère qui a la faculté d'absorber ces rayons, et c'est par là que nous devons commencer. Une observation, même superficielle, fait voir que le spectre solaire est assez différent quand le soleil est élevé, ou quand il est bas et près de l'horizon. La diversité se manifeste principalement, dans le spectroscopie, par l'élargissement, près de l'horizon, de plusieurs raies très-minces et à peine visibles par un soleil élevé, et par la formation de quelques autres qui ne se voyaient pas auparavant. De telles raies se multiplient tellement

<sup>1</sup> Je dois renvoyer au chap. 2 de mon ouvrage *Sur l'unité des forces physiques*, les personnes qui désireraient une analyse plus étendue de ces phénomènes. Les études ultérieures sur la dissociation de M. Henri Deville, et l'application que M. Faye en a faite à la chaleur solaire, ont bien confirmé la théorie exposée dans cet ouvrage. Les phénomènes du vide opéré par les seuls courants d'air, décrits par Gerhardt, prouvent la vérité des principes d'après lesquels j'ai cherché à expliquer les attractions magnétiques

dans quelques parties du rouge, du jaune et du vert, qu'elles produisent de vraies zones noires visibles très-facilement<sup>1</sup>. Ces raies proviennent en partie des gaz composant notre atmosphère, mais surtout de la vapeur aqueuse. Dans les jours humides et vaporeux, et quand il pleut, ces zones apparaissent à une plus grande hauteur du soleil que dans les jours sereins, et elles se voient tout le jour dans les étés nébuleux.

L'étude de notre atmosphère nous met sur la voie d'examiner celle des autres planètes. Cet examen amène à des conclusions assez diverses pour chacune d'elles. Vénus et Mars présentent des traces d'absorption comme la terre, et manifestent des raies dans la portion rouge et jaune du spectre. Ces raies sont plus fortes près des bords de leurs disques que vers leur centre, et cela démontre qu'il y a là une atmosphère. L'absorption est énorme pour Jupiter et Saturne. La plus grande force absorbante se voit pour Jupiter dans le rouge et le jaune ; il y a encore des zones obscures dans le vert, surtout près des bords. Les zones de rouge ne coïncident pas exactement avec les plus visibles du spectre solaire ; celle qui s'en rapproche le plus est celle désignée par la lettre C<sup>6</sup>, que le soleil nous montre la plus forte dans les jours sombres. Cela prouve que cette planète a une atmosphère dense, qui diffère en partie de la nôtre, et dans laquelle domine probablement la vapeur d'eau. La chose est en-

<sup>1</sup> M. Zantedeschi, puis MM. Gladstone et Brewster ont constaté ces diversités, et M. Janssen l'a fait aussi avec de plus puissants instruments. Les zones qui se forment sont plus sensibles près des raies A, B, C, D de Fraunhofer, et des secondaires C<sup>6</sup> et δ de Brewster. Voy. la 2<sup>de</sup> année du *Bulletin météorologique* de l'observatoire du Collège romain.

core plus marquée pour Saturne, et il y a une notable diversité entre l'anneau et le corps de la planète.

La lune ne nous montre que les raies solaires, ce qui confirme l'opinion déjà établie par d'autres moyens, qu'elle manque d'une atmosphère assez dense pour être sensible.

Les recherches relatives au soleil présentaient un champ immense, difficile à exploiter, et qui devait être le triomphe de la science. Le spectre solaire nous présente, en effet, une infinité de raies lumineuses et obscures, et il fallait d'abord déterminer : 1<sup>o</sup> à quelle substance chimique à nous connue correspond chaque ligne ; 2<sup>o</sup> si nous devons juger de la présence des substances dans le soleil d'après les raies lumineuses, comme nous le faisons pour les flammes et les étincelles électriques, ou d'après les raies obscures, comme cela a lieu pour les planètes.

La première de ces études a été commencée et admirablement avancée par M. Kirchhoff. Il a doté la science d'une table surprenante, où sont indiquées toutes les raies lumineuses et obscures du soleil, ainsi que celles des corps élémentaires les plus connus ; travail immense, qui a presque coûté à son auteur le sacrifice de sa vue. Il en a compté 14000, mais il en existe beaucoup plus, et elles se multiplient à mesure que la puissance des instruments augmente, de même que le nombre des étoiles dans les groupes stellaires. Ainsi la raie *D* a été d'abord estimée simple, puis double, triple, quintuple, et elle est réellement composée de 9 raies, dont 7 sont situées entre les deux principales. La confrontation de ces raies avec celles des matières élémentaires est un énorme travail, qui ne s'épuisera pas facilement, parce

que nous ne les connaissons pas toutes, et que de plus on a constaté que diverses combinaisons donnent souvent des raies différentes de celles des substances composantes. On peut donc regarder cette branche de la science comme étant à peine ouverte, et comme offrant encore un très-vaste champ de recherches.

Tout cela n'est qu'un travail préparatoire, relativement à la nature du soleil, et il reste à établir le second point indiqué ci-dessus. Or les autres découvertes faites sur le soleil nous permettent heureusement de décider en grande partie cette question. Elles nous ont démontré qu'il est environné d'une très-vaste atmosphère, dont la hauteur est de 10 à 12 diamètres du globe terrestre. Cette atmosphère est nécessairement douée d'une énorme force absorbante, et ce qui le prouve, c'est la forte diminution de chaleur et de lumière qui existe entre le centre et les bords du disque<sup>1</sup>. Il est certain, d'après cela, que nous ne nous tromperons pas en admettant l'absorption comme *criterium*.

En second lieu, la photosphère solaire lumineuse est formée certainement d'une matière mobile, dans un état analogue à celui de nos nuages, des vapeurs dites vésiculaires, et des particules de glace, qui étant réellement

<sup>1</sup> Je l'ai démontré depuis 1851, tant pour la température, au moyen du thermomultiplicateur de Melloni, que pour l'action chimique, en opérant sur le daguerréotype à lame d'argent, qui était le seul procédé photographique en usage alors. M. Bunsen a confirmé maintenant ce qui concerne l'action chimique. Quant aux phénomènes, dépendant de l'atmosphère solaire, qui se manifestent dans les éclipses totales de soleil, on peut voir le travail que j'ai publié à l'occasion de celle de 1860 observée en Espagne, travail reproduit, avec additions, dans les *Mémoires de l'Observatoire du Collège romain pour 1865*.

de petits corpuscules solides et liquides, ont la propriété d'admettre *tous* les rayons et de donner un spectre continu<sup>1</sup>. La discontinuité du spectre solaire ne peut, par conséquent, provenir que de l'absorption de son atmosphère.

La température du soleil étant énorme et capable de tenir les corps les plus réfractaires en sublimation, à l'état élastique ou désagrégé (dissociato), nous devons nous attendre à y trouver à l'état de vapeur une grande partie des substances qui sont ici-bas fixes et solides, et spécialement les métaux.

D'après le principe établi ci-dessus, nous pourrions reconnaître la présence, dans l'atmosphère solaire, d'une substance en vapeur, par la ligne noire qu'elle produit, et qui correspond à sa raie lumineuse dans le spectre, quand on l'observe brûlante. Ainsi, on peut constater dans le soleil la présence du sodium, parce qu'à la double raie jaune que présente ce métal en fusion, à travers le spectroscopie, correspond sur le soleil une double raie noire à la même place, comme on peut le vérifier au contact des bords des deux spectres. On a pu établir, d'après le même *criterium*, que l'atmosphère solaire contenait des vapeurs de plusieurs substances terrestres, telles que le fer, le cuivre, le magnésium, le zinc, le cobalt, le barium, le chrome, l'hydrogène, le nitrogène, etc. Quant au fer, il n'y a pas moins de 60 raies, coïncidant avec autant de raies solaires, et il y a, par conséquent, une probabilité d'un trillion contre un, que ce métal est dans l'atmosphère solaire à l'état de vapeur, d'après le mémoire de M. Kirchhoff. Jusqu'à présent, on n'y a pas

<sup>1</sup> Voy. sur ce sujet le N° 41 du vol. 3 du *Bull. mét. du Collège romain* pour 1864.



trouvé, à ma connaissance, de traces d'or, d'argent, de silicium, de mercure, d'aluminium, d'arsenic, etc., à l'état pur : mais ces métaux peuvent y être en état de combinaison.

Cette découverte est d'une immense portée pour la théorie générale de la distribution de la matière dans l'univers, parce qu'elle fait voir qu'une grande partie des éléments que nous connaissons sur notre planète existent certainement dans l'astre central. Quoiqu'elle soit encore loin d'être épuisée, elle constitue une époque mémorable dans la science, parce que nous n'avions pas jusqu'à présent le moyen de reconnaître la nature chimique d'aucun corps céleste ; le seul indice de ce genre par lequel nous pouvions juger de l'homogénéité de la matière dans la création, provenait des petits corps qui nous arrivent des profondeurs de l'espace céleste, et forment les bolides et les pierres météoriques ou aérolithes, dans lesquels on a reconnu le fer, le nickel, le carbone, le silicium etc.<sup>1</sup>

Les raies noires du spectre solaire ne trouvent pas, toutes, leurs raies lumineuses correspondantes dans les corps à nous connus, et cela n'est point étonnant ; en effet, nous ne connaissons certainement pas encore tous les corps élémentaires de notre terre, et on ne peut prétendre que tous s'y trouvent. Plusieurs resteront donc inconnus ; leur détermination aura peut-être lieu avec le temps, et pourra être un stimulant auprès des chimistes pour rechercher de nouvelles substances. Si l'on réfléchit à la délicatesse du *criterium* spectroscopique, délicatesse telle, d'après M. Kirchhoff, qu'un milligramme

<sup>1</sup> Le fameux météorite, tombé l'année dernière à Orgueil, en France, est si riche en carbone qu'il raie le papier comme le graphite.

de soude, dissout et volatilisé dans une chambre d'une centaine de mètres cubes, suffit pour colorer toutes les flammes qu'on y allume, on ne s'étonnera pas que tant de corps, qui s'étaient dérobés à la dextérité des chimistes, aient été découverts par ce moyen, et qu'on en retrouve bien d'autres encore.

Après le soleil, il était naturel de penser à analyser la lumière des étoiles, et cette étude a déjà été inaugurée par Fraunhofer : mais la faiblesse de leur lumière exigeait des moyens d'un tout autre genre. Fraunhofer a fait quelques tentatives à ce sujet, mais c'est à M. Donati de Florence qu'on doit le perfectionnement de sa méthode. Le célèbre opticien, chevalier G.-B. Amici, que l'Italie a récemment perdu, nous a fourni un prisme d'un usage très-commode pour ces études, qui a été l'origine d'un instrument de petite dimension, mais fort efficace pour ce genre de recherches.

Ce prisme est composé de cinq morceaux de divers cristaux, et il est la contre-partie du prisme achromatique, qui infléchit la lumière sans la disperser, tandis que le nouveau prisme la disperse sans l'infléchir. L'opticien Hoffmann de Paris en a tiré parti pour construire ainsi un instrument très-simple, que j'ai depuis deux ans appliqué au grand équatorial de notre observatoire, et qui est muni de divers appareils accessoires, nécessaires pour son usage <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> La description de ce spectromètre et des spectres stellaires les plus importants a été donnée dans notre *Bulletin météorologique* de 1863. J'y ai ajouté depuis quelques modifications. Une d'elles consiste à supprimer la fente par où passe la lumière, et à y substituer une lentille cylindrique ; elle présente un grand

Mais, comme on pouvait le supposer, je n'ai pas été seul dans une recherche aussi intéressante et aussi vaste; d'autres, pourvus de moyens supérieurs, ont pu me devancer, et je vais exposer ici les résultats obtenus en commun.

Pour reconnaître la nature d'une substance qui se trouve dans une étoile, on introduit dans le champ de vision de la lunette, avec la lumière de l'étoile, une lumière d'origine connue, telle qu'une flamme dans laquelle elle brûle, ainsi que je l'ai fait dès le commencement, ou bien l'étincelle électrique produite par une machine d'induction de Rubmkorff, comme l'ont pratiqué MM. Higgins et Miller. Pour introduire ces lumières, de manière à ce que les images tombent sur les parties correspondantes et identiques au degré de réfrangibilité, tant de l'étoile que de la lumière artificielle, on dispose devant le milieu de la longueur de l'étroite fente, un très-petit miroir incliné, qui réfléchit sur cette fente la lumière placée latéralement. Dans plusieurs cas, il vaut mieux avoir une échelle déjà faite, qui donne la position des raies solaires dans l'instrument; on peut aussi, de nuit, déterminer cette même position au moyen du spec-

avantage dans bien des cas, et spécialement pour les étoiles de clarté médiocre. Cet appareil, muni vers l'oculaire d'une vis micrométrique, reproduit le système mis en usage par M. Donati. L'autre modification consiste à employer, au lieu d'une échelle graduée réfléchie, une ligne lumineuse faite par le moyen d'une fente, tracée dans une plaque mobile à l'aide d'une vis micrométrique. Ce procédé procure une très-grande précision dans les mesures, rendues ainsi indépendantes des erreurs systématiques; et en plusieurs cas il donne de meilleurs résultats que les raies des spectres électriques directs.

tre de la lune <sup>1</sup>. En suivant l'un ou l'autre de ces procédés, selon les cas divers, on peut déterminer avec précision la raie obscure ou lumineuse d'une étoile, ou d'un corps céleste quelconque. Il est bien entendu que la lunette doit être pourvue d'un mouvement d'horlogerie, qui la rende mobile et permette de suivre l'étoile, car sans cela on ne pourrait rien faire. On ne peut donc guère se livrer à ces recherches que dans les observatoires munis d'un équatorial de grande dimension. Pour donner une idée de la précision que doit avoir le mouvement de la lunette, je dirai que la fente a tout au plus un dixième de millimètre de largeur; et que c'est dans cet espace que doit demeurer fixement l'image de l'étoile pendant un certain temps, sans quoi on ne pourrait en prendre une mesure exacte.

L'observation des étoiles avec cet instrument a amené des résultats bien plus inattendus que ceux relatifs au soleil. Pour mettre quelque ordre dans cette matière fort abondante, et exprimer en peu de paroles le produit de nombreux travaux, je subdiviserai les étoiles en deux classes, les blanches et les colorées.

Les étoiles blanches comme Sirius,  $\alpha$  de la Lyre et de l'Aigle, Rigel etc., ont un spectre presque continu,

<sup>1</sup> L'usage du spectre électrique introduit dans le champ de la lunette est excellent, quand les raies produites par les métaux sont vives et peu nombreuses, parce qu'on voit alors tout de suite s'il y a ou non coïncidence; mais s'il y en a beaucoup, il en résulte de la confusion. L'emploi d'une fente éclairée, mobile à l'aide d'une bonne vis micrométrique, a le même avantage que les raies spectrales et ne produit pas de confusion. Il est facile, du reste, de faire un tableau des positions des raies principales de chaque substance, qui peut servir de terme de comparaison avec les étoiles.

sillonné seulement de raies extrêmement petites, et présentant en certains points la circonstance très-singulière de vastes lacunes noires, Sirius en a deux principales et une troisième plus faible ; elles semblent être à première vue, des fils noirs tendus dans le champ de vision, et la principale coïncide avec la raie solaire *F*. Cette raie se voit dans toutes les étoiles blanches examinées jusqu'à présent. Dans le cas d' $\alpha$  de la Lyre, c'est une vraie lacune qui divise le spectre en deux. Cette raie appartient à l'hydrogène et prouve que ce corps existe dans ces astres. La raie du sodium est plus difficile à reconnaître, mais elle se trouve dans Sirius, ainsi que dans un très-grand nombre des étoiles principales, et on peut soupçonner aussi son existence dans les petites. On a reconnu dans quelques-unes le fer et le magnésium.

Les étoiles colorées présentent des phénomènes assez différents et très-singuliers. Les spectres de ces étoiles, telles que  $\alpha$  d'Orion,  $\beta$  de Pégase, Antares et Aldébaran, sont loin d'être continus comme ceux des autres, et ils sont, au contraire, pleins de lacunes. De larges bandes obscures les interrompent çà et là ; de vives lignes brillantes s'y voient aussi groupées, présentant, au premier aspect, de l'analogie avec la lumière des étincelles électriques ordinaires, ou avec le spectre solaire transmis à travers un gaz absorbant, tel que la vapeur d'iode et l'acide nitreux.

Dans le cas d' $\alpha$  d'Orion (Betelgeuse), on compte 8 grandes raies et 4 petites ; on en compte 5 dans Aldébaran et 4 dans Antares. Les étoiles jaunâtres, telles que la Chèvre, Pollux et Procyon, ont des raies plus marquées que celles de notre soleil, mais assez semblables. Les étoiles colorées les plus vives sont le plus souvent

très-petites, et il est, d'après cela, assez difficile de déterminer avec précision la conformation de leur spectre; mais on a vu dans plusieurs d'entre elles les couleurs complémentaires, et aucune jusqu'à présent n'a été trouvée monochromatique.

Ces raies si multipliées montrent que les atmosphères de ces soleils sont beaucoup plus absorbantes que celle du nôtre, mais qu'ils contiennent plusieurs des mêmes éléments. On a prouvé la présence du fer, du magnésium et du thallium dans  $\alpha$  d'Orion. La raie verte du magnésium correspond dans cette étoile à une raie obscure très-décidée, et il en est de même de la raie rouge plus vive encore; la raie violette tombe sur une partie très-faible du spectre stellaire, mais elle manque aussi. Il semble, chose curieuse, que l'hydrogène n'existe pas dans cette étoile, parce que la raie  $F$  y manque, ou y est extrêmement faible, tandis que cette substance abonde dans les étoiles blanches. Cette étoile  $\alpha$  d'Orion est la première que j'aie examinée, et son spectre m'a paru comme celui d'une étincelle électrique, ou de la lumière solaire vue à travers l'oxyde nitreux. Les zones lumineuses de l'étoile sont toutes décomposables en raies séparées. On peut aussi se faire une idée de ce spectre, en regardant une flamme d'alcool dans laquelle soit dissout de l'acide borique; les raies obscures sont lumineuses et réciproquement; les quatre premières zones, ainsi renversées, se combinent exactement, et non les autres. L'étoile  $\beta$  de Pégase est presque identique de couleur et de spectre avec  $\alpha$  d'Orion.

Les nébuleuses nous ont offert un phénomène inattendu et inverse de celui que présentent les étoiles.

On peut subdiviser ces corps célestes en deux classes : les résolubles en groupes stellaires et les non-résolubles. Les nébuleuses dites planétaires sont en première ligne parmi les non-résolubles ; elles ont un assez grand diamètre, terminé très-distinctement comme le disque d'une planète ; elles sont circulaires ou elliptiques, et ce sont des corps de structure mystérieuse, sur lesquels on a jusqu'à présent beaucoup discours sans rien décider. Le spectromètre a fourni une solution inattendue de ces problèmes.

Toutes les nébuleuses résolubles présentent un spectre stellaire, c'est-à-dire continu, ou au plus avec quelque interruption. La plus grande partie des non-résolubles n'offre pas un spectre diffus, mais seulement deux ou trois raies lumineuses fines et bien terminées, comme celles des spectres électriques, dans lesquelles se concentre toute leur lumière. M. Higgins a constaté ce fait pour les nébuleuses planétaires, et je l'ai vérifié aussi pour la nébuleuse d'Orion. La forte lumière de cette grande nébuleuse, dans les parties où elle est sans étoiles, ne présente dans tout le spectre que trois raies lumineuses. La première est verte et vive ; tout près de celle-là, il y en a une autre très-fine, d'un vert pur ; la troisième est bleue et se trouve sur la raie *F*, qui est obscure dans le soleil et dans les étoiles blanches. Les deux raies extrêmes coïncident en position avec celles signalées par M. Higgins dans les nébuleuses planétaires ; celle du milieu semble un peu différente. On peut bien voir le contraste des deux spectres dans les parties de la nébuleuse d'Orion où il y a abondance d'étoiles. La lumière des étoiles du trapèze donne lieu à un spectre stellaire, et celui de la nébuleuse superposé, ainsi que les raies

isolées de celle-là, sont si vives, qu'elles se détachent aussi dans le fond du spectre stellaire, comme des zones lumineuses, leur lumière étant si intense qu'elle supporte un plus fort grossissement que les étoiles. La nébuleuse d'Andromède ne présente rien de semblable et paraît être un corps de nature différente.

Ce fait, considéré théoriquement, est d'une immense importance, parce qu'il nous montre que les nébuleuses sont dans un état physique totalement différent de celui des étoiles. Tandis que celles-ci ressemblent à notre soleil, qui est en état d'incandescence et émet des rayons de toute espèce, dont un certain nombre seulement sont absorbés par son atmosphère : les nébuleuses, au contraire, sont à l'état de simple combinaison chimique, comme nos flammes et nos étincelles électriques, et n'émettent de rayons que d'une seule ou d'un petit nombre d'espèces. Les nébuleuses planétaires ressemblent beaucoup à cette singulière nébuleuse, tout à fait irrégulière, dont M. Otto Struve a constaté la variabilité de forme, en la déduisant aussi de nos dessins faits il y a 5 ans. L'idée peut-être la plus approchée de la vérité, que nous puissions nous former de ces singuliers corps, est que les étoiles sont des soleils déjà formés, et que les nébuleuses non-résolubles sont une matière gazeuse, qui se dispose probablement à former d'autres soleils, mais qui n'a encore aucune portion notable de masse à l'état solide, liquide ou de matière cristalline très-mince, parce qu'on devrait y voir alors des rayons de toute espèce, tandis qu'on n'en voit qu'un très-petit nombre.

Nous pouvons ainsi déterminer avec d'autant plus de facilité la matière radiante, d'après la position des raies. La raie principale provient du nitrogène, et correspond



très - approximativement, dans le spectre solaire, à un groupe de raies dans lequel M. Kirchhoff a déjà indiqué qu'il y avait une absorption atmosphérique. La plus éloignée provient de l'hydrogène ; quant à l'intermédiaire, il est encore incertain à quelle substance elle correspond.

Nous avons donc ici des substances connues, et des plus communes sur la terre, qui seraient destinées à former peut-être un jour d'autres planètes telles que la nôtre.

Quant aux étoiles, telles que  $\alpha$  d'Orion et  $\beta$  de Pégase, qui donnent des zones colorées isolées et très-vives, je me demande si ce phénomène est en entier l'effet d'une absorption de leur atmosphère. Ces raies si vives, dans un spectre continu et stellaire si languissant, ne pourraient-elles pas provenir d'une combustion directe ? Et l'absence dans le spectre d' $\alpha$  d'Orion de la raie noire  $F$ , si commune dans les autres étoiles, ne pourrait-elle pas être contrebalancée par la raie lumineuse que nous voyons dans la nébuleuse, pour y indiquer l'hydrogène encore à l'état de combinaison ?

Une telle idée, qui ne me paraît point absurde, nous amènerait à supposer que ces étoiles sont dans un état mixte, intermédiaire entre celui des soleils complets et de ceux qui sont dans leur premier degré de formation. Nous en avons un indice dans ces nébuleuses planétaires munies de noyau, qui ont tout à la fois le spectre continu des étoiles et les raies des nébuleuses. Il est possible, au reste, que cette phase que nous voyons date déjà de milliers d'années, et que, vu l'immense distance de ces astres, la lumière qu'ils nous présentent actuellement soit seulement celle qu'ils avaient dans un temps très-reculé.

Je dois terminer ce discours, en reconnaissant ma petitesse pour de tels sujets. Les plus grandes questions qu'on puisse se faire sur l'étendue immense de la création, sur la nature et l'homogénéité de la matière dont elle se compose, sur les époques et les phases que parcourent les astres du firmament dans leur formation se présentent en foule ici : mais je ne les aborderai pas davantage, et je dois me borner à avoir esquissé les grandes découvertes par lesquelles la science spectroscopique a débuté, et dont le principe repose sur de très-simples expériences. N'oublions pas que nous n'en sommes qu'au commencement, et que le tout est le fruit de deux années d'études, faites avec des moyens-médiocres. Avec le temps et avec des instruments plus puissants, on pourra répondre à bien des questions pressantes, que je me contenterai d'avoir posées.

La création s'agrandit à mesure que les moyens s'augmentent pour l'explorer, et elle a pour unique mesure la gloire de son divin Auteur, qui a dès le commencement imprimé le mouvement à ces corps innombrables. Puissent nos sens et nos esprits jouir de plus en plus de la connaissance de ses œuvres merveilleuses, de même, qu'il y a cinq siècles, les yeux du chantre de Béatrix se délectaient déjà en voyageant à travers les lumières célestes : jusqu'à ce que nous arrivions, enfin, à contempler la gloire de l'Éternel, là où, non-seulement il *commande*, mais où il *règne*, là où est sa *Cité* et sa *haute retraite* !

---

RECHERCHES  
SUR LES COMBINAISONS DU NIOBIUM

PAR

M. C. MARIGNAC.

1<sup>er</sup> Mémoire.

---

*Introduction.*

Hatchett découvrit en 1801, et désigna sous le nom de Columbium, un nouveau métal dans un minéral d'Amérique connu sous les noms de columbite ou de tantalite. Eckeberg, en 1802, signala sous le nom de tantale un métal qu'il avait trouvé dans deux minéraux de Suède, le tantalite de Kimito, et l'ytrotantalite d'Ytterby, et qu'il considéra comme nouveau. Wollaston, en 1809, crut pouvoir établir que ces deux noms avaient été donnés à un même corps. Mais les propriétés de ce corps et ses principales combinaisons ne furent réellement connues qu'à la suite du travail publié sur ce sujet par Berzélius en 1824. Les recherches de ce savant furent exécutées sur l'acide extrait des tantalites de Suède et de Finlande et le nom d'acide tantalique fut généralement adopté depuis cette époque.

Les différences considérables de densité présentées par les tantalites de diverses localités conduisirent à plusieurs reprises les minéralogistes à diviser ces minéraux en plusieurs espèces, et les variations non moins grandes observées dans les densités des acides métalliques qui en

étaient extraits pouvaient faire naître des doutes sur leur identité. Ces observations conduisirent H. Rose à soumettre ces acides à une longue série de recherches dont les résultats furent publiés dans un grand nombre de mémoires insérés dans les *Annalen der Physik und der Chemie von Poggendorff*, de 1844 à 1862<sup>1</sup>.

Rose crut d'abord à l'existence de trois acides distincts par la nature de leurs radicaux métalliques. Il conserva le nom d'acide tantalique à celui des tantalites de Suède et de Finlande qu'avait spécialement étudié Berzélius, et donna les noms d'acide niobique et d'acide pélopie aux deux autres qu'il trouvait mélangés en diverses proportions dans diverses espèces minérales et particulièrement dans les columbites de Bodenmais en Bavière. Plus tard, il reconnut que ces deux acides renfermaient un même métal ; en effet, l'un et l'autre indistinctement, traités par le chlore et le charbon, donnaient naissance aux mêmes chlorures, et, suivant les conditions de température, de proportions de charbon, etc., tantôt à un chlorure blanc que l'eau convertissait en acide niobique, tantôt à un chlorure jaune qui se changeait au contact de ce liquide en acide pélopie. Le plus souvent d'ailleurs, et si l'on ne s'astreint pas dans cette préparation à des précautions très-minutienses, on obtient un mélange de ces deux chlorures. L'analyse comparative de ces deux chlorures indiqua une plus forte proportion de chlore dans le chlorure pélopie, preuve d'une plus forte proportion d'oxygène dans l'acide pélopie.

<sup>1</sup> T. LXIII, p. 517 ; LXIX, 118 ; LXX, 572 ; LXXI, 457 ; LXXII, 455 et 471 ; LXXIII, 515 et 455 ; LXXIV, 85 et 285 ; XC, 456 ; XCIX, 65, 481 et 575 ; C, 446, 417 et 551 ; CI, 11 ; CII, 55 et 289 ; CIV, 510, 452 et 581 ; CV, 424 ; CXI, 195, 426 ; CXII, 468, 549 ; CXIII, 105 et 292 ; CXVIII, 559.

Rose dut en conséquence changer les dénominations qu'il avait primitivement données à ces deux acides. Le nom d'acide niobique fut transporté à l'ancien acide pélopique, tandis que celui qui avait d'abord reçu ce nom dut être désigné par celui d'acide hyponiobique. Ce dernier paraît seul exister à l'état naturel dans les minéraux niobifères. Un des faits les plus remarquables qui ressortent des longues recherches de Rose sur ces deux acides, consiste dans l'extrême analogie de leurs propriétés, analogie qui ne se rencontre pas habituellement entre les divers degrés d'oxydation d'un même corps, et l'extrême difficulté que l'on éprouve à passer de l'un à l'autre. Jamais ce savant n'a réussi à transformer l'acide hyponiobique en acide niobique par une oxydation directe, un seul cas de transformation inverse aurait été observé lors de la fusion de l'acide niobique avec le bisulfate d'ammoniaque. Encore cette réduction n'est-elle que partielle, et il semble que Rose ne l'ait conclue que d'une diminution de poids subie par l'acide niobique, diminution qui pourrait s'expliquer par la formation d'un oxyde inférieur autre que l'acide hyponiobique, si même on ne doit pas l'attribuer à quelque perte par projection ou par entraînement. Tous les essais tentés pour transformer directement le chlorure hyponiobique en chlorure niobique par l'action du chlore ont également échoué.

Les résultats généraux obtenus par H. Rose, et que nous venons de résumer, ont été généralement admis par les chimistes. On ne peut nier cependant qu'ils ne laissent plusieurs points fort obscurs dans l'histoire des combinaisons niobiques, et qu'ils en présentent d'autres qui ont été mis en doute.

Berzélius avait adopté pour l'acide tantalique la for-

mule  $Ta^2O^3$ . A la suite de ses recherches sur diverses combinaisons du tantale, Rose a préféré la formule  $TaO^2$ , mais il reconnaît lui-même que, si elle paraît offrir plus de probabilité que toute autre, elle ne s'appuie cependant sur aucune preuve positive.

La constitution des composés oxygénés du niobium paraît encore moins bien établie. Les deux acides de ce métal offrent tous deux beaucoup d'analogie avec l'acide tantalique, cependant cette analogie est plus marquée entre ce dernier et l'acide niobique. De là la supposition que l'acide niobique aurait une formule analogue, savoir  $NbO^2$ . Ce point admis, la comparaison des analyses du chlorure niobique et du chlorure hyponiobique semble indiquer que, si le premier a pour formule  $NbCl^4$ , le second doit être  $NbCl^3$ , et que par conséquent l'acide hyponiobique est représenté par la formule  $Nb^2O^3$ . Remarquons cependant que ces hypothèses sont loin de s'accorder d'une manière satisfaisante avec les analyses nombreuses exécutées par Rose sur ces deux chlorures.

Rose a signalé les variations de densité considérables qu'éprouvent l'acide niobique et l'acide hyponiobique suivant qu'ils ont été exposés à des températures plus ou moins élevées. Ce fait n'a rien d'anormal, mais ce qui paraît moins explicable, c'est qu'il a observé aussi d'énormes différences dans ces densités, suivant la nature ou la provenance des minéraux d'où ils avaient été extraits, lors même qu'ils avaient subi les mêmes traitements. Ainsi ces variations iraient de 5,208 à 6,5 pour l'acide hyponiobique obtenu par la fusion avec le bisulfate de potasse<sup>1</sup>.

En présence de telles différences, il est difficile de

<sup>1</sup> H. Rose, *Chimie analytique*, édition française, T. I, p. 509.

croire à l'identité de ces acides. Ce doute est corroboré par une observation importante faite en 1860 par M. de Kobell<sup>1</sup>.

Cet habile minéralogiste a montré que l'acide extrait de l'æschnite, de la samarskite, des columbites d'Amérique et du Groënland, généralement de la plupart des minéraux niobifères, se dissout facilement et complètement dans l'eau après qu'on l'a fait bouillir avec de l'acide chlorhydrique concentré en présence d'une feuille d'étain, et qu'il forme une dissolution bleue parfaitement limpide. Au contraire, l'acide extrait des columbites de Bodenmais, soumis au même traitement, reste presque complètement insoluble, et en tout cas ne donne jamais une dissolution bleue. Une différence d'action aussi caractéristique lui a paru suffisante pour admettre que ces acides étaient complètement distincts et, réservant le nom d'acide hyponiobique à celui des columbites de Bodenmais, puisque c'est cet acide qui a servi aux premières études de Rose et qui a été pour la première fois distingué par lui de l'acide tantalique, il a proposé le nom d'acide dianique pour l'acide extrait des autres minéraux.

Toutefois l'existence propre de ce nouvel acide a été contestée, soit par H. Rose qui, tout en reconnaissant qu'on ne réussit pas toujours à obtenir des réactions identiques avec l'acide hyponiobique de diverses provenances, n'admet pas que ces différences soient assez constantes et assez marquées pour établir une différence fondamentale dans leur nature, soit par M. Hermann qui a constaté l'exactitude des faits annoncés par M. de Ko-

<sup>1</sup> *Journal für praktische Chemie*, LXXIX, 291, LXXXIII, 193 et 449.

bell, mais qui explique la manière particulière dont se comporte l'acide des columbités de Bodenmais par ce fait que, d'après ses recherches, cet acide renfermerait à l'état de mélange le tiers environ de son poids d'acide tantalique<sup>1</sup>. MM. Deville et Damour ont aussi soutenu l'identité de l'acide dianique et de l'acide hyponiobique.

En outre M. Hermann, à qui l'on doit des recherches très-étendues sur les combinaisons du tantale et du niobium<sup>2</sup>, soutient sur plusieurs points des opinions très-différentes de celles de H. Rose. Suivant lui, l'acide hyponiobique, auquel il donne le nom d'acide niobeux, mais en lui attribuant toutefois la même formule que Rose, n'existe pas à l'état naturel dans les minéraux niobifères. On ne peut l'obtenir qu'en réduisant par le zinc les acides métalliques extraits de ces minéraux, et en réoxydant ensuite par la fusion avec les bisulfates alcalins l'oxyde brun ou bleu obtenu par cette réduction. Les minéraux niobifères renfermeraient un mélange d'un acide nioboso-niobique,  $NbO^2, Nb^2O^3$  et d'un acide nioboso-seminiobique  $NbO^2, 2Nb^2O^3$ ; le premier de ces composés existerait seul dans l'æschyrite, le second dans la samarskite. Enfin suivant lui, l'acide niobique serait encore inconnu à l'état

<sup>1</sup> La présence de l'acide tantalique dans le minéral de Bodenmais a été niée par M. Oesten (Pogg. Ann., XCIX, 617; G, 510; CIII, 148); ces divergences s'expliquent probablement par l'existence, reconnue à Bodenmais par M. de Kobell, de deux espèces de columbités, se ressemblant beaucoup par les caractères extérieurs, mais de densités différentes, dont l'une, à laquelle il donne le nom de *dianite*, renfermerait le même acide que les columbités d'Amérique, du Groënland, etc., tandis que l'autre serait la véritable niobite traitée par H. Rose.

<sup>2</sup> *Journal für praktische Chemie*, XXXVIII, 91 et 119; L, 172 et 197; LXV, 54; LXVIII, 65; LXX, 195; LXXIII, 505; LXXV, 62; LXXXIII, 106; LXXXIV, 517.



libre, l'acide auquel Rose a donné ce nom n'étant à ses yeux qu'un mélange d'acide tantalique et d'acide nioboso-niobique.

En présence de résultats aussi divergents, on peut même dire aussi contradictoires sur plusieurs points, il m'a paru intéressant de reprendre l'étude de ces divers acides métalliques, et de chercher surtout si l'examen des fluorures correspondants, et de leurs combinaisons avec les fluorures alcalins, ne conduirait pas à la détermination de leur constitution atomique d'une manière beaucoup plus nette que celui de leurs sels oxygénés.

Dans une note communiquée à l'Académie des sciences de Paris<sup>1</sup>, j'ai fait connaître succinctement les résultats des premiers essais tentés dans cette direction sur l'acide hyponiobique. Le fluorure hyponiobique, renfermant trois atomes de fluor, est isomorphe, dans presque toutes ses combinaisons, avec le fluorure litanique ou stannique  $\text{SnF}_4$  et avec l'oxyfluorure tungstique  $\text{WO}_3\text{F}_2$ , fait qui serait inexplicable si l'on n'admet que c'est réellement un oxyfluorure  $\text{NbOF}_3$ . Cette supposition entraîne nécessairement pour l'acide hyponiobique la formule  $\text{Nb}^2\text{O}^5$ <sup>2</sup>.

Avant que de passer à la description et à l'analyse des composés qui m'ont conduit à cette théorie, je dois signaler les causes qui m'ont retardé dans la publication de ce mémoire, et la découverte de quelques faits nouveaux qui seront l'objet de publications ultérieures, mais dont la connaissance est nécessaire pour justifier les dénominations que j'ai dû donner à ces composés.

Il m'importait d'abord surtout de démontrer la pré-

<sup>1</sup> *Comptes rendus*, séance du 30 janvier 1865.

<sup>2</sup> J'emploierai exclusivement dans ce mémoire les formules et les poids atomiques. H=1, F=19, O=16, etc.

sence de l'oxygène dans les composés qui avaient été considérés jusqu'ici comme de simples fluorures.

Après un grand nombre d'essais infructueux, j'ai trouvé une réaction extrêmement simple qui en donne la démonstration évidente. Le corps que je considère comme un fluoxyhyponiobate de potasse  $\text{NbOF}^3, 2\text{KF}$ , se transforme en effet par l'action de l'acide fluorhydrique en excès en un véritable fluohyponiobate  $\text{NbF}^5, 2\text{KF}$ ; ce sel étant anhydre et ne subissant aucune perte de poids par la fusion avec de l'oxyde de plomb en excès, sa composition ne peut être douteuse. Redissons dans l'eau, il reproduit le sel primitif et de l'acide fluorhydrique. Ce fait ne laisse aucun doute sur l'exactitude de l'hypothèse à laquelle m'avaient conduit les relations d'isomorphisme des fluohyponiobates.

Il me fallait ensuite, pour me déterminer sur le choix du nom à donner à cet acide, rechercher quelle était la cause des différences signalées par M. de Kobell entre l'acide extrait des columbites de Bodenmais et celui des autres minéraux niobifères.

Mes premières recherches ont été exécutées sur un acide extrait de la columbite du Groënland ( $D = 5,36$ ), et rien dans ce premier travail ne m'y a indiqué l'existence de deux acides distincts. Ayant traité plus tard une certaine quantité de columbite, qui m'avait été fournie par M. Krantz comme provenant de Haddam, Connecticut ( $D = 5,85$ ), j'ai été immédiatement frappé par la formation d'un fluosel de potasse différant complètement par sa forme de tous les fluohyponiobates que j'avais obtenus précédemment, et qui s'en séparait aisément, en raison d'une solubilité dix fois moindre. L'étude de ce sel me l'a fait reconnaître pour un fluotantalate de

potasse, et la quantité que j'en ai obtenue m'a prouvé que cette columbite renfermait au moins 10 p. 100 d'acide tantalique.<sup>1</sup> Le reste de l'acide métallique ne différerait pas de l'acide hyponiobique.<sup>2</sup>

Cette découverte rendait probable à mes yeux l'explication donnée par M. Hermann des faits signalés par M. de Kobell. Grâce à l'intervention de mon ancien maître et ami, M. le baron de Liebig, M. de Kobell a eu l'extrême obligeance de mettre à ma disposition un bel échantillon de columbite de Bodenmais (D=6,06), reconnue par lui comme identique avec celle qui avait servi aux premières recherches de H. Rose. Ce don précieux m'a permis de traiter 60 gr. de ce minéral, maintenant très-rare. J'en ai extrait l'acide métallique et l'ai converti en fluosel de potasse. A la suite de nombreuses cristallisations j'ai obtenu :

38<sup>r</sup>,44 de fluotantalate de potasse pur, contenant 21,25 d'acide tantalique, soit 35,4 p. 100.

59,40 de fluoxyhyponiobate, contenant 26,33 d'acide hyponiobique, soit 45,66 p. 100<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Je n'ai pas encore eu l'occasion de constater son identité avec un acide tantalique d'une provenance authentique. Mais sa densité (7,45), la coloration jaune pâle du précipité qu'il forme avec l'infusion de noix de galle, et l'accord de la composition et des propriétés de son fluosel de potasse avec le fluotantalate décrit et analysé par Berzélius et par H. Rose, ne me paraissent laisser aucun doute sur sa nature.

<sup>2</sup> A la réserve toutefois d'une petite quantité d'un autre acide, dont la nature m'est encore inconnue, et dont je reparlerai à propos de la détermination de l'équivalent de l'acide hyponiobique.

<sup>3</sup> Ce sel était aussi mélangé d'une petite quantité d'un autre fluosel moins soluble, renfermant ce même acide signalé ci-dessus dans le minéral d'Amérique.

En voyant croître si rapidement la proportion d'acide tantalique dans les columbités à mesure que leur densité s'élève, on peut présumer que dans celle que Rose a employée dans ses recherches ( $D=6,39$ ), il devait bien y avoir autant d'acide tantalique que d'acide hyponiobique.

Ainsi l'acide niobique de la columbite de Bodenmais ne diffère en rien de celui des autres minéraux niobifères, lorsqu'il a été séparé de l'acide tantalique qui l'accompagne en grande quantité. M. de Kobell, il est vrai, a soutenu que, s'il en était ainsi, on devrait néanmoins conserver le nom d'acide dianique qu'il a le premier donné à l'acide pur extrait, soit de l'æschynte, soit d'autres minéraux ne renfermant pas d'acide tantalique, et supprimer celui d'acide hyponiobique, puisque le corps étudié sous ce nom par H. Rose n'aurait été qu'un mélange. Mais je ne puis me ranger à cette proposition. Il est incontestable que Rose a découvert le premier l'existence d'un acide distinct qui avait été confondu avant lui avec l'acide tantalique; on ne peut donc lui refuser le droit de le nommer, quand bien même il ne l'aurait pas obtenu à l'état de pureté absolue. On doit remarquer d'ailleurs que toute l'étude faite par Rose sur les propriétés de cet acide ont été exécutées, non sur l'acide brut et impur extrait des columbités de Bodenmais, mais sur la portion de cet acide résultant de l'action de l'eau sur le chlorure hyponiobique blanc, laquelle devait ne plus renfermer d'acide tantalique, et, par conséquent, ne différer en rien de l'acide dianique de M. Kobell.

Ce point établi, et le nom du niobium étant maintenu, celui d'acide hyponiobique ne peut cependant pas subsister, car il implique, entre les deux acides oxygénés de

ce corps simple, une relation évidemment inexacte. Il est vrai que je ne puis rien dire encore sur l'existence et la nature de l'acide niobique de Rose ;<sup>1</sup> mais, ou les expériences de ce savant sont exactes, et il résulte alors de la comparaison de ses analyses du chlorure niobique et de l'oxychlorure hyponiobique que l'acide hyponiobique est le plus oxygéné des deux, ou bien, s'il a été induit en erreur, comme l'admet M. Hermann, par un mélange avec l'acide tantalique, cet acide niobique n'existerait pas. Dans le premier cas, ces deux acides présenteraient entr'eux les mêmes rapports de composition que l'acide antimonieux et l'acide antimonique, et ils pourraient être désignés par les noms d'acide niobeux et d'acide niobique. Dans le second il ne resterait qu'un seul acide métallique qu'il conviendrait d'appeler acide niobique. Dans tous les cas je crois donc convenable de rendre à l'acide hyponiobique, tel qu'il existe dans les minéraux niobifères, le nom que Rose lui-même lui avait d'abord attribué, celui d'acide niobique, et c'est celui que j'emploierai dorénavant.

Une autre découverte assez intéressante m'a confirmé dans cette détermination. La quantité assez considérable de fluotantalate de potasse, que j'ai préparée au moyen des columbites d'Amérique et de Bodenmais, m'a permis de purifier ce sel avec beaucoup de soin, ce qui est facile d'ailleurs en raison de la grande différence de solubilité qu'il présente à chaud et à froid. Les analyses que j'en ai faites m'ont donné des résultats à peu près inter-

<sup>1</sup> Une notice toute récente de M. Deville sur la densité de vapeur du chlorure niobique démontre la non-existence de cet acide. (*Voir au bulletin scientifique de ce numéro.*)

médiaires entre ceux qu'avaient déjà obtenus Berzélius et H. Rose, et qui prouvent que le rapport entre le fluor du fluorure potassique et celui du fluorure tantalique est de 2: 5. De plus ce sel présente exactement la même forme cristalline que le fluoniobate de potasse,  $2\text{KF}, \text{NbF}_5$ , dont il diffère d'ailleurs complètement par sa solubilité. Il résulte évidemment de ce fait que ce fluosel a pour formule  $2\text{KF}, \text{TaF}_5$  et que l'acide tantalique est  $\text{Ta}^{\circ}\text{O}_5$ , ce qui explique parfaitement l'association en proportions variables de l'acide niobique et de l'acide tantalique dans les minéraux sans que leur forme cristalline en soit modifiée. Cette analogie me semble un argument important pour donner à ces deux acides des dénominations semblables.

Je dois encore signaler, dans cette exposition générale des résultats que j'ai obtenus, que je n'ai point trouvé justifiées, du moins pour les columbites sur lesquelles j'ai opéré jusqu'ici, l'assertion de M. Hermann sur un changement dans le degré d'oxydation qu'éprouverait l'acide que l'on en retire, en le réduisant par le zinc et le réoxydant ensuite par la fusion avec les bisulfates alcalins. Je ne prétends point généraliser cette observation, et l'étendre à tous les minéraux niobifères, mais j'ai dû la présenter dans le seul but d'établir que mon acide niobique correspond exactement à celui que ce savant a étudié et décrit sous le nom d'acide niobeux. J'ajouterai un détail relatif à cette réduction par le zinc. Suivant MM. H. Rose et de Kobell, l'action du zinc et de l'acide chlorhydrique sur l'acide niobique ne donnerait jamais lieu à une coloration bleue de la liqueur, tandis que M. Hermann assure que l'on obtient quelquefois, mais pas constamment, cette coloration. J'ai vérifié cette dernière assertion, et je crois que la différence des résultats ob-

tenus ne dépend que de la proportion d'acide chlorhydrique. Si l'on fait bouillir l'acide niobique hydraté avec l'acide chlorhydrique et que l'on jette le tout sur un filtre, la liqueur filtrée et fort acide ne retient en dissolution qu'une très-petite quantité d'acide niobique. Si l'on y ajoute du zinc, elle se colore en brun, puis par l'action prolongée de ce métal ou par l'addition d'ammoniaque tout le niobium est précipité à l'état d'oxyde brun. Le résidu demeuré sur le filtre, presque insoluble dans l'acide chlorhydrique concentré, se dissout facilement dans l'eau en donnant une dissolution à peine trouble et qui devient parfaitement limpide par filtration. Si l'on y introduit du zinc, elle prend peu à peu une couleur d'un bleu intense et reste d'abord parfaitement limpide, mais par le contact prolongé du zinc tout le niobium se précipite à l'état d'oxyde bleu. D'ailleurs l'oxyde brun et l'oxyde bleu, réoxydés par fusion avec le bisulfate de potasse, puis lavés et redissous par l'acide fluorhydrique, donnent avec le fluorure de potassium exactement les mêmes sels que l'acide niobique primitif.

*Poids atomique du niobium.*

II. Rose a basé sa détermination du poids atomique du niobium sur l'analyse du chlorure jaune de ce métal  $NbCl^4$  et a trouvé ainsi le nombre 97,64. Mais si l'on remarque que ce savant ignorait l'association fréquente de l'acide tantalique et de l'acide niobique dans les minéraux et particulièrement dans les columbites de Bavière, et si l'on a égard à l'extrême analogie que présentent le chlorure de tantale et le chlorure jaune de niobium, soit pour la couleur, soit pour le degré de volatilité, on conçoit des doutes sur l'exactitude de ce résultat.

M. Hermann a adopté le nombre 104,82. Il le conclut des analyses de six composés distincts, trois chlorures de diverses compositions, et trois sels de soude renfermant des acides distincts correspondant à divers degrés d'oxydation du niobium. Mais rien jusqu'ici ne justifie suffisamment les formules qu'il attribue à ces divers composés, dont plusieurs sont assez compliquées.

En attendant que l'on trouve quelque composé simple du niobium, plus facile à purifier que les chlorures de ce métal, je crois que l'analyse de sels aussi parfaitement cristallisés, et par conséquent faciles à purifier que les fluoxyniobates, est encore le moyen le plus sûr de déterminer au moins approximativement l'équivalent de l'acide niobique et le poids atomique du métal. En effet l'analyse de ces sels, en les décomposant par l'acide sulfurique, évaporant à siccité et reprenant par l'eau, peut se faire sans difficulté avec assez d'exactitude. On obtient directement le poids du sulfate de potasse et celui de l'acide niobique, et la comparaison de ces poids permet de calculer l'équivalent de l'acide niobique.

Cependant cette détermination m'a présenté des difficultés particulières, qui ne me permettent pas encore de fixer cet équivalent avec une entière confiance.

Au commencement de mon travail, après avoir préparé et analysé un grand nombre de fluosels de potasse et d'ammoniaque, j'avais obtenu dans toutes ces analyses des nombres variant entre 268 et 266 pour l'équivalent de l'acide niobique, et comme les chances d'erreur dans la méthode d'analyse tendaient plutôt à diminuer la proportion de potasse relativement à celle de l'acide, j'avais admis provisoirement le nombre 266. Ayant remarqué que, parmi tous ces sels, le fluoxyniobate de potasse,



$2 \text{KF}, \text{NbF}_5, \text{H}_2\text{O}$ , est le plus stable et le plus facile à préparer et à purifier, j'ai converti en ce sel tout l'acide que j'avais extrait de la columbite du Groënland et l'ai soumis à une série de cristallisations successives, en l'analysant après chacune d'elles. J'ai remarqué alors que les nombres obtenus pour l'équivalent de l'acide niobique, qui variaient dans les premières analyses entre 268 et 266, tendaient ensuite toujours à s'abaisser jusqu'à 264, et j'ai cru d'abord que ce dernier nombre résultant de l'analyse du sel après sept ou huit cristallisations devait être le plus exact.

Après avoir traité la columbite d'Amérique, j'en ai également converti l'acide en fluoxyniobate de potasse, et je l'ai soumis au même traitement. J'ai obtenu des résultats analogues, mais plus variables encore. Tous les produits des premières cristallisations m'ont donné un équivalent compris entre 268 et 266; mais à la fin, lorsque les 150 grammes environ du sel avec lesquels j'avais commencé ces opérations ont été réduits à un ou deux seulement, l'équivalent s'est abaissé rapidement jusque vers 250. En même temps j'ai constaté que ce dernier résidu, au lieu de se dissoudre dans 12,5 à 13 fois son poids d'eau, comme cela avait eu lieu jusqu'alors, en exigeait de 50 à 60 parties. Fondu avec du bisulfate de potasse, lavé avec soin, redissous dans l'acide fluorhydrique et mêlé avec du fluorure de potassium, il a reproduit un fluosel qui représentait exactement ces mêmes propriétés, différant ainsi notablement du fluoxyniobate ordinaire. On constate aussi une différence marquée dans la manière dont il se comporte quand on traite par l'eau bouillante le produit de sa fusion avec le bisulfate de potasse. En effet, avec le fluoxyniobate ordinaire, la précipitation de l'acide niobique est absolue, et la liqueur filtrée et évaporée à sic-

cité laisse un sulfate de potasse qui se redissout dans l'eau sans laisser aucune trace de résidu. Il n'en est pas de même avec le produit de la dernière cristallisation; la liqueur filtrée après la fusion avec le bisulfate et l'ébullition, se trouble par l'évaporation et le sulfate de potasse laisse un résidu sensible quand on le redissout dans l'eau. D'ailleurs, cet acide ne m'a donné aucune réaction indiquant la présence de l'acide titanique, ni celle de l'acide stannique ou de l'acide tungstique. Il m'est impossible pour le moment de rien affirmer sur sa nature, j'en avais une trop petite quantité pour le perdre dans des essais qui n'auraient pas été assez convaincants, et je préfère attendre que le traitement d'autres minéraux niobifères m'en fournisse, s'il est possible, de nouvelles quantités.

Il résulte de là que l'acide niobique est mélangé d'une petite quantité d'un autre acide d'un équivalent moins élevé. N'ayant trouvé jusqu'ici aucune réaction permettant de les séparer mieux que ne le fait la différence de solubilité des sels qu'ils forment avec le fluorure de potassium, il demeure incertain si ce mélange abaisse d'une manière notable l'équivalent trouvé par l'analyse du fluoxyniobate de potasse dans ses premières cristallisations.

Mais je pense que, en raison de ce fait, il est plus convenable d'adopter pour cet équivalent un chiffre plus rapproché de la limite supérieure indiquée par ces analyses, c'est-à-dire le nombre 268. Il en résulterait que le poids atomique du niobium serait 94. Il est clair que ces nombres ne doivent être considérés que comme approximatifs et provisoires.

*(La suite à la prochaine livraison.)*

DE L'ÉCOULEMENT  
DES CORPS SOLIDES SOUMIS A DE FORTES PRESSIONS

PAR

M. H. TRESCA.

---

M. Tresca avait présenté à l'Académie des sciences le 7 novembre 1864 un mémoire dont le titre seul était de nature à piquer la curiosité. Ayant eu l'occasion de voir ce printemps à Paris les nombreux produits des intéressantes expériences de M. Tresca et ayant dû à son obligeance la faveur d'assister à l'une de ces expériences, je me proposais de rendre compte de ses recherches quand j'ai lu, dans le numéro du 12 juin 1865 des *Comptes rendus*, un rapport fait par M. le général Morin au nom d'une commission de l'Académie chargée d'examiner le travail de l'habile professeur de mécanique. Je ne puis donc mieux faire que de transcrire ici le rapport du savant académicien qui résume admirablement bien tout le travail de M. Tresca. Néanmoins je crois nécessaire pour rendre l'exposition du sujet encore plus claire et surtout plus complète, de faire précéder le rapport de M. Morin d'un extrait de la communication faite par M. Tresca lui-même à l'Académie des sciences le 7 novembre 1864.

A. DE LA R.

*Extrait de la communication faite par M. Tresca à l'Académie des sciences, le 7 novembre 1865.*

Ce mémoire a pour objet : 1° de montrer, par les résultats de nombreuses expériences, que les corps solides peuvent, sans changer d'état, s'écouler à la manière des liquides lorsqu'on exerce à leur surface des pressions suffisamment grandes ; 2° de donner la théorie de cet écoulement et d'indiquer les déductions les plus importantes que l'on peut en tirer pour l'étude des mouvements moléculaires, pour celle du travail mécanique qu'ils exigent et pour diverses autres applications.

Les mêmes phénomènes d'écoulement y sont constatés pour les métaux mous et pour les métaux durs, pour les matières plastiques telles que les pâtes céramiques, pour les matières pulvérisées telles que les grès, pour les matières grenues telles que les plombs de chasse, et, d'une manière moins complète, pour les liquides eux-mêmes.

Ce travail n'a point été fait par suite d'idées préconçues et comme un but que l'on se soit proposé *a priori*. Il ne s'est présenté qu'à la suite d'expériences multipliées, réalisées en premier lieu dans des circonstances complexes, que je me suis efforcé de ramener à des conditions plus simples et telles, que les lois des phénomènes puissent être facilement étudiées.

Dans le Mémoire que j'ai l'honneur de soumettre aujourd'hui au jugement de l'Académie j'expose la méthode à laquelle j'ai eu recours. Afin de pouvoir étudier les déplacements relatifs des diverses parties de la

masse sur laquelle je voulais agir, cette méthode repose sur la décomposition des solides en plusieurs pièces, dont les surfaces de joints, connues à l'avance, se transforment à chaque modification apportée dans la forme générale. Ces surfaces de joints étaient ordinairement planes, parfois cylindriques, lorsque l'on voulait étudier de plus près les déplacements produits autour de l'axe de figure.

Ce premier Mémoire est exclusivement consacré à l'étude de la composition des jets qui se forment, lorsqu'après avoir placé dans un cylindre un bloc composé de rondelles homogènes, on exerce sur l'une des bases de ce bloc un effort, qui s'est élevé quelquefois jusqu'à 100,000 kilogrammes, et qui devait être suffisant pour que la matière s'écoulât par un orifice circulaire, plus ou moins grand, et concentrique avec le cylindre. Ces conditions sont celles du cas le plus ordinaire de l'écoulement des liquides, et les résultats obtenus dans les expériences nouvelles se trouvent écrits sur les échantillons mêmes, après qu'ils ont été coupés suivant l'axe du jet et polis.

Les lignes de joint se sont transformées de manière à faire connaître les déplacements de chacune des molécules, et l'examen des lignes ainsi indiquées donne lieu aux conséquences générales qui suivent :

1° Dans tous les échantillons, sans exception, les faces planes des plaques se sont modifiées au centre de manière à former des surfaces de révolution, presque cylindriques dans le jet, y descendant à une distance plus ou moins grande et se terminant par une calotte qui tourne sa convexité vers l'extrémité du jet.

2° Ces tubes sont parfaitement continus ; ils s'em-

boitent les uns dans les autres de manière que chaque ligne de joint se trouve représentée, dans les coupes faites par l'axe du jet, par un trait d'une grande finesse et généralement très-régulier.

3° Ces lignes de joint font voir que toutes les molécules qui composaient le bloc primitif viennent individuellement se placer dans le jet, absolument comme le feraient les molécules d'un liquide qui s'écoulerait, sur le bord de l'orifice, comme sur la crête d'un déversoir circulaire.

4° Ces mêmes transformations de surfaces ayant été vues dans deux couches superposées d'un liquide qui s'écoule sous la seule action de la gravité, il faut nécessairement reconnaître que le principe du parallélisme des tranches ne répond pas, au point de vue physique, à la réalité des faits, et qu'il conviendra de les remplacer par un autre principe, celui de la concentricité des couches, lorsqu'on voudra rendre compte des phénomènes tels qu'ils se produisent, tant pour les liquides que pour les solides.

5° Les épaisseurs des calottes qui terminent les plaques dans le jet vont en augmentant à partir de son extrémité dans une progression plus rapide que le nombre des plaques. Pour les premières plaques la différence d'épaisseur est toujours très-faible.

6° Dans les parties où l'un des tubes a pris à peu près la forme cylindrique, à l'intérieur et à l'extérieur, l'épaisseur de ce tube est telle, que sa section diffère très-peu de celle qui représenterait la section totale du jet divisée par le nombre des plaques.

7° On remarque souvent dans l'axe du jet, et particulièrement vers son extrémité, des vides formés entre

les plaques. Ces vides sont accidentels et doivent être attribués au défaut d'adhérence des plaques entre elles. Ils ne se présenteraient jamais dans une masse homogène continue, et il est bon de remarquer que, quand ils se sont formés à la naissance du jet, ils ne se referment pas après sa sortie.

8° Lorsque, par suite de la formation du jet, l'épaisseur du bloc est descendue au-dessous d'une certaine limite, le jet devient creux et en même temps il se contracte de manière à présenter, sous ce double rapport, les phénomènes connus dans l'écoulement des liquides, lorsque la hauteur de chute devient petite par rapport aux dimensions de l'orifice.

9° Quand la hauteur du bloc diminue encore, le métal qui s'écoule se plisse dans tous les sens, et le défaut de résistance résultant de la petite épaisseur à laquelle il est amené ne permet plus de faire d'observations précises ; mais, dans ce cas encore, les élongations produites offrent l'aspect des cannelures longitudinales qu'on rencontre dans certaines veines fluides.

10° La forme intérieure de la paroi des jets creux, lorsqu'elle est encore régulière, est extrêmement remarquable en ce qu'elle montre parfaitement le mode de formation d'une veine par l'expulsion de la matière comprimée et la résistance que cette matière oppose, par suite de sa cohésion et de sa symétrie, à toute déformation qui ne serait pas symétrique par rapport à son axe de figure.

... Les faits constatés dans ce travail et les principes qui en découlent doivent jeter un nouveau jour sur l'étude des actions mécaniques au moyen desquelles les corps solides sont modifiés dans leurs formes ou divisés par

le travail des outils. On peut citer comme exemple la diminution de longueur, par rapport à une pièce rabotée, du copeau qui se refoule sur lui-même à mesure qu'il s'en détache sous l'action du burin.

En terminant ma communication, je dirai quelques mots des applications que peuvent faire pressentir ces recherches, dans le domaine purement scientifique.

Les grands phénomènes géologiques ont généralement fait admettre que la matière encore semi-fluide a été injectée, à diverses époques, sous de grands efforts. S'il a été possible, avec les faibles moyens dont la mécanique dispose, de faire couler, à la température ordinaire, les métaux les plus durs, rien ne peut plus s'opposer à ce que l'on admette que, sous les puissantes étreintes des forces de la nature, les plus grandes masses aient été introduites, sans changement d'état, par toutes les fissures et qu'elles aient pu refouler, sous cette action, les masses environnantes. Si l'on veut jeter les yeux sur les résultats comparatifs des expériences faites sur les matières grenues, déplacées par injection et par éboulement, il sera facile de trouver les caractères qui distinguent ces deux ordres de phénomènes, et de décider par conséquent à laquelle des deux causes il faut attribuer un déplacement donné des couches, d'abord horizontales, d'un terrain bouleversé.

La concentricité des couches injectées sous une action mécanique bien moins puissante, mais plus continue, se présente encore dans des phénomènes naturels d'un tout autre ordre.

Il est impossible de ne pas remarquer à première vue l'étroite analogie qui existe entre l'aspect des jets rabotés et celui d'une planche récemment sciée. Dans l'un et



l'autre cas, les couches concentriques sont coupées, parallèlement à l'axe, suivant des lignes presque parallèles, et, dans un sens perpendiculaire, suivant une suite de courbes presque concentriques.

Des expériences spéciales ont fait voir que, quand la section de la matrice n'est pas circulaire, les couches se disposent encore dans le jet parallèlement entre elles, et en conservant dans toute leur longueur la forme de la section primitive dans laquelle elles se sont moulées.

L'analogie ne se borne pas à ce premier rapprochement; dans d'autres essais où le bloc a été successivement rechargé, la surface extérieure du jet porte des bourrelets saillants assez semblables à ceux de certaines tiges cloisonnées. Ces bourrelets sont toujours accompagnés, à l'intérieur, d'un vide qui rappelle celui que présentent, dans certains cas, ces mêmes tiges.

La circulation dans les végétaux semblerait donc être un exemple d'écoulement par couches parallèles, comme si, par impossible et du fait de la résistance des enveloppes, les phénomènes organiques obéissaient à cette loi générale de la mécanique que je cherche à caractériser dans mon Mémoire sous le nom de *loi de l'écoulement concentrique des solides et des liquides*.

Avec un peu plus de hardiesse que je n'oserais en avoir, on pourrait peut-être se laisser aller à penser, d'une manière plus générale, que tous les tissus de l'organisme végétal et animal se développent ainsi par couches concentriques sous l'action des forces incessantes auxquels les principes nourriciers sont soumis. Ce sont là seulement des conjectures qui se sont présentées à moi avec quelque caractère de probabilité.

*Rapport de M. Morin sur le mémoire de M. Tresca fait à l'Académie des sciences, le 12 juin 1865.*

Ce mémoire présenté par H. Tresca, et dont l'Académie nous a chargés de lui rendre compte, a pour objet l'exposition et la discussion des résultats des expériences nombreuses et variées que l'auteur a exécutées pour étudier les effets de compression et d'expulsion que produisent de grandes pressions exercées sur des corps mous, ductiles ou pulvérents, renfermés dans une enveloppe rigide cylindrique percée à sa base d'un orifice concentrique de dimensions variées.

Les phénomènes remarquables manifestés par les résultats de ces expériences ont été mis sous les yeux de l'Académie : ils ont, pour l'étude des questions les plus délicates de physique moléculaire et pour la mécanique, une importance d'autant plus grande, que jusqu'à ce jour la science était complètement dépourvue de notions théoriques ou expérimentales sur les déplacements géométriques qu'en pareil cas peuvent éprouver les molécules des corps.

Ces belles expériences, sans établir encore peut-être une identité complète, rendent au moins manifeste l'analogie que présentent les circonstances de l'écoulement des liquides avec le passage des corps mous, ductiles ou pulvérents, lorsque, sous l'action d'efforts suffisamment énergiques, ils sont forcés de passer par des orifices donnés.

Cette analogie est tellement frappante, qu'elle a conduit l'auteur à exposer les faits qu'il a observés, sous le titre en apparence paradoxal de *Recherches sur l'écoulement des corps solides*.

Mais, si cet énoncé a pu d'abord surprendre ceux

qui l'ont entendu, la vue des nombreux spécimens des expériences obtenues sur les matières les plus diverses, depuis les argiles molles jusqu'à des métaux durs tels que l'acier, a montré l'exactitude de l'expression.

Dans son mémoire, l'auteur s'est proposé d'abord les deux objets suivants :

1<sup>o</sup> Montrer par les résultats de nombreuses expériences, que les corps solides, ductiles, mous ou pulvérulents peuvent, sans changer d'état, s'écouler d'une manière analogue à celle des liquides, lorsqu'on exerce à leur surface des pressions suffisamment grandes ;

2<sup>o</sup> Donner la marche géométrique de cet écoulement, et indiquer les déductions les plus importantes que l'on peut en tirer pour l'étude des mouvements particuliers des molécules, pour celle du travail mécanique qu'elles exigent et pour diverses autres applications.

L'énoncé seul de la première question en montre toute l'importance et toute la nouveauté : car, s'il ne s'agit ici que des mouvements intérieurs ou intestins qui se produisent dans les corps mous, pulvérulents ou plus ou moins ductiles, sous l'action des efforts puissants que les moyens énergiques, mais limités, dont l'homme dispose aujourd'hui, permettent d'exercer, on comprend tout de suite que les conséquences de ces effets restreints peuvent et doivent, comme l'auteur l'indique dans son mémoire, s'étendre par analogie à certains phénomènes géologiques de la croûte solide de notre globe, incessamment sollicité du centre à la surface par les puissantes étreintes des pressions développées à son intérieur.

Afin de pouvoir observer les mouvements des différentes parties des matières employées aux expériences, les blocs soumis à des pressions qui les forçaient à s'é-

couler sous forme de jets cylindriques étaient particulièrement formés de plaques pour les métaux, ou de couches pour les matières céramiques, afin que les surfaces de joint primitives de ces plaques ou de ces couches pussent être retrouvées dans les jets après leur écoulement. C'est grâce à cette disposition ingénieuse, qui constitue une méthode spéciale d'observation, qu'il a été possible de suivre toutes les transformations subies par la matière et d'étudier les lois géométriques de ces transformations.

Pour ne pas abuser des moments de l'Académie, nous n'entrerons dans aucun détail sur les procédés employés pour produire les écoulements dont les nombreux résultats ont été mis sous ses yeux.

Nous dirons seulement que, pour cette première partie des expériences, les pressions nécessaires ont été produites à l'aide d'une presse hydraulique à quatre cylindres avec laquelle on a exercé des efforts qui pouvaient s'élever jusqu'à 100,000 kilogrammes de pression totale exercée sur les plaques. On a ainsi successivement soumis à l'expérience des matières molles et plastiques, telles que la terre à brique, la terre à porcelaine : des matières pulvérulentes, comme le sable et le plomb de chasse ; et enfin des métaux plus ou moins ductiles, tels que le plomb, l'étain, l'argent, le cuivre rouge, le fer, et même l'acier.

Les expériences sur le plomb ont été faites en forçant le métal à passer par des orifices différents, dont les diamètres ont été successivement de 0<sup>m</sup>, 010, 0<sup>m</sup>, 030 et 0<sup>m</sup>, 040. Le diamètre extérieur primitif du bloc était de 0<sup>m</sup>, 100 et le nombre de plaques de plomb dont il se composait a varié de 2 jusqu'à 20 pour la série la plus complète.

D'autres observations sur des blocs de 0<sup>m</sup>, 050, et avec des orifices d'écoulement de 0<sup>m</sup>, 020 seulement, ont été exécutées sur le plomb, sur l'étain, sur le cuivre et sur l'argent, en se servant presque toujours de la presse hydraulique et accidentellement d'un balancier que possède le Conservatoire.

Plus tard, des expériences ont été faites sur des blocs de 0<sup>m</sup>, 039 de diamètre seulement, soit avec la presse hydraulique sur le plomb, sur l'étain et sur l'argent, soit avec le balancier de la Monnaie, pour le cuivre et pour l'acier.

« Quant aux pâtes céramiques, les expériences ont été exécutées en comprimant, soit par des charges directes, soit à l'aide de la presse hydraulique, des blocs de 0<sup>m</sup>, 100 de diamètre renfermés dans des boîtes de même dimension. Les diamètres des jets ont varié de 0<sup>m</sup>, 020 à 0<sup>m</sup>, 050, et les expériences sont au nombre de vingt-trois.

Sur les matières pulvérulentes, on a opéré soit par pression de bas en haut pour conserver la forme des jets, soit par écoulement naturel. En imprégnant ensuite ces jets après l'expérience, avec la cire fondue, on est parvenu à leur donner une solidité suffisante pour qu'il fût possible de les couper.

Des expériences analogues ont été exécutées sur le plomb de chasse, à l'aide de moyens semblables.

Enfin, et pour rendre l'analogie plus remarquable encore, l'auteur a opéré de la même manière sur des liquides superposés, en ayant soin d'en employer de densités peu différentes, de l'eau et de l'huile légèrement colorée en vert par son séjour dans un vase de cuivre.

Les résultats généraux de toutes ces expériences

déjà fort variées, et dont l'auteur étend encore le cercle, sont exprimés dans son mémoire sous forme de conclusions, dont nous ferons connaître l'importance en les résumant succinctement, et dont l'exactitude a été d'ailleurs constatée par plusieurs membres de l'Académie qui les ont appréciées de leurs propres yeux.

Dans tous les échantillons des corps expérimentés, et même dans les liquides, les faces planes de joint des plaques ou des couches se sont, sans exception, modifiées au centre en formant des surfaces de révolution, qui se rétrécissent de plus en plus à la sortie et deviennent presque cylindriques en constituant vers la partie du jet la plus rapprochée de l'orifice des tubes concentriques distincts.

Ces tubes, parfaitement continus, s'emboîtent exactement les uns dans les autres à partir de leur naissance dans le bloc, de manière que chaque ligne de joint se trouve représentée, dans les coupes faites suivant l'axe, par un trait d'une grande finesse et généralement très-régulier.

Les lignes de joint font voir que toutes les molécules du bloc viennent individuellement et successivement se placer dans le jet.

Les épaisseurs des calottes qui, dans le jet, correspondent à chaque plaque augmentent en commençant depuis la partie extérieure du jet ; pour celle-ci, la différence d'épaisseur entre elle et la plaque dont elle provient est toujours très-faible.

Les épaisseurs des calottes qui terminent les plaques dans le jet, sont telles, que les distances des différentes lignes de joint à l'extrémité, lorsqu'on les mesure suivant l'axe, augmentent dans une proportion plus rapide

que le nombre des plaques. Pour les premières plaques la différence d'épaisseur est toujours très-faible.

Dans les parties où l'un des tubes a pris la forme à peu près cylindrique, à l'intérieur et à l'extérieur, l'épaisseur de ce tube est telle, que sa section diffère très-peu de celle qui représenterait la section totale divisée par le nombre des plaques. Un grand nombre de mesures prises sur les coupes, particulièrement dans les jets en pâtes céramiques, satisfont avec une étonnante exactitude à cette observation.

Toutes les expériences, dont il est question dans le mémoire, ont été faites, comme on l'a dit, sur des blocs cylindriques renfermés dans une enveloppe solide, de même forme et de même diamètre, percée à son fond d'un orifice circulaire concentrique dont le diamètre a varié, et la pression s'exerçait à la face supérieure.

Or, en remarquant que, dans les expériences, le bloc cylindrique sur la base duquel s'exerçait la pression étant ainsi toujours renfermé dans une enveloppe de forme invariable, les épaisseurs seules des plaques diminuaient à mesure qu'une partie du solide était expulsée, l'auteur a été naturellement conduit à en conclure qu'outre le mouvement vertical de déplacement manifesté par la formation d'un jet, il se produisait dans chacune des couches horizontales un mouvement dirigé de la circonférence au centre.

D'après ces considérations tout à fait logiques et conformes d'ailleurs à l'apparence des surfaces de joint des plaques qui manifestent ces mouvements, l'auteur a pu concevoir le bloc primitif comme composé à l'origine d'un cylindre central de même diamètre que l'orifice d'écoulement, et d'un cylindre annulaire extérieur au premier.

Pendant les diverses transformations éprouvées par ces deux cylindres, lorsque, sous l'action d'une pression extérieure énergique, leur hauteur, ainsi que le diamètre du cylindre central, diminuent, il se forme en dehors de l'orifice un jet dont la longueur s'accroît jusqu'à ce que, la totalité du bloc primitif étant à peu près expulsée, les deux cylindres se soient complètement transformés en un jet de même volume total. C'est en étudiant ces modifications successives que M. Tresca a pu suivre la marche des molécules.

Partant en effet des considérations précédentes et de l'invariabilité à peu près complète, constatée par des expériences spéciales, de la densité et du volume des blocs, malgré leurs déformations, l'auteur, par un heureux choix des coordonnées qu'il a employées, selon qu'il s'est agi de diverses parties du solide déformé, a déterminé les équations des lignes dans lesquelles se transforment les génératrices du cylindre central, ainsi que les rayons du cylindre annulaire extérieur, à mesure que la déformation progresse.

La composition des blocs primitifs qu'il avait, dans ses expériences, formés de plaques ou de couches homogènes, d'épaisseurs tantôt égales et tantôt différentes, lui a permis de suivre, à l'aide du calcul comme par l'observation, la marche de leur passage par l'orifice et de leur répartition dans le jet, et de déterminer l'équation de la trajectoire d'un point quelconque du bloc primitif.

Sans suivre l'auteur dans cette discussion délicate, pour laquelle il a adopté une marche qui pourrait probablement être étendue avec succès à d'autres études sur les mouvements moléculaires des corps dont les défor-



mations sont permanentes, nous nous bornerons à dire que les formules auxquelles il est parvenu représentent, avec une exactitude très-satisfaisante, les résultats des observations.

Nous ne citerons que deux exemples caractéristiques de ces vérifications. L'un est relatif à la détermination des distances respectives des extrémités des jets, sous forme de capsules cylindriques auxquelles donnent lieu les diverses plaques ou couches d'égale épaisseur qui constituaient des blocs en plomb, en métaux divers ou en matières plastiques. L'autre est la courbure, suivant une hyperbole d'un degré supérieur, dans laquelle s'est transformée chaque génératrice du cylindre central, lorsque le bloc tout entier a été expulsé par la pression.

Les mesures et les tracés déduits des formules présentent avec les résultats des observations une concordance générale parfaite quant aux formes, et qui, sous le rapport des dimensions mêmes, laisse si peu de chose à désirer que l'on peut regarder la vérification des formules comme aussi satisfaisante qu'il est possible de l'obtenir dans des recherches de ce genre.

L'auteur du mémoire dont nous rendons compte à l'Académie a donc déjà résolu en partie, pour les corps solides qu'il a soumis à ses expériences, la question si délicate que, dans son *Mémoire sur les expériences hydrauliques relatives aux lois de l'écoulement de l'eau*, notre illustre confrère, M. Poncelet, posait dans les termes suivants (p. 155) :

« La question des mouvements des molécules liquides et de la forme des courbes qu'elles présentent soit à la surface, soit à l'intérieur de la veine, est de la plus grande importance dans l'état actuel d'imperfection de

la théorie ; et, si l'on parvenait à la résoudre, même grossièrement, par des observations directes, et pour différents cas distincts, on mettrait la géométrie sur la voie de beaucoup de recherches utiles, jusqu'ici inabornables. »

L'auteur n'a encore fait connaître que la première partie des recherches qu'il poursuit avec une énergique persévérance, mais on voit par cette analyse succincte que son mémoire contient assez de faits nouveaux et importants pour qu'il paraisse digne de tous les encouragements de l'Académie, et votre commission vous propose d'en ordonner l'insertion dans le *Recueil des savants étrangers*.

---

# THÉORIE DE L'ANGLE UNIQUE

## EN PHYLLOTAXIE

PAR

M. C. DE CANDOLLE.

---

Les botanistes donnent le nom de Phyllotaxie à l'ensemble des lois qui régissent la disposition des organes foliacés sur les tiges. Cette partie de la science a produit deux théories opposées. Depuis C. Schimper qui le premier a signalé l'arrangement spiral, presque tous les botanistes ont admis que la distance angulaire qui sépare les feuilles varie non-seulement d'une espèce à une autre, mais fréquemment aussi dans les différentes parties d'un même individu. Il est vrai qu'ils ont atténué cette apparente complication en signalant des lois remarquables qui relient entre eux ces différents angles. En 1838, deux savants français MM. Bravais et Martins, émirent l'opinion inverse que la distance angulaire des feuilles est constante non-seulement dans les diverses parties de chaque individu, mais même d'une manière générale pour toutes les plantes phanérogames à feuilles alternes. Malheureusement MM. Bravais et Martins n'ayant pas démontré le théorème qui doit servir de base à leur manière de voir, leur hypothèse a eu peu de faveur auprès des maîtres de la science qui continuent à admettre l'existence de plusieurs angles différents.

Ce n'est donc pas sans avoir longtemps hésité que je me hasarde aujourd'hui à plaider la cause de l'angle unique. Afin de faire comprendre la nature de cette question, il me semble nécessaire de rappeler brièvement les traits principaux de l'ancienne théorie.

On comprend qu'on a dû être amené de bonne heure à rechercher les lois de la disposition des feuilles.

L'importance de cette étude est manifeste. Puisque les parties de la fleur ne sont que des feuilles modifiées, leur mode de disposition, leur symétrie comme on dit en botanique, doit être soumise aux mêmes lois. Réciproquement, si on trouve dans la symétrie des parties de la fleur les mêmes lois qu'en phyllotaxie, on aura une preuve de plus de l'identité fondamentale des feuilles modifiées et des feuilles ordinaires.

Un coup d'œil jeté sur un certain nombre de plantes fait bien vite voir que les feuilles sont tantôt éparses à des hauteurs différentes le long de la tige, tantôt réunies par groupes d'un nombre plus ou moins grand de feuilles placées à une même hauteur.

Dans le premier cas, les botanistes disent que les feuilles sont alternes et dans le second cas ils appellent verticille l'ensemble des feuilles situées à une même hauteur.

En examinant les choses avec un peu plus d'attention, on trouve que les feuilles alternes ne sont point disséminées au hasard. Si on les suit toutes de bas en haut, en partant de l'une d'entre elles, on verra qu'après avoir tourné un certain nombre de fois autour de la tige on rencontrera une nouvelle feuille qui semblera située exactement au-dessus de celle dont on est parti. On observe que les feuilles intercalées entre celles qui semblent ainsi

superposées sont séparées par une même distance angulaire. Si donc on prend une feuille quelconque pour origine, il faudra toujours tourner le même nombre de fois autour de la tige et passer par le même nombre de feuilles intermédiaires avant d'en trouver une qui se superpose à la première.

L'ensemble formé par une première feuille et celles qui suivent jusqu'à ce qu'on en trouve une située au-dessus de la première, est ce qu'on nomme un *cycle*. En divisant le nombre de fois qu'il faut faire le tour de la tige pour parcourir tout un cycle, par le nombre des feuilles qui forment ce cycle, on obtient la valeur de l'angle qui sépare deux feuilles consécutives. Cet angle est ce qu'on nomme la *divergence des feuilles*.

En étudiant un grand nombre de plantes différentes, on trouvera que les cycles ne sont pas toujours composés d'un même nombre de feuilles, et en déterminant la divergence correspondant à chacun de ces cycles on trouvera des angles différents.

Or les botanistes, après avoir ainsi déterminé la divergence des feuilles dans un grand nombre de plantes et dans les diverses parties de ces plantes, ont reconnu que tous les angles mathématiquement possibles n'existent point dans la nature. Bien plus, tous ceux qu'ils ont trouvés rentrent dans une des séries suivantes :

$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{13}$	...
$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{3}{11}$	$\frac{5}{18}$	...
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{9}$	$\frac{3}{14}$	$\frac{5}{23}$	...

La première de ces séries fournit à elle seule presque tous les angles connus et ceux des séries suivantes sont de plus en plus rares à mesure qu'on s'éloigne de la première.

On voit d'ailleurs que chaque terme d'une série peut se former au moyen des deux précédents en additionnant leurs numérateurs et dénominateurs.

Il en résulte que chaque série n'est autre chose que la suite des réduites d'une fraction continue de la forme simple

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} \dots$$

Ainsi on est arrivé à formuler la loi générale de la disposition des feuilles alternes de la manière suivante :

*La divergence des organes foliacés est toujours égale à une des réduites d'une fraction continue de la forme*

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} \dots,$$

*et de toutes les fractions continues de cette forme, celle qui fournit le plus grand nombre des divergences connues est celle*

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} \dots$$

qui donne lieu aux angles de divergence de la série

$$\frac{1}{2} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{2}{5} \dots$$

Le fait que tous les angles de divergence qui existent dans la nature sont les différences réduites de quelques fractions continues simples, a paru un mystère. On a pensé que ces rapports singuliers des angles de divergence entre eux cachaient quelque secret extraordinaire.

C'est ce mystère que MM. Bravais et Martins ont essayé de sonder dans le mémoire cité plus haut.

Ils furent frappés, d'une part, de ce que les angles de chaque série de la nature sont tous des approximations successives d'une même fraction continue, et d'autre part, de ce qu'on n'observe jamais les termes élevés de ces séries que dans les cas d'une grande condensation des feuilles. Cette considération les conduisit naturellement à penser que les divergences d'une même série ne sont, au fond, que des approximations successives d'un seul et même angle. Ils furent confirmés dans cette opinion par la remarque que les divergences d'ordre un peu élevé dans chaque série sont en réalité si peu différentes les unes des autres, qu'ils doivent différer extrêmement peu de la véritable valeur de la fraction continue, dont ils sont les réduites.

Ainsi, dans la série la plus connue,  $\frac{3}{8}$  et  $\frac{5}{13}$  ne diffèrent que de  $\frac{1}{104}$  de circonférence, quantité inappréciable à l'œil sur presque toutes les tiges.

Malheureusement MM. Bravais et Martins n'ont pas poussé leur investigation au delà de ces rapprochements. Ils se sont contentés d'exposer avec clarté et précision un certain nombre de conséquences importantes de l'arrangement spiral, telles que la nature des parastiches et les différences essentielles entre la disposition alterne et la disposition verticillaire. La plupart des botanistes ont

trouvé le mémoire de MM. Bravais et Martins trop mathématique et point assez concluant. La théorie de l'angle unique a été ainsi rejetée par presque tout le monde, sans qu'on l'ait examinée à fond.

Il m'a toujours semblé cependant qu'on ne pourrait jamais comprendre le véritable rôle des fractions continues dans la nature, sans avoir établi d'abord toutes les conséquences mathématiques de l'arrangement spiral.

L'existence des séries de réduites est-elle une conséquence nécessaire de l'arrangement spiral? Telle est la question qui m'a paru résumer tout le conflit, et je me suis appliqué à la résoudre. Dans ce but, j'ai cherché à déterminer géométriquement la relation générale de points équidistants disposés en hélice autour d'un cylindre, par rapport à l'un d'entre eux pris comme origine. On voit que je n'ai abordé que le cas de points situés sur une seule hélice. C'est celui des feuilles alternes, et je m'en réfère, pour tout ce qui concerne les verticilles, au mémoire de MM. Bravais et Martins, dans ce qu'il contient de général sur ce sujet<sup>1</sup>. Cela dit, je vais démontrer le théorème suivant, dont les conséquences seront décisives.

*Théorème.*— Si on a une suite de points séparés par une même distance angulaire irrationnelle, et dont le lien géométrique soit une hélice enroulée autour d'une surface cylindrique, il existera une série de ces points qui seront de plus en plus rapprochés de la directrice passant par l'un d'entre eux pris comme origine, et tels que chacun d'eux

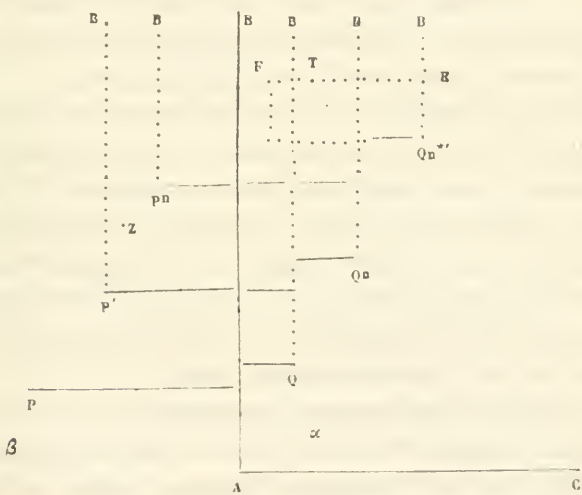
<sup>1</sup> Mon ami M. L. de la Rive, connu par ses travaux de physique mathématique, a bien voulu vérifier l'exactitude de mes démonstrations, et je saisis avec empressement l'occasion de lui témoigner ma vive reconnaissance.



en sera plus rapproché qu'aucun des précédents. Ces points, de plus en plus rapprochés de cette directrice, seront situés alternativement de chaque côté d'elle.

Pour le démontrer, supposons qu'on ait développé la surface cylindrique ainsi que l'hélice sur un plan  $BAC$ , soit  $AB$  la directrice passant au point d'origine. Soit  $\delta$  la divergence des points que je supposerai tous numérotés à partir du point  $A$ , pris comme 0.

Supposons qu'après un premier tour de circonférence l'hélice coupe la directrice  $AB$  entre deux numéros distants de cette ligne, l'un de l'angle  $\alpha$  à droite, et l'autre de l'angle  $\beta$  à gauche.



Si  $\delta$  est irrationnel,  $\alpha$  et  $\beta$  doivent être incommensurables. Examinons d'abord le cas où  $\alpha$  est plus petit que  $\beta$ , et est contenu au plus  $n$  fois dans  $\beta$ ,  $n$  étant entier. Au second tour, la distance de droite à la directrice

sera égale à  $2\alpha$ , et celle de gauche à  $\beta - \alpha$ . Il est clair qu'à chaque tour la distance de droite ira en augmentant et celle de gauche en diminuant, jusqu'à ce qu'on rencontre un point distant à gauche de  $\beta - n\alpha$ . Au tour qui suivra, la distance de gauche sera de nouveau plus grande, et celle de droite égale à  $(n+1)\alpha - \beta$ . Ce dernier angle est nécessairement plus petit que  $\alpha$ . A partir de ces deux distances minima  $\beta - n\alpha$  et  $(n+1)\alpha - \beta$  les distances de droite vont de nouveau en augmentant, et celles de gauche en diminuant.

Dans le cas où  $\beta$  aurait été contenu un certain nombre de fois dans  $\alpha$ , c'est le contraire qui aurait eu lieu. Dans l'un et l'autre cas, on trouvera nécessairement au-dessus de A deux points situés à droite et à gauche, à des distances plus petites qu'aucune de celles qui précèdent et qu'aucune de celles qui suivent immédiatement.

On conçoit qu'il doit exister d'autres distances minima au-dessus de ces deux premières. Pour comprendre comment ces autres minima se suivront, examinons le cas général où on aurait trouvé deux points P et Q situés à droite et à gauche de AB, tels que leurs distances P et Q à cette ligne fussent plus petites qu'aucune de celles qui précèdent, et tels qu'il n'y ait entre P et Q aucun autre minimum plus petit que P le plus grand.

Soit T le nombre de tours que l'hélice fait entre A et Q, et R le nombre de ces tours entre A et P. Supposons la différence  $T - R$  quelconque. Voyons d'abord le cas où Q serait compris au plus  $n$  fois dans P.

Menons la directrice QB. Après T tours au-dessus de Q, on trouvera un point Q<sup>n</sup> distant à droite de QB de l'angle Q. Entre Q et Q', il n'y aura pas de point plus rapproché de QB que Q'. En menant la directrice Q'B et répétant

le même raisonnement, on trouvera une série de points  $Q Q' \dots Q^n$ , qui seront les plus rapprochés de  $A B$  qui puissent exister entre  $A$  et  $Q^n$  à droite.

De même, en faisant  $R$  tours au-dessus de  $Q Q'$ , etc., on trouvera une série de points  $P' P'' P^n$  de plus en plus rapprochés à gauche de  $A B$ , et tels que ce dernier  $P^n$  en soit distant de  $P - N Q < Q$ . Ce dernier point sera plus rapproché de  $A B$  qu'aucun de ceux qui précèdent. De plus, il ne peut y en avoir aucun autre entre  $P^n$  et  $P^{n-1}$  à gauche de  $P^n$  entre les directrices  $P^n B$  et  $P^{n-1} B$ . Car supposons qu'il en existât un, tel que  $z$ . Menons la directrice  $z B$ . Le point  $P^n$  devrait être séparé de  $z B$  par un angle moindre que  $Q$ .

Or, pour trouver au-dessus de  $z$ , à droite de la directrice  $z B$ , un point qui n'en soit pas plus éloigné que  $Q$ , il faut faire plus de  $T$  tours. D'autre part, il ne saurait y avoir  $T$  tours possibles entre  $z$  et  $P^n$ . Donc, tout point situé entre  $P^n$  et  $P^{n-1}$ , à gauche de  $P^n$ , doit en être distant d'un angle plus grand que  $Q$ .

On pourrait en dire autant de tous les points situés entre  $P^{n-1}$  et  $P^{n-2}$ , à gauche de  $P^{n-1}$ , et ainsi de suite jusqu'aux points situés au-dessous de  $P$  à gauche. D'ailleurs il est clair qu'au-dessus de  $P^n$  les distances de gauche vont de nouveau en augmentant.

Donc  $P^n$  est le premier minimum plus petit que  $Q$ . Il est situé de l'autre côté de  $A B$  et égal à l'avant-précédent, diminué d'un nombre entier de fois le précédent.

On pourrait répéter le même raisonnement sur  $P^n$  et  $Q$  envisagés ensemble. On trouverait du côté de  $Q$  une série de points allant en se rapprochant de  $A B$ , et si  $P^n$  est compris  $M$  fois dans  $Q$ , on arrivera à un point distant à droite de  $A B$ , de  $P^n - M Q$ , plus rapproché de cette ligne

qu'aucun des précédents. On prouverait comme ci-dessus que tout point situé à droite de  $P^n - M Q$ , et au-dessous, en est distant d'un angle plus grand que  $P^n$ . En jetant un coup d'œil sur le rectangle  $EFQ^{n+1}$  formé en menant après  $R$  tours au-dessus de  $Q^{n+1}$  la ligne  $EF = P$ , on voit que  $Q^{n+1} - P$  est égal à  $Q - P^n$ . D'autre part, si  $P^n$  est contenu au plus une seule fois dans  $Q$ , le minimum de droite qui suit  $P^n$  doit être  $Q - P^n$ . On voit que ce cas n'est autre que celui où  $Q^{n+1}$  est minimum.

Il est bon aussi de remarquer que tout ce qu'on a dit dans le courant de la démonstration reste vrai si  $P$  et  $Q$  sont au même niveau, c'est-à-dire lorsque nos deux premiers numéros correspondent à des minima.

Enfin, il est clair que tous ces raisonnements conduiraient aux mêmes résultats, en supposant  $Q$  plus grand que  $P$ .

Donc, au-dessus des deux minima  $P$  et  $Q$ , ou  $\beta - n\alpha$  et  $(n+1)\alpha - \beta$ , il y en aura une série d'autres situés alternativement de chaque côté de  $A B$ , et les numéros correspondants à ces minima seront toujours plus rapprochés de  $A B$  qu'aucun de ceux qui les précèdent. C. Q. F. D. Les numéros correspondants à ces minima seront toujours précédés et immédiatement suivis de points plus éloignés qu'eux de la directrice  $A B$ . En outre, après chaque minimum, il faudra remonter dans l'hélice au moins aussi haut pour en trouver un nouveau minimum plus petit.

On voit que le nombre de tours de l'hélice entre l'origine et un de ces points de plus en plus rapprochés est toujours égal à la somme du nombre de tours entre l'origine et l'avant-précédent minimum augmenté d'un nombre entier de fois le nombre de tours correspondant

au précédent minimum. Les numéros correspondant à ces minima croissent suivant la même loi.

Donc, si pour chacun de ces minima on forme la fraction qui a pour numérateur le nombre de tours et pour dénominateur le numéro correspondant, on a une suite d'approximations de la divergence qui se suivent en produisant une série de la forme

$$(1) \quad \frac{p}{q}, \frac{r}{s}, \frac{p+nr}{q+ns}, \frac{r+(p+nr)n'}{s+(q+ns)n'} \dots$$

Ces fractions sont évidemment la suite des réduites d'une fraction continue de la forme

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\frac{1}{b} + \frac{1}{\frac{1}{n} + \frac{1}{n'} \dots}}$$

Tout ce qu'on a dit d'une hélice s'enroulant sur un cylindre peut se dire d'une hélice s'enroulant sur un cône ou sur un cône tronqué ou renversé. Il suffit pour appliquer la démonstration à de semblables surfaces de supposer les différents points projetés sur un cylindre enveloppant, en conservant leurs distances angulaires.

Dans le cas particulier où les quotients successifs  $n, n', n'' \dots$  sont tous égaux à l'unité et où les deux premiers minima ont lieu au premier tour, la fraction continue prend la forme

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{1}{1} \dots}$$

où on reconnaît celle qui donne naissance aux angles de divergences observés dans la nature.

Il est bien évident que ce sont les points de plus en plus rapprochés de la directrice AB que l'œil sera tenté de considérer comme situés sur cette verticale.

Plus le pas de l'hélice sera raccourci, plus sera grande l'exactitude avec laquelle l'œil jugera le véritable écartement des points. Si donc nous supposons que le pas de l'hélice aille en se raccourcissant, ce sont les points de plus en plus rapprochés de la directrice AB qui sembleront successivement superposés au point d'origine. Il est clair que si la divergence est telle que la fraction continue soit

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} \dots$$

chaque superposition apparente produira un des cycles de la série :

$$\frac{1}{2} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{2}{5} \dots$$

et toutes les valeurs de la divergence qui correspondraient à une des autres fractions continues observées fourniraient les différents termes de la série correspondante.

Si l'angle de divergence n'est pas irrationnel, on ne trouvera qu'un certain nombre de points de plus en plus rapprochés donnant les termes correspondants aux premières réduites, et le dernier de ces points sera situé exactement sur la ligne AB. Dans ce cas-là, quelle que soit la petitesse du pas de l'hélice, il ne pourra y avoir de superposition plus apparente que celle correspondant à ce dernier point.

Dans l'un et l'autre cas, soit que la superposition exacte n'ait lieu qu'après un certain nombre de points de plus en plus rapprochés, soit que la divergence soit irrationnelle, *les cycles de plus en plus apparents correspondront à une série de valeurs de plus en plus approchées de la divergence et formant une suite telle que la série (1), cette suite pouvant prendre les formes observées dans la nature.*

Revenons maintenant à la question botanique.

Sur un même rameau on voit apparaître successivement une série de cycles d'ordres de moins en moins élevés à mesure que l'axe du rameau s'allonge et tous ces cycles successifs correspondent aux termes d'une série de la forme (1). Donc en vertu de ce qui précède ces séries de cycles qu'on retrouve chez diverses plantes ou dans les différentes parties d'une même plante, correspondent chacune à un seul et même angle de divergence que l'œil apprécie plus ou moins bien, suivant la condensation plus ou moins grande des feuilles.

On peut alors prendre indifféremment pour la valeur de cet angle ou bien le terme le plus élevé de chaque série, ou bien la limite vers laquelle tend cette série. Dans le premier cas on admet un angle unique rationnel qu'il faudra changer contre un autre dès qu'on trouvera un terme plus élevé de la même série.

Dans le second cas on admet un angle unique irrationnel qui expliquera tous les cas présents et à venir.

Les botanistes ont paru s'effrayer de ce terme: *irrationnel*. Mais que veut-il dire en langage botanique? Il signifie uniquement qu'aucune feuille n'est rigoureusement superposée à une autre. Ne pourrait-il pas y avoir quelque raison anatomique qui exigeât que les feuilles, au

moment où elles naissent très-rapprochées les unes des autres sur un cône végétatif, ne fussent pas exactement superposées ?

En admettant la théorie de l'angle unique, on verra que de tous ceux qui existent dans la nature, le plus grand est celui de la série la plus commune

$$\frac{1}{2} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{2}{5} \quad \dots$$

Cet angle est celui pour lequel la surface de tige est la plus près d'être égale des deux côtés d'une même feuille. Or les botanistes ont observé que dans le cas où les limbes de feuille ne sont pas symétriques, leur plus grand développement a toujours lieu du côté de l'angle le plus grand.

Si, comme on le dit, les angles correspondant aux autres séries sont plus fréquents chez les végétaux fossiles, la fréquence de l'angle plus grand compris entre  $\frac{1}{2}$  et  $\frac{1}{3}$  indiquerait-elle une tendance vers une symétrie plus grande des limbes ?

Enfin le fait que l'angle compris entre  $\frac{1}{2}$  et  $\frac{1}{3}$  est commun à presque tous les phanérogames, ainsi qu'à un grand nombre de cryptogames, est certainement un indice de la communauté d'origine de tous ces végétaux. Il me semble que je ne saurais trop insister, en terminant, sur cette conséquence de la théorie de l'angle unique.



## BULLETIN SCIENTIFIQUE.

---

### PHYSIQUE.

L. DUFOUR. NOTE SUR UN COUP DE Foudre. (*Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, n° 52.)

Dans la nuit du 23 au 24 juin 1864, un orage violent éclata dans le voisinage de Lausanne. La foudre tomba à plusieurs endroits et notamment sur une maison à l'orient de la ville, du côté de Beaulieu. Cette maison est au milieu d'un pré légèrement en pente ; il y a plusieurs grands arbres dans son voisinage immédiat, entr'autres des noyers.

Le toit est pourvu de deux pointes de paratonnerre communiquant avec le sol à l'aide d'un seul conducteur. Ces pointes ont été frappées toutes les deux dans la nuit du 23 juin ; la maison n'a éprouvé aucun accident, mais le paratonnerre a été endommagé.

Les deux pointes s'élèvent à 5 mètres à peu près au-dessus du faite du toit. Elles sont reliées, à leur base, à une corde formée de 15 fils de laiton. Cette corde métallique suit le faite parallèlement, puis se continue par un conducteur en fer, à section carrée de 16 millimètres de côté, qui longe obliquement le toit, descend à l'angle N.-E. et pénètre dans la terre à environ 3 mètres du mur de la maison.

Les pointes, qui sont en fer, se terminent par une pièce de laiton vissée soigneusement à leur extrémité. Cette pièce, en forme de cône, a 2 centimètres de diamètre à la base et 15 centimètres de hauteur. Le sommet tronqué présente une petite cavité

de trois millimètres de diamètre. L'intérieur de cette cavité est à vis et c'est là qu'était fixée la pointe de platine.

La foudre a complètement fondu le platine et il n'en est resté qu'une petite quantité, à peine visible, au fond de la cavité où ce métal était vissé au laiton. Je n'ai pu savoir sûrement quelles étaient la forme et la dimension du platine lorsque l'appareil a été installé. — En examinant avec soin l'extrémité du cône en laiton, on remarque que les pas de vis ont leurs arêtes émoussées; il y a eu manifestement là un commencement de fusion. En outre, la surface du laiton elle-même, à l'extérieur, présente des traces très-nettes de fusion; elle est recouverte de gouttelettes solidifiées, brillantes, surtout visibles avec la loupe.

Près du point d'intersection de la tige de 5 mètres avec la corde de laiton, il y a eu une rupture de cette dernière. Les différents fils sont brisés et recouverts d'une couche noirâtre près des points de rupture. Leur section, trois jours après l'événement, était complètement noire chez les uns et au contraire assez brillante chez les autres. La corde de laiton, qui était passablement rectiligne et tendue entre les deux pointes tout le long du faite, a été remarquablement tordue et contournée. C'est même sa courbure compliquée et nouvelle qui a attiré l'attention des habitants de la maison le matin du 24 juin.

Le reste du conducteur n'a éprouvé aucune avarie.

Les détails qui précèdent peuvent donner lieu à quelques remarques relatives aux règles qui doivent présider à la construction des paratonnerres.

La fusion et la disparition presque complète des pointes de platine montrent que ces pointes étaient trop minces. D'après les renseignements que j'ai pu recueillir, elles étaient probablement assez allongées et très-fines à leur extrémité. Si le cordon métallique n'avait pas été brisé et déformé par le coup de foudre, on n'aurait très-probablement pas supposé que le paratonnerre avait été frappé et la maison serait demeurée pourvue d'un simple conducteur qui n'aurait sûrement plus été un préservatif

contre l'électricité atmosphérique. L'exemple dont il est ici question confirme donc le perfectionnement proposé à l'Académie des sciences de Paris, en 1854, par M. Pouillet<sup>1</sup> et donne raison aux pointes de platine plus courtes, mais plus larges. On se rappelle que M. Pouillet conseille la forme d'un cône de 30° d'ouverture fixé par une large base à une pièce en cuivre. Cette dernière disposition doit évidemment diminuer le réchauffement du platine et par conséquent les chances de fusion.

La corde en fils de laiton n'était pas convenablement reliée à la base de la tige. On s'était contenté de tourner les fils autour de cette tige et le contact était évidemment très-imparfait. Il l'est devenu sans doute de plus en plus à mesure que les surfaces métalliques se sont oxydées à l'air. Aussi, la foudre a produit en ce point des désordres mécaniques assez graves et plusieurs fils ont été rompus là où ils entouraient la tige comme un collier.

La rupture totale de la corde de laiton résulte-t-elle d'une traction subite occasionnée par le passage du courant (ce que semblerait indiquer la courbure très-prononcée que cette corde a prise), ou bien n'est-elle qu'une conséquence de la conductibilité insuffisante de cette corde?... Je ne saurais le dire ; mais il me paraît hors de doute, dans tous les cas, que les 15 fils de laiton ne constituaient pas un conducteur suffisant. Chaque fil, en effet, n'a pas plus de 1<sup>mm</sup>,5 de diamètre ; sa section, par conséquent, est de 1,76 millimètres carrés. L'ensemble des 15 fils représente donc une section de 26,49 millimètres carrés. — Or, d'après M. Becquerel<sup>2</sup>, la conductibilité du laiton est à celle du fer dans le rapport de 29,3 à 17,7. Par conséquent, les 15 fils ci-dessus, présentant une section totale de 26,49 millimètres carrés, offrent la même conductibilité qu'une section

$$\text{de } \frac{26,49 \times 29,3}{17,7} \text{ ou } 46,65$$

millimètres carrés en fer. Cela représente une barre dont le

<sup>1</sup> *Comptes rendus*, décembre 1854.

<sup>2</sup> *Ann. de Chim. et Phys.*, 3<sup>me</sup> série, L., p. 192.

côté serait de 6<sup>mm</sup>8. C'est là une dimension assurément très-insuffisante et beaucoup plus faible que celle de la tige en fer qui prolongeait et précédait la corde en laiton. Il n'est donc pas étonnant qu'il se soit produit une rupture au point où l'électricité a passé d'une portion à l'autre du conducteur.

Il est à remarquer encore que le conducteur, dans la portion en fer, présente des jonctions, entre les divers bouts qui le forment, tout à fait insuffisantes. On s'est contenté de juxtaposer les deux extrémités un peu amincies, puis de les fixer l'une à l'autre par un clou. Cette jointure imparfaite est devenue de plus en plus mauvaise avec le temps à cause de l'oxydation des surfaces et actuellement il n'y a plus de contact métallique proprement dit. Le conducteur a ainsi de véritables solutions de continuité.

Quant à la communication du conducteur avec la terre, je n'en connais pas les détails; elle me paraît cependant dans de bonnes conditions, attendu que la tige en fer s'enfonce dans le sol à un point où passe une coulisse de fontaine.

En résumé, les incidents des coups de foudre de la nuit du 25 juin peuvent s'expliquer d'une manière satisfaisante par les détails défectueux de construction du paratonnerre.

1° Le conducteur présentant des bouts mal réunis et de véritables solutions de continuité, l'électricité de nom contraire à celle du nuage n'a pas pu être fournie par la terre et par conséquent s'écouler par la pointe.

2° L'électricité du nuage n'a donc pas été neutralisée suffisamment lorsqu'il passait au-dessus de la maison et un éclair a éclaté.

3° La corde en fils de laiton présentant une conductibilité beaucoup trop faible, le courant électrique y a produit les désordres mécaniques qui ont été indiqués.

Il suffit d'énoncer ces conclusions pour voir quelles sont les corrections que le paratonnerre devrait subir.

La maison dont il s'agit, y compris la grange attenante, pré-

sente une longueur de 58 mètres et une largeur de 22 mètres. Sa surface est par conséquent de 856 mètres carrés.

Il est à remarquer que cette localité paraît être assez fréquemment frappée par la foudre. La même maison l'a été il y a peu d'années. A une très-petite distance, à l'ouest, un poirier a été également foudroyé récemment. A deux ou trois cents mètres de là, au midi, un noyer a été enflammé par l'éclair il y a sept ans.

#### CII. DUFOUR. NOTE SUR LE BROUILLARD SEC DE JUILLET 1865.

(*Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, n° 52.)

Plusieurs physiciens nous ont laissé des descriptions du fameux brouillard sec qui, en 1785, couvrit une grande partie de l'Europe et que l'on attribue généralement à la fumée rejetée par les volcans dont plusieurs firent de terribles éruptions pendant cette année-là.

A en juger par les descriptions qui nous restent, et par le dire des rares témoins oculaires que notre génération a pu consulter, il est probable que ce brouillard sec a été semblable à celui qui a frappé un grand nombre de personnes dans le mois de juillet 1865, et spécialement le 14, première journée dans laquelle son apparition a été bien manifeste.

Peut-être n'est-il pas inutile de conserver quelque description de cette apparition de 1865, et surtout du jour pendant lequel elle fut le plus remarquable.

Le 14 juillet 1865 le ciel un peu vapoureux le matin l'est devenu de plus en plus pendant la journée. Dans l'après-midi, il faisait ce que l'on appelle un temps lourd ; néanmoins à Morges le baromètre est demeuré à peu près à 4 millimètres au-dessus de sa hauteur moyenne. Mais le soleil devenait de moins en moins brillant ; à 6 h. 28 m. du soir cet astre, encore à 15 degrés au-dessus de l'horizon, pouvait être contemplé à l'œil nu, il paraissait d'un rouge vif entouré d'un mince cercle lumineux.

En ce moment, depuis Morges on distinguait à peine les montagnes de la Savoie éloignées seulement de 15 à 20 kilomètres, et tous les objets plus éloignés étaient cachés par cette espèce de brouillard. A 6 h. 30 m. le soleil ne projetait presque aucune ombre ; à 7 h. 15 m., il n'en projetait plus du tout. En ce moment-là, son globe lumineux à une hauteur de  $4\frac{1}{2}$  degrés paraissait d'un rouge de sang, on pouvait le fixer sans aucune fatigue, plusieurs personnes ont cru que c'était la lune, ne songeant pas que ce phénomène se passait à l'ouest, c'est-à-dire dans des régions du ciel où la pleine lune ne se trouve jamais le soir.

Et peu après, quand le soleil disparut derrière les cimes du Jura, il ne paraissait plus que comme un disque dont l'éclat était tellement affaibli, qu'il se distinguait à peine par un faible rouge foncé des régions voisines du firmament. Le soir à 9 h. 30 m. on ne pouvait distinguer les étoiles que dans le voisinage du zénith, on apercevait encore Wega à une hauteur de  $71\frac{1}{2}^{\circ}$ , et Arcturus à  $66^{\circ}$ , mais on ne voyait ni Jupiter à une hauteur de  $17^{\circ}$ , ni Vénus à  $4^{\circ}$ .

Depuis lors, ce singulier phénomène a été visible encore pendant plusieurs jours. Le soleil paraissait sans éclat le matin et le soir, cependant à un moins haut degré que le 14 juillet. Ainsi cette espèce de fumée dans l'atmosphère diminua peu à peu, et dans les premiers jours d'août elle était devenue presque insensible.

Les voyageurs qui se trouvaient le 14 juillet sur le Righi virent l'éclat du soleil diminuer graduellement. Cet astre n'apparaissait plus dans le ciel que comme une tache rouge d'une teinte très-faible. Puis il disparut, comme s'il s'était couché dans l'air.

Mais pendant que le phénomène général s'amoindrissait, on apprenait que dans le courant de juillet 1865, les volcans italiens avaient eu de fortes éruptions. Ce fait rapproché de ceux de 1783 et 1851, donne encore plus de poids à l'opinion des personnes qui ont vu là une conséquence des éruptions volcaniques.

FEUSSNER. SUR L'ABSORPTION DE LA LUMIÈRE A DES TEMPÉRATURES DIFFÉRENTES. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Berlin*, mars 1865, et *Philosophical Magazine*, juin 1865.)

L'examen de la lumière transmise au travers d'un prisme après avoir traversé d'autres milieux absorbants, a acquis de l'importance depuis que M. Stokes a appelé l'attention des physiciens sur l'utilité pratique du sujet. Les premières expériences qui s'y rapportent ont été faites par le professeur Melde, de Marburg ; l'auteur du présent article s'est attaché plus particulièrement à étudier les changements qui se manifestent dans l'absorption, lorsqu'on mêle deux substances absorbantes incapables d'exercer une action chimique l'une sur l'autre, et aussi les changements dans l'absorption dus aux changements de température.

On sait que l'indigo fournit un spectre dans lequel une bande rouge, comparativement étroite, est suivie d'une bande d'absorption plus ou moins large selon que la solution d'indigo est plus ou moins concentrée ; vient ensuite une bande lumineuse qui atteint son maximum d'intensité dans le bleu, tandis qu'à l'extrémité violet du spectre la lumière est de nouveau absorbée. Si maintenant on mêle avec la solution d'indigo une petite quantité d'une solution de sulfate de cuivre, la bande rouge disparaît aussitôt, et au bout de quelques instants la seconde bande lumineuse commence à se rapprocher de l'extrémité rouge du spectre, et finit par s'étendre dans cette direction sur la 8<sup>e</sup> partie environ de la largeur du spectre entier. Pour que l'expérience réussisse, il est essentiel que la solution d'indigo soit complètement dépourvue d'acide sulfurique libre, car il suffit d'ajouter une seule goutte de cet acide pour rétablir le spectre primitif. L'on est même porté à se demander si le changement qui vient d'être décrit ne dépend peut-être pas de la formation d'un nouveau composé chimique. Si l'on ajoute à la solution d'indigo une petite quantité de bichromate de potasse à la place du sulfate de cuivre, le changement produit est beaucoup moins frappant. Dans

ce cas, la bande rouge du spectre reste sans altération, et ce n'est qu'après avoir ajouté plusieurs gouttes du bichromate, qu'on remarque un déplacement dans les limites du vert du côté de l'extrémité rouge. Le maximum de ce déplacement ne dépasse pas la trentième partie de la largeur totale du spectre.

Quant aux altérations dans l'absorption dues aux changements de température, les expériences de l'auteur ont porté sur les substances suivantes : les chlorures de fer et de cuivre, le sulfate de cuivre, le sulfate de cuivre ammoniacal, le bichromate de potasse, le sesquinitrate de nickel, le proto chlorure de cobalt et le bichlorure de platine. Il a remarqué que pour toutes ces substances le pouvoir absorbant augmentait avec la température, mais dans une proportion beaucoup plus forte dans le cas des chlorures que pour les autres sels. Le chlorure de cuivre, par exemple, à un degré convenable de concentration, devient complètement opaque à son point d'ébullition, et il est à remarquer que la portion du spectre qui reste le plus longtemps visible à mesure qu'on élève la température, ne coïncide pas exactement avec celle qui est la dernière à disparaître lorsqu'on augmente graduellement l'épaisseur de la couche ; de sorte que le point de maximum d'intensité du spectre se trouve placé différemment lorsque la substance est chauffée, et lorsqu'elle se trouve à la température ordinaire.

Le chlorure de cobalt se comporte d'une façon intéressante. A la température ordinaire, et à un degré convenable de concentration, cette substance fournit deux bandes lumineuses, dont l'une est très-intense, et embrasse la totalité du rouge et du jaune et une partie du vert, et dont l'autre, comparativement peu lumineuse, se trouve placée dans le violet. Si l'on applique la chaleur, cette bande violette diminue graduellement d'intensité, et deux nouvelles bandes d'absorption dont il n'existait auparavant aucune trace, apparaissent dans le rouge. Ces bandes augmentent rapidement de largeur, surtout celle qui est la moins réfrangible, à mesure que la température s'élève ; de ma-



nière que lorsque le point d'ébullition est atteint, elles ont complètement obscurci la bande lumineuse dans laquelle elles se sont formées, à l'exception d'une raie très-étroite et très-peu brillante à l'extrémité du rouge.

Pour expliquer ces phénomènes, on pourrait supposer que l'élévation de température donne lieu à quelque modification chimique dans la composition des liquides ; que par exemple, quelques atomes d'eau aient été fixés ou dégagés, si ce n'était que jusqu'à présent on n'a jamais remarqué de changement subit dans le pouvoir absorbant, mais toujours une altération parfaitement graduelle. D'autre part, ces phénomènes sont très-analogues à ceux observés par Brewster et autres savants relativement au pouvoir absorbant de certains gaz, dans lesquels les bandes paraissent augmenter en nombre et en largeur à mesure que la température s'élève.

---

BALFOUR STEWART et P.-G. TAIT. NOTE PRÉLIMINAIRE SUR LE RAYONNEMENT PROVENANT D'UN DISQUE SOUMIS A UN MOUVEMENT DE ROTATION. (*Philosophical Magazine*, juin 1865.)

Les physiciens ci-dessus, ayant été conduits l'un et l'autre par une série de raisonnements très-différents à des vues identiques quant à la transformation des forces, ont institué quelques expériences préliminaires sur l'augmentation qui paraît se manifester dans le rayonnement d'un disque de bois lorsqu'on le soumet à un mouvement rapide de rotation, et cela soit à l'air, soit dans le vide. Ces expériences ont été faites au moyen d'une pile thermo-électrique très-sensible et d'un galvanomètre. Dans les expériences faites à l'air, le disque en bois était du diamètre de neuf pouces. En le faisant tourner avec une vitesse d'un peu moins de cent révolutions par seconde, l'effet produit sur le galvanomètre-indicateur était très-appréciable, et paraissait bien dû au rayonnement du disque, et nullement à des courants d'air qui revenaient frapper la pile. L'effet produit était à peu près le même que

si la température du disque avait augmenté de 0°, 41 C. L'expérience a été répétée dans le vide avec un disque du diamètre de douze pouces, auquel on a imprimé une vitesse de rotation de cent révolutions par seconde, la pile thermo-électrique étant un peu plus rapprochée du disque que lors de l'expérience dans l'air. Dans ce cas, avec un vide de 0, 6 de pouce, on a obtenu un effet, dû selon toute apparence à une augmentation de rayonnement, à peu près le même que si la température du disque s'était accrue de 0° 83 C. En tenant compte du plus grand diamètre du disque, l'effet est probablement le même que celui qui a été remarqué dans l'air. Il paraîtrait résulter, d'après les auteurs de ces expériences préliminaires qu'ils comptent d'ailleurs poursuivre, que lorsqu'on fait circuler rapidement un disque en bois à la surface de la terre, sa radiation est accrue à raison de la vitesse de sa rotation, et cela également à l'air et dans un vide qui ne dépasse pas 0, 6 de pouce.

---

## CHIMIE.

H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE et L. TROOST. RECHERCHES CRITIQUES SUR LA CONSTITUTION DES COMPOSÉS DU NIOBIUM. (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, séance du 12 juin 1865.)

L'étude de la composition et des formes cristallines des composés qui résultent de l'union du fluorure hyponiobique avec les fluorures métalliques m'avait fait présumer que l'acide hyponiobique avait une constitution différente de celle que le célèbre H. Rose lui avait attribuée,<sup>1</sup> et que le corps que ce savant avait considéré comme un hypochlorure de niobium devait être un oxychlorure.

C'est donc avec une grande satisfaction que j'ai vu MM. Deville et Troost trouver, dans leurs recherches sur la densité de

<sup>1</sup> Voir mon mémoire sur ce même sujet, dans le même numéro de ce journal.

vapeur de ce composé, la démonstration rigoureuse de cette hypothèse. La détermination de cette densité a présenté de grandes difficultés, et ne pouvait être tentée que par des expérimentateurs aussi habiles et aussi exercés à ce genre de recherches. Ces difficultés résultent non-seulement de ce que ce chlorure ne se volatilise qu'à une température très-élevée, voisine de 400 degrés, mais surtout de ce que ce corps, cristallisant en houppes soyeuses et incolores, est très-volumineux, qu'il attire très-rapidement l'humidité et se décompose à son contact, en sorte qu'après avoir déterminé le poids de sa vapeur, il faut analyser le contenu du ballon dans lequel l'expérience a été faite et tenir compte de l'acide hyponiobique résultant d'une décomposition partielle par l'eau.

La densité a été déterminée soit à la température de 448 degrés, dans la vapeur de soufre, soit à celle de 860° dans celle de cadmium. Les deux expériences ont donné le même résultat, 7, 87 et 7, 89. En admettant que l'hypochlorure ou oxychlorure de niobium forme, selon une règle très-générale, quatre volumes de vapeur, la formule que lui attribuait H. Rose exigerait 7, 05 pour sa densité, tandis que celle que j'ai proposée conduit à 7, 48. Ce dernier nombre se rapproche bien plus du chiffre indiqué par l'expérience. Peut-être la différence peut-elle s'expliquer par la difficulté de séparer complètement ce composé d'un autre chlorure dont la densité est plus considérable.

Mais la confirmation la plus importante de la nouvelle formule que j'ai proposée pour ce chlorure, résulte des analyses faites sur ce produit par MM. Deville et Troost, comme on peut le voir en comparant les quantités de chlore et d'acide hyponiobique obtenues par ces savants avec celles qui résulteraient du calcul soit en prenant la formule  $Nb^2 Cl^3$  de H. Rose et son équivalent  $Nb = 48,8$ , soit en prenant la nouvelle formule  $Nb^2 O^2 Cl^3$  et l'équivalent  $Nb = 47^1$  :

<sup>1</sup> Les équivalents sont rapportés ici à celui de l'hydrogène pris pour unité, et les formules sont écrites en équivalents.

	Formule de H. Rose	Formule nouvelle	Trouvé moyenne
Chlore.....	52,17	49,19	48,9
Acide hyponiobique ..	59,59	61,89	61,5

Les auteurs ont de plus cherché à constater directement la présence de l'oxygène dans l'hypochlorure de niobium. En faisant passer ce composé en vapeur sur du magnésium, ils ont reconnu qu'il se forme du chlorure de magnésium et un corps formé de petits cristaux brillants, du système régulier, inaltérables par l'eau et susceptibles de se transformer avec ignition, au contact de l'air et au rouge, en acide hyponiobique. D'après l'augmentation de poids qui accompagne cette transformation, ces cristaux doivent contenir de l'oxygène. M. Deville avait obtenu jadis un produit analogue en faisant agir le sodium naissant sur l'hyponiobate de potasse.

MM. Deville et Troost ont aussi déterminé la densité de vapeur du chlorure jaune de niobium (chlorure niobique de H. Rose). Ils l'ont trouvée égale à 9,6, tandis que la formule  $Nb Cl^2$  que lui avait attribuée cet habile chimiste exigerait 8,6. Si l'on suppose la formule  $Nb^2 Cl^5$ , et l'équivalent  $Nb=47$ , la densité calculée serait 9,4 nombre qui s'accorde suffisamment avec l'expérience. Il est bien regrettable que ces habiles chimistes n'aient pas cherché à établir l'exactitude de cette hypothèse par l'analyse de ce chlorure. En effet, s'il possède réellement la composition que semble indiquer sa densité de vapeur, il est clair que sa décomposition par l'eau doit donner naissance à un acide identique avec celui qui résulterait de la décomposition de l'oxychlorure par l'eau, tous les deux devant être représentés par la formule  $Nb^2 O^5$ . Ce fait ferait tomber la distinction établie par H. Rose entre l'acide hyponiobique et l'acide niobique, et justifierait l'affirmation de M. Hermann suivant lequel l'acide niobique ne serait que de l'acide hyponiobique mélangé d'acide tantalique. C. M.

## MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

LOUIS LARTET. SUR LA FORMATION DU BASSIN DE LA MER MORTE OU LAG ASPHALTITE ET SUR LES CHANGEMENTS SURVENUS DANS LE NIVEAU DE CE LAG. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1865, t. LX, p. 796.)

M. Lartet rappelle que les anciens géographes aussi bien que les modernes se sont occupés de l'origine des lacs salés. On a pensé, et M. Angelot a développé cette idée, qu'ils étaient d'anciens fonds de mer. Quoique ceci puisse être vrai pour ceux qui sont voisins des côtes, il est cependant probable que beaucoup de lacs tirent leur salure des dépôts de sel placés dans leur voisinage ou sur le cours de leurs affluents.

L'auteur a parcouru toutes les rives de la mer Morte en faisant partie de l'expédition de M. le duc de Luynes, et il a acquis la conviction que ce bassin était dû à un soulèvement de la Syrie et de l'Arabie Pétrée qui eut lieu à la fin de l'époque éocène. Mais avant cette époque il s'est formé dans le sol une grande fracture dirigée du sud au nord, de Pétra à la mer Morte et au delà, qui est jalonnée par des éruptions de porphyre feldspathique. Il en est résulté une dépression dans laquelle se sont accumulées les eaux atmosphériques. Quoiqu'à une certaine époque les eaux s'y soient élevées à plus de 100 mètres au-dessus de leur niveau actuel, comme l'indiquent les dépôts qui occupent le rivage de la mer Morte, ce bassin a toujours été isolé, et ses eaux n'ont jamais été en communication avec celles de la mer Méditerranée ou de la mer Rouge. Cet exhaussement des eaux, qui paraît avoir eu lieu à la fin de l'époque tertiaire ou au commencement de l'époque quaternaire, est peut-être en rapport avec l'époque glaciaire dont le docteur Hooker a reconnu des traces dans le Liban.

La forme du bassin a été quelque peu modifiée par les éruptions volcaniques qui font du pays situé au nord-est de la mer

Morte un pays assez semblable à l'Auvergne. Trois coulées atteignent même le rivage oriental.

De toutes ces actions volcaniques il ne reste plus maintenant que des sources thermales, des émanations bitumineuses et des tremblements de terre. Les eaux se sont successivement abaissées sans qu'on puisse en apprécier exactement la cause ; il est probable que ce fut par le fait de l'alimentation qui ne fut pas assez considérable ou par le fait d'une évaporation plus active, plutôt que par suite de quelques grands mouvements géologiques.

---

ED. DUPONT. TERRAINS QUATERNAIRES DE LA BELGIQUE. OBSERVATION SUR LES TERRAINS QUATERNAIRES DES ENVIRONS DE DINANT, PROVINCE DE NAMUR. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1865, t. LX. p. 865.)

L'auteur résume de la manière suivante la série des terrains quaternaires de la province de Namur en commençant par la partie inférieure.

1° Gros blocs presque anguleux de quartzites ardennais. Ils se trouvent sur les plateaux ou dans les vallées, mêlés aux cailloux.

2° Formation épaisse de cailloux ardennais très-roulés contenant quelquefois des blocs anguleux ; elle se trouve dans les vallées ainsi que dans les cavernes de Furfooz à 15 mètres au-dessus du niveau de la rivière. On y a trouvé la dent d'un grand carnassier, *ursus spelæus* ?

3° Sable graveleux avec *Ancylus fluviatilis*, *Succinea putris*, *Pupa muscorum*, *Helix*, etc.

4° Sable argileux irrégulièrement stratifié qui se trouve dans les vallées comme dans les cavernes de Furfooz.

5° Argile jaune rougeâtre avec de nombreux blocs anguleux. Ces blocs qui n'ont pas supporté un long transport ont traversé à certains points les vallées et ont été portés sur les plateaux voisins. Cette couche correspond au diluvium rouge des environs

de Paris et s'élève jusqu'à 250 mètres au-dessus du niveau de la mer. Dans les cavernes de Furfooz elle contient des ossements nombreux de renne, de castor, de bouquetin, de chamois, de glouton, d'élan, d'ours brun, etc. On rencontre avec ces débris d'animaux, des couteaux en silex, des os travaillés, des poteries grossières et des ossements humains, etc. Deux crânes entiers sont considérés par M. Pruner-Bey comme appartenant au type brachycéphale.

---

LOUIS PILLET. CARTES GÉOLOGIQUES. Chambéry, 1865. (*Mém. de l'Acad. Imp. de Savoie*, t. VIII.)

Dans cette brochure M. Pillet émet non-seulement des vœux pour l'amélioration des cartes géologiques, mais il indique les réformes à faire, et comme exemple il nous donne trois cartes des environs d'Aix-les-Bains : l'une est une carte-plan, l'autre une carte-coupe, la troisième est une carte agronomique. M. Pillet avait déjà publié une description géologique de cette même région dont nous avons rendu compte<sup>1</sup>. Elle ne renfermait qu'une carte au  $\frac{1}{250000}$ <sup>e</sup>, tandis que celle qu'il vient de publier est au  $\frac{1}{100000}$ <sup>e</sup>. C'est évidemment une grande amélioration et maintenant la géologie de cette petite région est nettement représentée. Qu'il me soit permis cependant de faire une critique sur laquelle j'aurai insisté si M. Pillet ne l'avait prévenue en la faisant lui-même : « Si j'ai joint à cette notice, dit-il, quelques cartes, dont je reconnais volontiers l'insuffisance, c'est uniquement pour rendre plus palpables les diverses réformes que je propose. » En effet, si ces cartes sont satisfaisantes au point de vue géologique, elles le sont moins dans leur exécution matérielle.

Les réformes proposées avec raison portent sur le désir de voir augmenter l'échelle des cartes. M. Pillet voudrait qu'elles

<sup>1</sup> *Archives*, 1858, t. V, p. 82.

fussent au  $\frac{1}{1000000}^e$ ; mais cette échelle est encore trop petite soit dans les pays de grandes montagnes, soit dans les régions où les subdivisions des étages sont assez nettement tranchées pour que le géologue puisse les suivre sur une certaine étendue. On verra par la suite que, quoique l'échelle du  $\frac{1}{100000}^e$  ait été adoptée pour la carte géologique de la Suisse, celle au  $\frac{1}{25000}^e$  ne sera pas trop grande pour certains districts. Enfin, si le vœu émis par M. Pillet était entendu et que le public pût se procurer facilement les minutes au  $\frac{1}{40000}^e$  de la carte de France, cette mesure faciliterait certainement les progrès de la géologie de ce pays. Ces minutes sont levées au moyen de courbes horizontales et il n'y a aucun doute que ce système ne soit préférable aux autres pour les cartes géologiques en fournissant, facilement les niveaux et mettant peu de traits noirs sur le papier, ce qui est fort avantageux pour les couleurs.

Les cartes-coupes de M. Pillet sont des cartes peu chargées de renseignements, sur lesquelles on trace de distances en distances des sections représentant des coupes verticales dans lesquelles il est nécessaire de donner exactement à la hauteur l'échelle de la base qui est celle de la carte, et de tracer les montagnes avec leurs formes réelles autant que l'échelle le permet; la carte-plan est la géographie, la carte-coupe est l'histoire de la région, comme le dit M. Pillet. — On peut coller les coupes sur la carte par leur base de manière à les dresser perpendiculairement au plan de la carte, et en les multipliant, on finirait par avoir un plan en relief de la région.

Sous le nom de carte agronomique M. Pillet désigne une carte spéciale des terrains quaternaires. Il faut convenir qu'on ne peut les représenter en grands détails sur une carte géologique sans la surcharger de signes et sans que les couleurs masquent celles employées pour les terrains plus anciens. M. Pillet y représente la limite supérieure des blocs erratiques, les boues glaciaires; (lehm, marcq), les alluvions anté et post glaciaires, les alluvions actuelles, et les alluvions boueuses des marais, ainsi que les marnes



brunes pour les amendements, les argiles à briques, les sables pour construction, les graviers pour les routes, les tufs, les lignites et les tourbes. M. Pillet voudrait encore représenter sur cette carte le sol arable. Il nous semble qu'il devrait y avoir une nouvelle carte pour ce travail, tant cette étude est compliquée et tant il faut de signes pour représenter toutes les variétés de sol dont il convient de faire connaître les analyses par des moyens graphiques. Cette carte ne nous paraît pas devoir faire partie des études d'un géologue, car elle a peu de rapports avec l'histoire de la terre et il s'agit dans le pays où l'agriculture est déjà avancée de consigner pour chaque localité le résultat des connaissances pratiques des agriculteurs. Là les connaissances de l'homme de science ont été devancées par celles du praticien.

---

F. SANDBERGER. RESULTS OF GEOLOGICAL, etc. RÉSULTATS DES OBSERVATIONS GÉOLOGIQUES FAITES DANS LE GRAND-DUCHÉ DE BADE ET EN FRANCONIE. (*Société géologique de Londres*, 10 mai 1865).

Dans ce mémoire, M. Sandberger communique les résultats auxquels il est arrivé par l'étude des terrains paléozoïques, triasiques et jurassiques du Grand Duché de Bade et de la Franconie. Le terrain de la Forêt-Noire qui avait été nommé formation de transition a été classé précédemment dans le terrain carbonifère inférieur ; les couches de Berghaupten près Offenburg, qui se trouvent également en Alsace, lui succèdent immédiatement. Près d'Oppenau on rencontre une espèce de *Pterophyllum* de trois pieds de longueur, qui fournit une nouvelle preuve de la liaison intime qui existe entre les flores paléozoïques et triasiques. A ce fait vient s'ajouter celui de la découverte d'une véritable espèce de *Schizopteris* dans le letten-coal de Würzburg. M. Sandberger trouve aussi que cette liaison est maintenant plus visible dans la faune qu'il ne l'avait cru jusqu'à présent.

Le Wellenkalk, le Muschelkalk et le letten-coal paraissent être plus développés en Franconie que dans aucune autre partie de l'Allemagne et la netteté de la stratification ne laisse aucun doute sur la succession des couches. Parmi les résultats de la comparaison des types thuringiens et souabes avec ceux placés près de Wurzburg, il faut remarquer la classification de la faune de Rocoaro et de Mickelschütz dans le Wellenkalk moyen. L'auteur observe que les roches des Alpes nommées Muschelkalk se rapportant complètement au Wellenkalk de ce district, cette roche doit désormais être classée dans le Wellenkalk, car aucun type de vrai Muschelkalk supérieur n'a été observé dans les Alpes jusqu'à présent.

M. Sandberger classe dans l'oolite inférieure et dans le Cornbrash les couches jurassiques du Grand Duché de Bade.

---

F. STOLICZKA. OF THE CHARACTER, etc. SUR LES CARACTÈRES DE LA FAUNE DES CEPHALOPODES DES ROCHES CRÉTACÉES DE L'INDE MÉRIDIONALE. (*Société géologique de Londres*, 26 avril 1865.)

L'auteur nous donne un résumé des faits qu'il a été amené à reconnaître par l'examen des Céphalopodes crétacés de la partie méridionale de l'Inde qui avait été commencé par M. Blandford. Il résume les travaux d'autres naturalistes sur le même sujet et les divisions établies dans ces couches par M. Blandford. Celui-ci y avait reconnu en partant du bas les couches d'Ootatoor, celles de Trichinopoly et celles d'Arrialoor. Tous les genres fossiles caractéristiques de la faune crétacée européenne y sont bien représentés et l'ensemble offre l'aspect du terrain crétacé moyen.

Le trait le plus frappant et le plus anormal de la distribution des Céphalopodes dans ces étages crétacés est l'association intime de trois sortes de genres qui appartiennent au groupe des

Ammonites triasiques, les *Globosi*. M. Stoliezka discute les relations qui existent entre les faunes de ces étages crétacés indiens avec ceux de l'Europe et il arrive à conclure que la division inférieure de M. Blanford ou groupe d'Ootatoor paraît appartenir au gault, tandis que le groupe d'Arrialoor est l'équivalent, de l'étage sénonien de d'Orbigny.

---

## ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Prof. WEDL. UEBER EINEN IM ZAHNBEIN, etc. SUR UN CHAMPIGNON QUI SE DÉVELOPPE DANS L'IVOIRE ET LES OS. (*Sitzungsber. der Wiener Akademie*, 14 Juli 1864.)

M. le prof. Wedl, en examinant des coupes de dents humaines faites par M. le prof. Heider et ayant macéré quelques jours dans de l'eau, trouva le ciment et les couches périphériques de l'ivoire sillonnés de petits boyaux microscopiques. Il reconnut bientôt dans ces boyaux de petits parasites végétaux ressemblant beaucoup à ceux qui perforent les coquilles des mollusques. Un examen attentif de l'eau de macération y fit découvrir de nombreuses petites cellules propres à être considérées comme les spores du champignon. L'expérience démontra, en effet, que des fragments de dents normaux placés dans cette même eau ne tardaient pas à être infestés de ces petits parasites. Le travail perforant de ces petits végétaux se restreint au ciment et à l'ivoire, mais ne s'étend jamais à l'émail. Il atteint aussi des fragments d'os que M. Wedl mit macérer dans le liquide.

Ces petits champignons paraissent se développer aux dépens, soit de la matière organique, soit de la matière inorganique de l'ivoire et de l'os, et les conditions de leur multiplication se rencontrent sans doute fréquemment dans la nature. Ils paraissent, toutefois, n'attaquer les dents qu'après la mort et n'avoir rien à faire avec le phénomène de la carie. M. Wedl s'est assuré que ces parasites exercent leur action sur notre globe dès une haute

antiquité. Diverses dents, soit de poissons fossiles (Pycnodus, Hémipristis), soit de mammifères fossiles présentent les traces non équivoques du travail de ces petits champignons. Divers ossements fossiles sont dans le même cas.

La découverte de M. Wedl n'est, du reste, point entièrement nouvelle : soit M. Eberth, soit M. Kölliker ont déjà entrevu ces petits organismes et reconnu en eux de véritables champignons hyphomycètes.

---

Prof. MAX SCHULTZE : UEBER DEN BAU, etc. SUR LA STRUCTURE DES ORGANES LUMINEUX CHEZ LES MALES DE LAMPYRIS SPLENDIDULA (*Sitz. der Niederrhein. Ges. f. Natur und Heilkunde zu Bonn am 7. Juli u. 4 Aug. 1864*).

Les organes lumineux des lampyres ont donné lieu à maintes recherches histologiques. M. Kölliker, en particulier, y a reconnu des cellules renfermant des concrétions d'urate d'ammoniaque, mais c'est en vain qu'on y a cherché du phosphore. En revanche, il est démontré que soit l'oxygène, soit le système nerveux ont une influence directe sur l'intensité de la lumière.

M. Max Schultze a reconnu que les nombreuses branches trachéennes de l'appareil lumineux se terminent chacune dans une petite cellule de forme étoilée. Sous l'action de l'acide osmique, ces cellules se teignent rapidement en noir, tandis que les cellules de parenchyme restent non colorées. Il est donc évident que ces cellules terminales des trachées réduisent avec facilité l'acide osmique, en absorbant son oxygène. C'est à elles qu'appartient sans aucun doute le rôle important dans l'émission de la phosphorescence.

Cette découverte classe immédiatement l'acide osmique parmi les réactifs histologiques de première importance.

---

## BOTANIQUE.

J. HANSTEIN. LES VAISSEAUX DU LATEX ET LES ORGANES ANALOGUES DE L'ÉCORCE. Mémoire couronné par l'Académie des sciences de Paris. 1864.

L'Académie des sciences avait proposé pour le prix Bordin les questions suivantes :

Etudier la distribution des vaisseaux du latex dans les divers organes des plantes et particulièrement leurs rapports ou leurs connexions avec les vaisseaux lymphatiques ou spiraux, ainsi qu'avec les fibres du liber :

1<sup>o</sup> Si ces communications entre deux ordres de vaisseaux considérés jusqu'à ce jour comme complètement indépendants peuvent être mises hors de doute.

2<sup>o</sup> Si les rapports entre ces deux ordres de vaisseaux sont un fait exceptionnel propre seulement à certaines plantes, ou s'ils existent dans toutes les plantes pourvues de ces deux sortes de vaisseaux.

3<sup>o</sup> Si ces connexions de vaisseaux du latex et des vaisseaux lymphatiques existent dans tous les organes de la plante, ou seulement dans quelques parties du végétal.

4<sup>o</sup> S'il existe des connexions de même genre entre les vaisseaux du latex et d'autres tissus de la plante tels que les fibres du liber, par exemple.

Le Dr Hanstein, après deux années de recherches, a envoyé à l'Académie un mémoire sur ces diverses questions, et l'Académie a partagé le prix entre ce mémoire et un autre de M. Dippel. Depuis l'année 1865 où le prix a été décerné, un grand nombre d'auteurs se sont occupés du même sujet sous divers points de vue. Le Dr Hanstein a cru devoir cependant publier son mémoire primitif tel qu'il a été couronné, sans entrer pour le moment en discussion au sujet des travaux plus récents.

Voici d'abord la réponse qu'il a faite aux questions ci-dessus énumérées.

1° Dans la majorité des plantes pourvues de vaisseaux lactifères on ne trouve aucune communication ouverte ni même aucun contact immédiat entre eux et les vaisseaux spiraux. Ce n'est que par exception qu'on observe parfois une communication ou un contact entre ces deux ordres de vaisseaux.

2° D'autre part ces deux systèmes de vaisseaux ont bien entre eux une connexité constante et régulière. Ils s'accompagnent mutuellement à travers tous les organes des plantes et même s'entremêlent d'une manière intime dans les feuilles.

3° Cependant les diverses formes de vaisseaux lactifères ont des rapports encore bien plus intimes avec toutes les autres espèces de vaisseaux et de fibres du tissu cortical.

Tous ces organes, vaisseaux lactifères, vaisseaux fibres et parenchyme de l'écorce doivent donc être considérés comme les divers membres d'un même système physiologique liés entre eux par toutes sortes de gradations, et remplissant tous la même fonction qui est celle de l'écorce.

Le Dr Hanstein est pleinement d'accord avec la plupart des anatomistes modernes pour considérer les vaisseaux lactifères comme de véritables vaisseaux ayant une membrane propre. A l'origine ils sont formés de cellules placées bout à bout les unes au-dessus des autres et dont les parois de contact se recourbent plus tard. Il est, à ce qu'il paraît, facile de trouver tous les degrés intermédiaires de cette transformation.

Il arrive souvent chez les plantes pourvues de vaisseaux lactifères, que les vaisseaux du corps ligneux renferment de temps à autre le même lait que les vaisseaux lactifères. Cette circonstance a fait supposer que le système des vaisseaux lactifères devait être en communication avec le système des vaisseaux ligneux. Cependant chez presque toutes les plantes pourvues de vaisseaux lactifères, ces derniers n'existent que dans l'écorce ou la moëlle, et sont ainsi complètement séparés du système ligneux dont ils ne se rapprochent qu'aux entre-nœuds et dans les feuilles. Dans la plupart des plantes la présence du lait dans les

vaisseaux de bois était donc difficile à comprendre. Le Dr Hanstein n'a jamais réussi à trouver de communication ouverte entre ces deux systèmes de vaisseaux, même dans les feuilles où les vaisseaux lactifères enveloppent de si près les vaisseaux spiraux. Il a bien trouvé quelquefois des points de contact entre des vaisseaux des deux systèmes, et dans quelques cas rares, la paroi des vaisseaux spiraux lui a semblé résorbée de manière à faire supposer la possibilité d'une communication. Il a essayé aussi d'injecter les corps contenant des vaisseaux des deux systèmes avec une substance insoluble, en suspension dans l'eau, afin de voir si les granulations de cette substance passeraient au travers de ces rares points de contact d'un vaisseau spiral avec un vaisseau lactifère. Or presque toujours cette méthode d'injection n'a eu pour résultat que de mettre en évidence l'absence absolue de communication aux points de contact. La substance qu'il employait était une poudre de carmin en suspension dans l'eau. Dans quelques cas très-rares il a bien constaté que des granulations de carmin avaient passé des vaisseaux spiraux dans les vaisseaux lactifères, mais même dans ces cas-là il n'a pu constater aucune transfusion inverse du contenu des vaisseaux lactifères dans les vaisseaux spiraux.

En résumé, la présence du lait dans les vaisseaux spiraux est un fait si peu fréquent et les points de contact entre les deux systèmes de vaisseaux sont si rares, que le Dr Hanstein n'hésite pas à considérer ces faits comme des exceptions, et seulement comme une nécessité physiologique.

Le système lactifère dans le genre *Carica* étudié avec un grand soin par Trécul et par Schacht semblait cependant devoir conduire à de tout autres conclusions, et le Dr Hanstein a dû lui consacrer une partie de son mémoire. En effet, dans le genre *Carica*, en particulier chez les *Cpapaya* et *microcarpa*, les vaisseaux lactifères ne naissent point dans l'écorce, mais bien dans le corps ligneux. Ils se trouvent ainsi dès leur origine dans le voisinage immédiat des vaisseaux du corps ligneux qu'ils enveloppent

et nuisent partout. C'est aussi dans ces plantes qu'on trouve le plus souvent du lait dans les vaisseaux spiraux et autres du bois. C'est donc dans le genre *Carica* que le nœud de la grande question d'une communication libre entre les deux ordres de vaisseaux devait être tranchée dans un sens ou dans l'autre.

Or là encore le Dr Hanstein, d'accord avec ses devanciers, n'a jamais pu constater que des points de contact exceptionnels et rares. Il conclut donc que le système des vaisseaux lactifères et celui des vaisseaux du corps ligneux sont entièrement distincts, et jouent chacun un rôle physiologique différent.

Mais s'il en est ainsi, pourquoi les vaisseaux lactifères manquent-ils à un si grand nombre de végétaux ? Serait-ce que leur rôle physiologique serait peu important et pour ainsi dire accidentel, ou bien seraient-ils au fond de la même nature que les autres éléments de l'écorce qu'ils accompagnent toujours, et qui occupent leurs places dans les plantes où ils font défaut ? Le Dr Hanstein conclut pour cette dernière alternative et semble donner pour cela d'excellentes raisons.

L'étude comparative des divers éléments de l'écorce, de leurs diverses formes ainsi que de leurs modes de formation et de leur évolution prouve en effet qu'ils sont liés les uns aux autres par toutes sortes de gradations. Ce sont surtout les vaisseaux utriculeux des monocotylédones et de quelques diotylédones (crucifères et farnariacées) qui forment un lien entre les vaisseaux lactifères d'une part, et les vaisseaux cribieux, ainsi que les fibres du liber et les cellules cristallifères d'autre part. Il y a en effet des vaisseaux utriculeux qui renferment du lait et sont assez allongés pour ressembler à des vaisseaux lactifères (écorce des arôidées). Les vaisseaux utriculeux proviennent comme les vaisseaux cribieux de rangées de cellules superposées dont les parois de contact se résorbent en passant souvent par l'état cribieux qui indique l'analogie de ces deux sortes de vaisseaux.

Ces mêmes vaisseaux utriculeux sont aussi quelquefois amincis (Fumariacées et crucifères) à leurs extrémités et ressemblent



tout à fait alors aux fibres du liber qu'ils remplacent souvent chez les Pandanées et Aroïlées. Enfin chez ces deux dernières familles on trouve toutes les transitions entre les vaisseaux utriculeux et les cellules à raphides.

Ainsi on peut dire que : vaisseaux lactifères, vaisseaux cribleux, vaisseaux utriculeux, cellules à raphides, fibres du liber sont des éléments de même ordre jouant tous un même rôle physiologique. Malgré toutes ces analogies l'on ne trouve jamais de communications ouvertes entre ces éléments qui demeurent toujours distincts. Ce n'est donc que par le jeu de la diffusion et de l'endosmose qu'il peut y avoir échange de contenus entre eux.

Après avoir ainsi répondu aux questions posées par l'Académie, le Dr Hanstein a voulu mettre en évidence par des expériences directes les rôles physiologiques réciproques des tissus du bois et de ceux de l'écorce. Il a toujours été convaincu de la parfaite justesse de l'ancienne théorie par laquelle les sucS nourriciers non encore assimilables montent par l'aubier, se modifient dans les feuilles et redescendent comme sève productrice au travers de l'écorce.

Voici un résumé de ces expériences qui sont peut-être la partie la plus curieuse du mémoire.

D'abord le Dr Hanstein a répété sur un grand nombre de boutures de diverses plantes dicotylédones, l'expérience qui consiste à leur enlever un anneau d'écorce vers la base. Dans ce cas-là les nouvelles racines se produisaient toujours au-dessus de la portion dénudée.

Cependant si la décortication a été opérée vers le sommet et la bouture, il se produit bien des racines en dessous de l'anneau à cause de la grande réserve de sucS corticaux qui existe dans la portion de l'écorce entre l'anneau et la base de la bouture.

Si on pratique la section annulaire de l'écorce dans une bouture qui a déjà émis des racines à sa base, ces dernières meurent et sont remplacées par d'autres qui se développent au-dessus de l'anneau.

Il résulte de là que :

1° Ni la partie inférieure de la bouture ni les racines qui peuvent s'y être développées ne sont capables de produire la matière de leur propre formation et que cette matière doit venir des régions supérieures dans lesquelles elle est ou bien à l'état de réserve ou bien produite par l'activité des feuilles.

2° Cette matière descend non pas par le bois, mais par l'écorce.

Lorsqu'on plonge dans l'eau la partie inférieure d'un rameau muni de ses feuilles, ce rameau périt bientôt s'il ne réussit pas à pousser des racines. Dans le cas où il continue à se développer, c'est toujours aux dépens des feuilles antérieurement formées.

Ainsi l'absorption de l'eau par le bois n'est pas en état, comme celles des racines, de remplacer la perte qui a lieu par les feuilles.

Aussi dans le cas où on enlève un anneau d'écorce dans la région supérieure d'un rameau sans séparer ce rameau de la plante à laquelle il appartient et en lui laissant ses feuilles au-dessus de la section annulaire, ce rameau continue à se développer normalement au-dessus de la section. Mais si on dépouille complètement le rameau de ses feuilles, il ne tarde pas à périr.

Donc la sève poussée au travers du corps ligneux par l'action des racines a besoin du concours des feuilles pour devenir productive.

Ensuite le Dr Hanstein a répété les expériences de Mirbel sur les monocotylédones qui produisent des racines au-dessous de la section annulaire de l'écorce parce que leur tige contient intérieurement tous les éléments du liber.

Il a obtenu le même résultat avec les pipéracées et certaines autres dicotylédones qui ont aussi des vaisseaux fibro-vasculaires épars dans l'intérieur de la tige.

Enfin les expériences suivantes semblent mettre hors de doute le rôle essentiel des vaisseaux cribleux.

Le pétiole de la courge contient deux cercles de vaisseaux

vasculaires, l'un extérieur et l'autre plus intérieur ; chacun de ces vaisseaux est composé de *vaisseaux cribleux* unis à des vaisseaux poncturés et spiraux et à des cellules ligneuses et du cambium.

Or le Dr Hanstein, après avoir enlevé la feuille de l'aiselle, de laquelle était sortie une fleur de courge, a pratiqué dans le pétiole une section annulaire pénétrant jusqu'au second cercle des vaisseaux vasculaires.

Dans ces circonstances il ne restait plus que les vaisseaux de ce second rang qui servissent au passage de la sève et néanmoins la fleur a parcouru toutes les phases de son développement et le fruit est arrivé à parfaite maturité. Cependant les faisceaux dont il est question sont dépourvus de fibres et leur partie corticales est réduite aux vaisseaux cribleux.

N'est-on pas en droit de conclure avec l'auteur du mémoire que les vaisseaux cribleux jouent le principal rôle dans la fonction générale de l'écorce.

Dr AUG. VOGEL. SUR LA MATIÈRE INTERCELLULAIRE ET LES VAISSEAUX DU LATEX DANS LA RACINE DE LA DENT DE LION (*TARARACUM OFFICINALE* Wigg. (*Comptes rendus de l'Acad. impér. des sciences de Vienne*, vol. 48.)

La dent de lion a une racine cylindrique un peu amincie vers son extrémité inférieure, simple ou quelquefois un peu ramifiée. L'écorce de cette racine est parcourue par un grand nombre de vaisseaux lactifères qui contiennent un lait d'un blanc bleuâtre très-abondant.

Ces vaisseaux forment un grand nombre de faisceaux plus ou moins gros disposés d'une manière concentrique assez régulière, et liés les uns aux autres par de nombreuses ramifications. Les ramifications ont toujours lieu parallèlement à la surface de la racine, en sorte que les faisceaux forment de véritables étuis concentriques indépendants les uns des autres. La couche périoder-

nique la plus extérieure de l'écorce est cependant dépourvue de vaisseaux lactifères. Ces derniers n'existent que dans la portion moyenne et surtout dans la région intérieure. Le parenchyme cellulaire de ces deux parties de l'écorce contient, surtout dans le voisinage des vaisseaux lactifères, une grande quantité de matières intercellulaires.

Suivant le Dr Vogel, les vaisseaux lactifères prennent naissance par la réunion des cellules conductrices (Leitzellen) dont les cloisons adjacentes se transforment peu à peu en pectose et finissent par disparaître. Il a trouvé plusieurs degrés intermédiaires qui ne lui laissent aucun doute sur ce mode de formation des vaisseaux lactifères. Suivant lui, les parois latérales de ces mêmes cellules finiraient aussi par se transformer en pectose en sorte que les vaisseaux lactifères arrivés à leur terme de développement ne seraient pas formés par une membrane de cellulose.

C'est en faisant agir les liqueurs iodées ainsi que les acides et les alcalis sur la matière qui forme l'enveloppe des vaisseaux lactifères, que le Dr Vogel est arrivé à les considérer comme de la cellulose en voie de se transformer en pectose. Il est arrivé aux mêmes résultats en faisant agir les mêmes réactifs sur la matière intercellulaire de la dent de lion et résume lui-même les résultats de ses recherches de la manière suivante :

1° La matière intercellulaire de la racine du tararacum officinale (*Podospermum Jacquenianum*) provient d'une transformation graduelle de la membrane des cellules, le produit de cette transformation étant la pectose.

2° Les vaisseaux lactifères de ces deux plantes naissent de la réunion en un conduit des cellules conductrices (cambiformes ou cellules poreuses d'autres auteurs).

Cette fusion des cellules est causée par la transformation des membranes de ces cellules en pectose.

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUIN 1865.

---

- Le 1<sup>er</sup>, halo solaire partiel à plusieurs reprises depuis 6 h. du matin à 1 h. 30 m.  
3, couronne lunaire et faible halo lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.  
15, depuis 9 h. 15 m. du soir, éclairs au SE, ciel serein.  
16, halo solaire partiel à plusieurs reprises depuis 11 h. à 5 h.; éclairs au SSE depuis 9 h. 30 du soir, ciel serein.  
18, la bise a soufflé avec une très-grande violence dans l'après-midi de 3 h. à 5 h. 30 m.  
22 et 23, éclairs à l'E. et au SE dans la soirée, ciel serein.  
24, halo solaire à plusieurs reprises depuis 1 h.  
29, de 1 h. 10 m. à 1 h. 35 m, après-midi, coup de vent du sud d'une violence extraordinaire, accompagné de quelques faibles coups de tonnerre; pluie dans la soirée.  
30, Fort orage dans la nuit, de minuit à 3 h. du matin; les plus fortes décharges ont eu lieu vers 3 h. et accompagnées d'une pluie abondante; du 29 à 10 h. soir au 30, à 6 h. matin il est tombé 37<sup>m</sup> 5. Il est tombé un peu de neige sur les plus hautes sommités du Jura et sur le Môle.

## *Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.	MINIMUM.
mm	mm
Le 9, à 8 h matin... 734,61	Le 1, à 8 h. soir ... 721,74
13, à 8 h matin... 732,86	11, à midi... 726,51
20, à 8 h. matin... 732,15	18, à 4 h. soir.... 724,50
26, à 8 h. matin... 730,72	24, à 4 h. soir.... 727,50
	30, à 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> h. matin. 715,70



Jours du mois.	Barométré.		Température C.			Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige.		Vent dominant.		Clairé moy. du Ciel.		Temp. du Rhonc.		Linnimètre
	Hauteur moy. des 24 h.	Ecart avec la hauteur normale.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Ecart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Ecart avec la fraction norm.	Mini-mum.	Maxi-mum.	Eau tomb. d. les 24 h.	omb. d. h.	N.	S.	°	Midi.	Ecart avec la temp. normale.	
1	722,91	- 2,91	+19,84	+ 4,72	+15,7	+24,3	11,46	+ 2,53	676	500	810	...	...	N.	1	0,79	16,2	+ 3,6	47,5	
2	726,72	0,81	+15,56	0,31	+13,1	+21,1	10,34	+1,34	830	570	960	9,0	9	SSO.	2	0,96	16,3	+ 3,6	48,0	
3	730,98	5,04	+17,37	+ 2,00	+10,5	+23,2	9,90	+0,81	682	470	920	...	...	variable	3	0,37	13,9	+ 1,0	49,5	
4	730,76	4,76	+16,62	+ 1,13	+10,7	+22,0	10,08	+0,95	723	4	870	...	...	N.	2	0,57	...	...	50,5	
5	730,80	+ 1,74	+17,65	+ 2,04	+14,1	+21,8	9,46	+0,27	647	71	780	...	...	NNE.	3	0,19	16,9	+ 3,8	52,0	
6	731,18	+ 5,06	+17,76	+ 2,03	+13,8	+22,9	8,38	- 0,87	611	-107	760	...	...	NNE.	3	0,10	17,0	+ 3,8	52,5	
7	730,79	+ 4,61	+18,52	+ 2,67	+14,9	+23,3	9,20	- 0,11	612	-105	760	0,1	1	N.	3	0,13	17,3	+ 4,0	53,0	
8	732,78	+ 6,51	+18,79	+ 2,82	+12,9	+23,0	10,16	+0,79	633	83	460	700	...	NNE.	2	0,06	17,8	+ 1,3	53,0	
9	733,59	+ 7,29	+18,78	+ 2,69	+13,4	+23,9	8,79	- 0,64	582	-153	410	630	...	NNE.	2	0,01	18,0	+ 4,4	53,0	
10	730,82	+ 4,17	+20,88	+ 4,63	+11,7	+28,4	9,35	- 0,14	535	-179	300	730	...	N.	1	0,19	18,1	+ 1,7	53,0	
11	726,99	+ 0,58	+20,51	+ 4,23	+12,9	+27,6	8,97	- 0,58	521	-193	310	730	...	NNO.	1	0,33	...	...	53,0	
12	729,98	+ 3,52	+15,16	+ 1,26	+12,8	+19,6	6,29	- 3,32	529	-184	310	760	...	NNE.	2	0,20	18,0	+ 4,0	53,2	
13	732,23	+ 5,71	+14,16	+ 2,37	+ 9,5	+19,0	5,55	- 4,11	502	-210	810	...	...	N.	3	0,02	16,9	+ 2,8	53,0	
14	730,66	+ 4,09	+17,54	+ 0,90	+10,6	+23,9	7,29	- 2,42	506	-205	340	600	...	NNE.	3	0,91	17,0	+ 2,8	51,0	
15	739,34	+ 3,71	+18,32	+ 1,58	+13,3	+24,2	8,58	- 1,18	574	-136	350	730	...	N.	3	0,03	17,8	+ 3,5	53,5	
16	730,03	+ 3,34	+15,86	+ 1,00	+12,0	+20,5	7,27	- 2,54	565	-114	400	650	...	N.	2	0,30	17,9	+ 3,5	53,3	
17	730,15	+ 3,41	+16,36	+ 0,58	+ 8,3	+22,9	7,56	- 2,30	567	-111	320	760	...	N.	1	0,08	18,0	+ 3,1	53,0	
18	726,12	- 0,68	+16,50	+ 0,51	+ 8,9	+22,7	7,81	- 2,09	572	-135	420	760	...	N.	3	0,06	...	...	53,0	
19	728,18	+ 1,32	+15,46	+ 1,68	+10,4	+20,1	6,48	- 3,47	514	-192	390	570	...	N.	3	0,00	17,1	+ 2,3	53,0	
20	731,17	+ 4,26	+18,02	+ 0,79	+ 8,6	+25,5	7,83	- 2,16	526	-179	280	700	...	N.	1	0,00	17,3	+ 2,4	52,5	
21	731,45	+ 4,49	+19,43	+ 2,11	+ 9,9	+27,0	8,46	- 1,57	526	-178	340	740	...	N.	1	0,11	17,0	+ 2,9	53,0	
22	730,74	+ 3,13	+20,35	+ 2,94	+10,7	+27,3	7,58	- 2,49	453	-250	190	700	...	N.	1	0,02	17,7	+ 2,5	52,0	
23	729,04	+ 1,98	+19,31	+ 1,81	+12,6	+24,8	8,21	- 1,90	517	-185	320	650	...	N.	2	0,03	17,9	+ 2,6	52,0	
24	728,41	+ 1,30	+19,88	+ 2,30	+ 9,9	+26,4	8,09	- 2,06	493	-208	270	640	...	N.	1	0,39	18,7	+ 3,3	52,0	
25	728,87	+ 1,71	+18,70	+ 1,01	+11,3	+24,8	6,66	- 3,53	441	-258	200	640	...	N.	1	0,48	...	...	52,0	
26	729,82	+ 2,61	+19,60	+ 1,86	+ 9,0	+27,9	7,12	- 3,11	446	-252	280	700	...	variable	...	...	...	...	52,0	
27	729,05	+ 1,79	+18,68	+ 0,87	+11,1	+24,3	7,38	- 2,89	485	-212	240	650	...	N.	2	0,06	18,9	+ 3,2	51,5	
28	726,43	- 0,67	+19,22	+ 1,34	+10,0	+27,0	6,72	- 3,58	446	-250	140	690	...	variable	...	...	...	...	51,5	
29	721,31	+ 3,03	+17,52	- 0,43	+10,2	+28,7	10,18	+0,15	729	+ 31	300	960	14,9	8	SSO.	3	0,78	+ 3,1	51,5	
30	717,46	- 9,92	+13,38	- 4,61	+ 9,5	+19,2	7,32	- 3,04	675	- 19	410	850	46,6	14	NO.	3	0,81	+ 6,0	51,0	

## MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1865.

	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,	730,36	730,43	730,16	730,24	729,82	729,36	729,42	729,77	730,38
2 <sup>e</sup> »	730,28	730,30	729,97	729,54	729,04	728,56	728,57	729,09	729,81
3 <sup>e</sup> »	727,90	728,06	727,62	727,03	726,65	726,27	726,01	726,34	726,88
<b>Mois</b>	729,52	729,60	729,35	728,94	728,50	728,06	728,00	728,40	729,02

<b>Température.</b>									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade,	+15,42	+18,08	+19,18	+20,67	+21,92	+21,96	+21,06	+18,70	+17,40
2 <sup>e</sup> »	+12,76	+15,62	+18,40	+20,19	+21,40	+21,69	+20,16	+17,79	+15,67
3 <sup>e</sup> »	+13,61	+18,14	+20,63	+22,88	+23,56	+23,68	+22,57	+19,63	+17,40
<b>Mois</b>	+13,93	+17,28	+19,51	+21,24	+22,29	+22,45	+21,26	+18,71	+16,83

<b>Tension de la vapeur.</b>									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade,	9,68	10,04	9,90	9,71	9,20	9,25	9,64	10,39	9,96
2 <sup>e</sup> »	7,60	7,59	7,63	7,55	7,21	7,14	6,89	7,54	7,45
3 <sup>e</sup> »	7,91	7,96	7,84	7,66	7,20	7,39	7,83	8,52	8,27
<b>Mois</b>	8,40	8,53	8,46	8,31	7,87	7,93	8,12	8,81	8,56

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade,	747	651	586	543	479	484	546	657	690
2 <sup>e</sup> »	688	565	480	428	382	371	392	492	564
3 <sup>e</sup> »	681	524	435	375	348	359	400	521	571
<b>Mois</b>	705	580	500	449	403	405	446	557	608

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	p.
1 <sup>re</sup> décade,	+13,08	+23,39	0,34	16,87	9,1	51,20
2 <sup>e</sup> »	+10,73	+22,60	0,10	17,50	0,0	53,15
3 <sup>e</sup> »	+10,42	+25,74	0,31	18,18	61,5	51,85
<b>Mois</b>	+11,41	+23,91	0,25	17,52	70,6	52,07

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 4,61 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 3<sup>o</sup>,1 E. et son intensité est égale à 104 sur 100.



TABLEAU  
DES  
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUIN 1865.

Dans la nuit du 15 au 16, la glace a entièrement disparu sur le lac.

Le 21, de 2 h.  $\frac{1}{2}$  à 3 h. du soir, quelques coups de tonnerre et pluie mêlée de grêlons.

Le 29, vers les 9 h. du matin, il a grêlé et neigé pendant un quart d'heure.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.	MINIMUM.
mm	mm
Le 9, à midi . . . . . 573,67	Le 2, à 6 h. matin . . 566,72
14, à 10 h. soir. . . . . 570,33	12, à 6 h. mat. . . . 566,60
21, à 10 h. soir. . . . . 572,31	18, à 4 h. soir. . . . 564,91
26, à 10 h. soir. . . . . 569,94	25, à midi . . . . . 567,92
	30, à 8 h. mat. . . . 555,00

Jours du mois.	Baromètre.				Température, C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moy. du ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum.	Maximum.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
1	567,05	+ 1,80	566,72	567,52	8,45	+ 6,01	+ 7,92	+ 13,4	.....	5,6	1	SO.	0,88
2	567,46	+ 2,11	566,72	568,64	4,21	+ 1,65	+ 1,6	+ 6,9	.....	19,9	5	SO.	0,96
3	569,77	+ 4,32	569,91	570,14	3,21	+ 0,23	+ 1,0	+ 6,4	.....	0,6	.....	NE.	0,80
4	569,27	+ 3,77	568,89	569,60	2,69	+ 0,11	+ 1,6	+ 6,2	.....	.....	1	NE.	0,96
5	569,73	+ 4,07	569,00	569,99	2,85	+ 0,07	+ 1,3	+ 6,0	.....	.....	.....	NE.	0,90
6	570,29	+ 4,53	569,44	570,94	4,56	+ 1,52	+ 2,1	+ 7,8	.....	.....	.....	NE.	0,28
7	570,63	+ 4,87	570,18	571,34	5,45	+ 2,97	+ 3,4	+ 8,4	.....	.....	.....	NE.	0,52
8	572,53	+ 6,78	571,53	573,36	6,19	+ 2,92	+ 4,1	+ 9,2	.....	.....	.....	NE.	0,63
9	573,45	+ 7,10	573,12	573,67	7,67	+ 4,39	+ 5,0	+ 11,4	.....	.....	.....	NE.	0,12
10	571,74	+ 5,59	570,79	572,30	8,08	+ 4,59	+ 6,1	+ 11,4	.....	.....	.....	NE.	0,20
11	567,67	+ 1,42	567,02	568,86	4,17	+ 0,58	+ 1,6	+ 7,6	.....	.....	.....	NE.	0,78
12	567,62	+ 1,28	566,60	568,61	4,45	+ 2,25	+ 1,2	+ 5,2	.....	.....	.....	NE.	0,27
13	569,24	+ 2,81	568,35	569,89	2,33	+ 1,48	+ 0,0	+ 5,5	.....	.....	.....	NE.	0,03
14	569,89	+ 3,37	569,45	570,33	4,88	+ 0,97	+ 1,2	+ 8,2	.....	.....	.....	NE.	0,06
15	569,93	+ 3,32	569,82	570,00	5,64	+ 1,63	+ 3,5	+ 8,8	.....	.....	.....	NE.	0,08
16	568,61	+ 1,91	568,23	569,54	4,58	+ 0,47	+ 2,7	+ 7,1	.....	.....	.....	NE.	0,34
17	568,56	+ 1,77	568,42	568,64	4,52	+ 0,31	+ 1,7	+ 7,1	.....	.....	.....	NE.	0,28
18	565,51	+ 1,37	564,91	566,52	3,83	+ 0,47	+ 1,9	+ 6,9	.....	.....	.....	NE.	0,33
19	567,70	+ 0,73	565,54	569,63	4,73	+ 0,34	+ 1,6	+ 9,0	.....	.....	.....	NE.	0,10
20	571,05	+ 4,00	570,00	571,72	7,20	+ 2,72	+ 3,0	+ 10,4	.....	.....	.....	NE.	0,03
21	572,03	+ 4,30	571,55	572,31	7,25	+ 2,68	+ 4,9	+ 11,7	.....	.....	.....	NE.	0,52
22	570,85	+ 3,64	570,35	571,27	7,89	+ 3,23	+ 4,5	+ 10,4	.....	.....	.....	NE.	0,36
23	569,20	+ 1,91	568,84	569,61	5,71	+ 1,00	+ 3,9	+ 8,9	.....	.....	.....	NE.	0,26
24	568,75	+ 1,38	568,49	569,02	5,04	+ 0,22	+ 2,9	+ 8,6	.....	.....	.....	NE.	0,69
25	568,16	+ 0,71	567,99	568,52	2,37	+ 2,53	+ 0,8	+ 6,3	.....	.....	.....	NE.	0,94
26	569,37	+ 1,85	568,49	569,94	5,04	+ 0,07	+ 2,2	+ 8,2	.....	.....	.....	NE.	0,62
27	568,85	+ 1,26	568,70	568,92	4,95	+ 0,09	+ 2,1	+ 8,8	.....	.....	.....	NE.	0,30
28	567,67	+ 0,01	567,43	567,90	8,19	+ 3,07	+ 4,3	+ 11,6	.....	.....	.....	NE.	0,00
29	563,79	+ 3,94	560,46	565,98	7,25	+ 2,06	+ 5,7	+ 11,8	.....	.....	.....	SO.	0,93
30	557,96	+ 9,84	555,00	559,89	1,71	+ 3,55	+ 0,1	+ 4,7	.....	68,6	14	SO.	0,72

\* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètres étant hors de service.

## MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1865.

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

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade,	569,76	569,94	570,14	570,17	570,17	570,11	570,21	570,41	570,55
2 <sup>e</sup> »	568,33	568,30	568,36	568,41	568,47	568,49	568,65	568,87	569,06
3 <sup>e</sup> »	567,68	567,53	567,65	567,63	567,57	567,63	567,59	567,67	567,73
Mois	568,59	568,59	568,72	568,74	568,74	568,74	568,82	568,99	569,11

### Température

1 <sup>re</sup> décade,	+ 3,79	+ 5,54	+ 7,08	+ 8,12	+ 8,33	+ 8,14	+ 5,93	+ 4,37	+ 4,18
2 <sup>e</sup> »	+ 1,97	+ 5,17	+ 6,10	+ 6,85	+ 7,20	+ 6,77	+ 6,02	+ 3,35	+ 3,04
3 <sup>e</sup> »	+ 3,63	+ 6,16	+ 7,37	+ 8,65	+ 8,23	+ 7,55	+ 6,64	+ 4,85	+ 4,28
Mois	+ 3,13	+ 5,62	+ 6,85	+ 7,87	+ 7,92	+ 7,49	+ 6,20	+ 4,19	+ 3,83

	Min. observé. <sup>†</sup>	Max. observé. <sup>†</sup>	Clarté moy. du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1 <sup>re</sup> décade,	+ 3,34	+ 8,61	0,62	26,1	—
2 <sup>e</sup> »	+ 1,60	+ 7,58	0,23	0,0	—
3 <sup>e</sup> »	+ 3,14	+ 9,10	0,53	68,6	—
Mois	+ 2,69	+ 8,43	0,46	94,7	—

Dans ce mois, l'air a été calme 3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 6,76 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 96 sur 100.

<sup>†</sup> Voir la note du tableau.



RECHERCHES  
SUR LES COMBINAISONS DU NIOBIUM

PAR

M. C. MARIGNAC.

1<sup>er</sup> Mémoire.

(Suite.<sup>1</sup>)

---

*Acide niobique*,  $Nb^2O^5$ .

Je rappelle que je désigne sous ce nom l'acide hyponiobique de Rose et l'acide niobeux de M. Hermann. Je ne me suis point attaché à refaire une nouvelle étude de ses propriétés suffisamment connues par les beaux travaux de H. Rose.

Je veux seulement remarquer que je n'ai point observé jusqu'ici de variations importantes dans sa densité. Que cet acide ait été retiré des columbites du Groënland, de Haddam ou de Bodenmais, il m'a toujours présenté après fusion avec les bisulfates de potasse ou d'ammoniaque, lavage, et calcination à une forte chaleur rouge, une densité comprise entre 4,37 et 4,46<sup>2</sup>. Préparé par

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, t. XXIII, p. 167.

<sup>2</sup> Ces déterminations ayant été faites le plus souvent sur de très-faibles quantités de matière, il est probable que les variations réelles de densité sont comprises entre des limites plus resserrées, ces chiffres extrêmes provenant d'erreurs d'expériences.

un grillage prolongé du fluoxyniobate d'ammoniaque, il a offert une densité de 4,51 et 4,53.

Il va sans dire que ces essais n'ont été faits qu'après que l'acide niobique avait été séparé des autres acides métalliques par la cristallisation du fluoxyniobate de potasse.

Cette densité est bien inférieure à toutes celles que Rose a observées pour cet acide dans les mêmes circonstances (5,2 à 6,5). Ces nombres élevés sont probablement toujours dus à la présence d'acide tantalique.

J'ajouterai que j'ai tenté, pour le transformer en un autre acide plus ou moins oxygéné, plusieurs essais qui tous sont restés sans résultat. Le niobate de potasse n'est pas plus modifié par la fusion avec du nitre que par celle avec du cyanure de potassium dans un creuset de fer à une haute température.

#### *Niobates de potasse.*

L'acide niobique ne formerait avec la potasse, soit d'après H. Rose, soit d'après Hermann, que des sels incristallisables. Je ne puis m'expliquer ce fait que par la supposition que ces essais ont été tentés avec un acide impur. Car j'ai toujours obtenu sans aucune difficulté un niobate de potasse en gros cristaux prismatiques en concentrant par l'évaporation dans le vide les dissolutions obtenues après la fusion de l'acide niobique avec deux ou trois fois son poids de carbonate de potasse. Bien que je n'aie opéré que sur quelques grammes, j'ai obtenu des cristaux ayant jusqu'à un demi-pouce de côté.

Leur forme dérive d'un prisme rhomboïdal oblique. La forme dominante est un prisme hexagonal, résultant

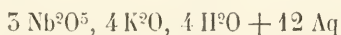
des tronçatures des arêtes latérales par les faces E, et terminé par la base P. Ils offrent de plus les facettes  $e^2$  sur les angles latéraux et  $\mu$  sur les arêtes inférieures (fig. 1).

Limpides et assez éclatants, ils s'effleurissent bientôt au contact de l'air.

	Calculé.	Observé.
{ M — M =	409° 20'	• 409° 20
{ E : M =	125 20	125 20
{ P : M =	94 50	• 94 50
{ P : $\mu$ =	45 54	• 45 54
P : $e^2$ =	151 44	152 10
{ E : $\mu$ =	114 57	114 42
{ $\mu$ — $\mu$ =	150 46	
P : (MM) =	95 51	
P : ( $\mu\mu$ ) =	40 5	

Chauffé sur une lame de platine, il fond en partie dans son eau de cristallisation, puis se dessèche, prend une couleur jaune quand on le chauffe au rouge, mais ne fond pas. Il redevient blanc par le refroidissement, mais ne se redissout plus qu'en partie dans l'eau. Chauffé à 100 degrés, il perd 14,5 p. 100 d'eau et se redissout encore complètement.

Sa composition correspond à la formule :



en désignant par Aq l'eau qui est chassée à la température de 100°.

	Calculé.		Trouvé.	
5 Nb <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	804	54,77	55,88	
4 K <sup>2</sup> O	576	25,61	25,52	
4 H <sup>2</sup> O	72	4,91		4,50
12 Aq	216	11,71	14,52	14,70
	<hr/>	<hr/>		
	1468	100		

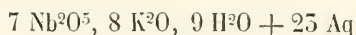
Si l'on redissout ce sel dans l'eau, sa dissolution donne par une lente évaporation de nouveaux cristaux présentant une autre forme et une autre composition.

Ce sont des cristaux octaédriques, tronqués sur tous leurs sommets, et dérivant d'un prisme rhomboïdal droit (fig. 2), ils sont assez gros, mais ne donnent pas des images très-nettes.

	Calculé.	Observé.
$m - m = 120^\circ 40'$		$120^\circ 40'$
$m \wedge m = 117 49$		118 0
$P : m = 134 20$		134 20
$P : A \}$		
$P : E \}$	$= 90 0$	90
$A : E'$		

Angle plan de la base  $92^\circ 26'$ .

Leur composition correspond à la formule :



	Calculé.		Trouvé.			
7 Nb <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	4876	58,55	58,50	58,40		
8 K <sup>2</sup> O	752	25,47	25,44	25,50		
9 H <sup>2</sup> O	162	5,05			4,70	4,50
25 Aq	444	12,95	12,60	12,80	12,70	12,80
	<u>5204</u>	<u>100</u>				

Le dosage direct de l'eau par calcination donne un nombre trop faible, par suite probablement d'une absorption d'acide carbonique.

Redissous dans l'eau, ce sel recristallise sous la même forme, seulement il est plus difficile alors de l'obtenir en cristaux nets. Il tend à former une dissolution sursaturée qui se prend tout à coup en masse.

Dans l'espérance d'obtenir un sel neutre, j'ai fait passer dans la dissolution du sel précédent un courant d'a-

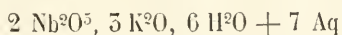


cide carbonique qui a déterminé la précipitation d'une petite quantité d'un sel acide, puis la liqueur a été concentrée par l'ébullition; mais il m'a été impossible d'en retirer aucun sel cristallisé.

On obtient encore un autre niobate de potasse très-bien cristallisé lorsqu'on ajoute à la dissolution des sels précédents un excès de potasse caustique. On obtient alors, par une concentration lente, des cristaux octaédriques très-nets, mais qui s'effleurissent assez rapidement à l'air. Ils se composent d'un prisme rhomboïdal  $MM$  et d'un biseau  $ee$ ; ils sont de plus tronqués sur quatre sommets par les facettes  $a$  (fig. 3).

	Calculé.	Observé.
$M - M =$	91° 20'	* 91° 20'
$e \wedge e =$	80 56	* 80 56
$a \wedge a =$	79 57	80
{ $M : a =$	125 20	125 40
{ $M : e =$	57 53	57 50

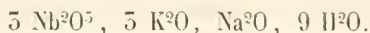
Leur analyse conduit à la formule :



	Calculé.		Trouvé.
2 $\text{Nb}^2\text{O}^5$	556	50,95	51,06
3 $\text{K}^2\text{O}$	282	26,80	26,22
6 $\text{H}^2\text{O}$	108	10,27	»
7 $\text{Aq}$	126	11,98	11,58
	<hr/>	<hr/>	
	1052	100	

Lorsqu'on ajoute à la dissolution d'un niobate de potasse une dissolution de potasse renfermant de la soude, comme cela a lieu si habituellement, on obtient un précipité blanc, pulvérulent, insoluble dans la liqueur alcaline et fort peu soluble dans l'eau.

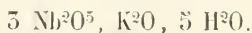
L'analyse d'un pareil précipité, séché à 100 degrés, m'a donné la composition :



	Calculé.		Trouvé.
5 Nb <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	804	61,57	61,60
5 K <sup>2</sup> O	282	21,55	21,25
Na <sup>2</sup> O	62	4,75	4,57
9 H <sup>2</sup> O	162	12,57	15,20
	<hr/>	<hr/>	
	1510	100	

Si l'on fait bouillir une dissolution de fluoxyniobate de potasse avec du bicarbonate de potasse, la presque totalité de l'acide niobique est précipitée à l'état d'un niobate acide de potasse, pulvérulent, léger, qui est à peu près insoluble dans l'eau.

Ce sel desséché à 100 degrés a pour formule :



	Calculé.		Trouvé.
5 Nb <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	804	81,58	80,61
K <sup>2</sup> O	94	9,51	9,88
5 H <sup>2</sup> O	90	9,11	8,95
	<hr/>	<hr/>	
	988	100	

J'ai essayé de préparer aussi les niobates de soude, mais je n'ai obtenu que des sels pulvérulents cristallins, changeant de composition par le lavage et dont aucun ne m'a présenté les caractères d'un composé parfaitement défini.

#### *Fluoxyniobates de potasse.*

Le fluorure niobique, obtenu en dissolvant l'acide niobique hydraté par l'acide fluorhydrique, donne lieu à des combinaisons très-variées avec le fluorure de po-

tassium ; mais ce sont toujours des fluoxyniobates à moins qu'ils ne cristallisent en présence d'acide fluorhydrique concentré. J'ai obtenu cinq sels de ce genre, parfaitement cristallisés, et que j'ai reproduits également avec des acides extraits des columbites du Groënland, de Haddam et de Bodenmais.

Un seul de ces sels est parfaitement stable et ne change point par des dissolutions et cristallisations successives : c'est le fluoxyniobate normal  $\text{NbOF}^3$ ,  $2\text{KF} + \text{Aq}$ . Tous les autres se produisent en ajoutant à sa dissolution, soit du fluorure de potassium neutre ou acide, soit un excès de fluorure niobique. Mais tous redissous dans l'eau chaude donnent une première cristallisation de fluoxyniobate normal. Ils deviennent complètement insolubles dans une dissolution saturée de fluorure de potassium.

H. Rose avait déjà préparé des fluoniobates de potasse, mais il n'a point cherché à les séparer suivant leurs formes cristallines et les décrit comme étant tantôt en poudre cristalline, tantôt en écailles ou en aiguilles. Les analyses qu'il en donne se rapportent toutes évidemment à des mélanges, comme du reste il le reconnaît lui-même. Il a remarqué que les dissolutions de ces sels se troublent par le refroidissement si l'on n'y ajoute pas de l'acide fluorhydrique. Je n'ai point vérifié cette observation sur les fluoxyniobates purs ; toutes les fois que leur dissolution dans l'eau pure ne demeure pas limpide, je crois que c'est un indice de la présence d'un fluotantalate.

L'analyse de ces sels par l'acide sulfurique ne présente aucune difficulté ; il convient seulement de ne chasser l'excès d'acide qu'à une température inférieure au rouge. Le résidu traité par l'eau bouillante laisse

l'acide niobique absolument insoluble et très-facile à laver ; la liqueur évaporée à siccité donne après une forte calcination le sulfate de potasse.

Le dosage de l'eau peut se faire le plus souvent par une dessiccation directe à 150 ou 180 degrés, ou par la fusion avec de l'oxyde de plomb en excès, lorsque le sel ne renferme pas d'acide fluorhydrique libre.

Mais le dosage du fluor offre assez de difficultés et n'est pas susceptible d'une grande exactitude. Le moyen le plus naturel et auquel en définitive je suis revenu après plusieurs essais, consiste à précipiter l'acide niobique par l'ammoniaque et à doser le fluor dans la liqueur filtrée. Mais la filtration et le lavage de l'acide niobique sont excessivement longs. La liqueur passe souvent trouble, malgré l'addition de sel ammoniac, ou si elle a passé claire, il s'y forme un nouveau dépôt pendant la durée des opérations. Dans tous les cas la précipitation de l'acide niobique n'est pas complète, il en reste un peu en dissolution qui se précipite avec le fluorure de calcium, en sorte que le résultat obtenu n'est qu'approximatif. D'ailleurs on ne peut utiliser cette expérience pour la détermination de l'acide niobique, attendu qu'il entraîne toujours de la potasse que les lavages ne lui enlèvent pas.

J'ai essayé aussi la précipitation par le nitrate mercurieux avec addition d'ammoniaque, mais cette méthode ne m'a pas donné des résultats sûrs ; il semble que quelquefois une quantité notable de fluor est entraînée dans ce précipité.

Au reste, il est bien rare que le dosage direct du fluor soit nécessaire pour établir la composition de ces sels, ou du moins il suffit dans tous les cas d'un dosage approximatif.

Il serait assez difficile de créer une nomenclature méthodique en rapport avec la constitution de ces sels; je me bornerai à les désigner par des noms tirés de l'apparence habituelle de leurs cristaux.

A) *Fluoxyniobate lamellaire ou normal.*

Ce sel ressemble autant qu'il est possible au fluotitanate et au fluoxytungstate de potasse, avec lesquels il est d'ailleurs isomorphe.

Par cristallisation dans l'eau pure, il se dépose en lamelles excessivement minces, tellement que des liqueurs même modérément concentrées, se prennent par refroidissement en une masse d'apparence gélatineuse; mais jetée sur un filtre, cette masse se contracte extrêmement et laisse un résidu lamellaire, nacré, semblable à du talc.

En présence d'un petit excès d'acide fluorhydrique, on obtient des lames rhomboïdales, toujours assez minces, mais cependant mesurables, formées par un prisme rhomboïdal oblique P, M, M. Les arêtes inférieures de la base sont habituellement tronquées par les facettes  $\mu^3$ ; on y rencontre plus rarement les facettes  $\mu^{3/2}$  et  $\mu$ , A, et une facette  $\alpha$  sur l'angle inférieur (fig. 4).

Je joindrai aux angles de ce sel ceux du fluotitanate et du fluoxytungstate correspondants, en faisant observer que pour tous ces sels en lamelles très-minces, les mesures ne peuvent être qu'approximatives.

	Calculé.	Observé.	Fluotitanate.	Fluoxy- tungstate.
M — M =	92° 8'	92	91 6	90 41
P : M =	99 52	100	96 42	96 16
} P : $\mu^3$ =	85 52	86	»	»
	P : $\mu^{3/2}$ =	72 20	72 25	»
P : $\mu$ =	60 55	60 0	»	60 50
P : A =	105 46		98 42	98 50
} P : $\alpha^3$ =	84 9	84 0	»	»
	P : $\alpha$ =	51 26	51 26	51 19
$\mu^3 - \mu^3 =$	90 10	90 10	»	»
$\mu^3 : \alpha =$	126 54	126 54	»	»

Ce sel perd presque toute son eau à 100 degrés, mais on peut sans inconvénient le chauffer jusque vers 180 ou 200° pour le dessécher complètement; il se redissout encore complètement dans l'eau sans laisser de résidu. Ainsi desséché, il n'offre plus qu'une perte insignifiante, avec dégagement d'une odeur acide, lorsqu'on le chauffe jusqu'à la fusion à une chaleur rouge.

J'ai fait plus de vingt analyses de ce sel préparé avec les columbites de Groënland, de Haddam et de Bodenmais, et avec de l'acide niobique qui avait été soumis à divers traitements, pour constater s'il ne subissait aucun changement dans son degré d'oxydation, ainsi à la fusion avec de la potasse et du nitre, ou inversement avec de la potasse et du cyanure de potassium dans un creuset de fer, à la réduction par le zinc à l'état d'oxyde bleu ou brun qui avait été ensuite réoxydé par fusion avec le bisulfate de potasse, etc.

J'ai obtenu :

Eau . . . . . de	5,75 à 5,98	moyenne	5,87
Acide niobique	44,15 à 44,60	»	44,56
Sulfate de potasse	57,60 à 58,05	»	57,82
Fluor. . . . .	50,62 à 52,22	»	51,72

Résultats conformes à la formule :



		Calculé.	Trouvé.
Nb	94	51,25	51,12
2 K	78	25,91	25,92
O	16	5,52	»
5 F	95	51,56	51,72
Aq	18	5,98	5,87
	<u>501</u>	<u>100</u>	

J'ai éliminé dans ce calcul quelques analyses donnant des résultats un peu plus écartés de la moyenne, mais faites sur des sels dans lesquels j'ai pu constater la présence soit d'un peu de fluotantalate, soit du sel inconnu peu soluble dont j'ai signalé l'existence dans la première partie de ce mémoire.

Ce sel exige de 12,5 à 13 fois son poids d'eau pour se dissoudre à la température de 17 à 21° C. Il est beaucoup plus soluble dans l'eau bouillante. La présence d'un excès d'acide fluorhydrique augmente un peu sa solubilité.

*B) Fluoxyniobate de potasse cuboïde.*

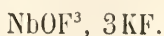
Ce sel prend naissance lorsqu'on ajoute un excès de fluorure de potassium à la dissolution du précédent.

Ses cristaux ont exactement l'apparence de cubes, sans aucune modification. Mais leur examen optique prouve qu'ils n'appartiennent ni au système cubique, ni à celui du prisme carré. D'ailleurs, leurs angles ne sont pas exactement droits, mais les mesures varient entre 90° et 90° 30', en sorte qu'il m'a été impossible d'en déterminer le système cristallin.

Ce sel ne perd rien de son poids à 100 degrés, et ne

subit qu'une perte insignifiante par la fusion au rouge dans un creuset fermé.

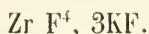
Son analyse conduit à la formule :



		Calculé.	Trouvé.		
Nb	94	27,57	»		
5 K	117	54,51	»		
O	16	4,69	»		
6 F	114	55,45	52,49		
	<u>341</u>	<u>100</u>			
$\frac{1}{2}$ Nb <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	154	59,29	59,45	59,2	59,4
$\frac{3}{2}$ K <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	261	76,54	75,65	76,6	76,1

Dissous dans l'eau chaude, il donne par refroidissement une abondante cristallisation de sel lamellaire.

On peut remarquer que ce sel, dont la forme ne diffère pas sensiblement du cube, a une formule analogue à celle du fluozirconate de potasse basique.



qui cristallise en octaèdre régulier, et à celles du fluosilicate et du fluotitanate d'ammoniaque



dont le premier cristallise en prisme carré, le second également ou peut-être en cube.

### C) Fluoxyniobate aciculaire.

Il se forme dans les dissolutions qui renferment un excès de fluorure de potassium et d'acide fluorhydrique.

Dans des dissolutions concentrées il se dépose en fines aiguilles, mais lorsqu'il cristallise plus lentement,



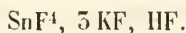
il donne des cristaux prismatiques très-nets, dérivant d'un prisme rhomboïdal oblique.

Ils se composent du prisme MM, quelquefois tronqué sur ses arêtes par les faces A et E, et terminé par l'octaèdre rhomboïdal  $m\mu$ . On observe quelquefois aussi la base P, mais toujours très-petite (fig. 5).

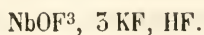
Souvent les cristaux sont mâclés parallèlement à A, en sorte que l'on trouve deux sommets formés en apparence d'octaèdres rhomboïdaux droits, résultant de quatre faces  $m$  à une extrémité, et de quatre faces  $\mu$  à l'autre.

	Calculé.	Observé.	Fluostannate.
$\left\{ \begin{array}{l} M-M \\ E : M \end{array} \right. =$	115° 50'	• 115° 50'	115 52
$\left\{ \begin{array}{l} m-m \\ E : m \end{array} \right. =$	122 5	• 122 5	122 4
$\left\{ \begin{array}{l} m-m \\ E : m \end{array} \right. =$	158 50	• 158 50	159 11
$\left\{ \begin{array}{l} E : m \\ \mu - \mu \end{array} \right. =$	110 55	110 50	»
$\left\{ \begin{array}{l} \mu - \mu \\ E : \mu \end{array} \right. =$	136 45	136 54	156 48
$\left\{ \begin{array}{l} E : \mu \\ M : m \end{array} \right. =$	111 58	111 46	»
$\left\{ \begin{array}{l} M : m \\ M : P \end{array} \right. =$	154 8	• 154 8	
$\left\{ \begin{array}{l} M : P \\ M : M \end{array} \right. =$	92 45	92 51	95 40
$\left\{ \begin{array}{l} M : M \\ P : A \end{array} \right. =$	48 50	49 6	
$P : A =$	95 14		

C'est à quelques minutes près, la forme du fluostannate de potasse :



Et en effet, la composition de ce fluoxyniobate est exprimée par une formule analogue :



		Calculé.	Trouvé.		
	Nb 94	26,04	»		
	5 K 117	52,41	»		
	H 1	0,28	»		
	O 16	4,45	»		
	7 F 155	56,84	57,8		
	<hr/>	<hr/>			
	561	100			
$\frac{1}{2}$	Nb <sup>2</sup> O <sup>5</sup> 154	57,12	57,0	56,9	56, 7
$\frac{3}{2}$	K <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup> 261	72,29	72,2	72,1	72,15

Il ne perd rien par la dessiccation à 100°. Chauffé jusqu'à fusion, il dégage une forte odeur d'acide fluorhydrique et perd 6% de son poids (HF = 5,54 p.100). Fondu avec l'oxyde de plomb, il subit une perte de 2,8% environ.

#### D) Fluoxyniobate de potasse hexagonal.

Lorsqu'on dissout l'acide niobique dans l'acide fluorhydrique, et que l'on ajoute une quantité insuffisante de fluorure de potassium, on obtient d'abord une cristallisation de fluoxyniobate lamellaire. Si l'on concentre l'eau mère, il s'y forme par refroidissement des cristaux en prismes hexagonaux d'un sel plus riche en fluorure niobique.

Ces cristaux, dont le prisme est exactement de 120 degrés, n'offrent en général qu'un pointement mal terminé, indiquant un groupement de plusieurs cristaux. Le sommet présente en effet l'apparence d'une dent à six pointes avec une dépression centrale et n'offrant de faces que vers cette dépression, en sorte qu'on ne peut prendre des mesures que sur les fragments que l'on parvient à en détacher en cherchant à les briser suivant l'axe. Ces mesures ne peuvent être qu'approximatives. Elles conduisent

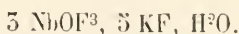
à rapporter la forme de ces cristaux à un prisme rhomboïdal oblique. La fig. 6 représente la forme théorique d'un cristal simple, composé du prisme hexagonal MEM du biseau  $ee$  et des facettes  $a$  et  $a^{1/3}$  sur l'angle antérieur.

	Calculé.	Observé.
{ M—M =	120 0	• 120° 0
{ E : M =	120 0	120 0
{ M : $a$ =	126 58	• 126 58
{ M : $e$ =	91 42	
$a$ : $e$ =	144 54	144 50
$a$ : $a^{1/3}$ =	162 50	• 162 50
{ E : $e$ =	111 40	111 50
{ $e$ : $e$ =	157 40	157 0
M : $e$ =	112 28	112 55
M : $a^{1/3}$ =	112 21	111 50
$a^{1/3}$ : $e$ =	156 0	155 50

Inclinaison du prisme (MM) : ( $ee$ ) = 104° 28 .

Sauf l'existence des faces  $a$ , on pourrait, sans s'écarter beaucoup des angles mesurés, rapporter cette forme à un prisme hexagonal régulier, dans lequel les faces  $ee$  et  $a^{1/3}$  appartiendraient à une pyramide hexagonale placée sur les angles de la base. Cette supposition semblerait confirmée par l'existence d'un sel d'ammoniaque de même composition et dont la forme est décidément hexagonale. Mais comme nous verrons qu'il y a aussi un sel d'ammoniaque décidément cubique, de même composition que le fluoxyniobate de potasse cuboïde, il se peut qu'il y ait là un double exemple de l'isomorphisme dans deux systèmes différents et j'ai dû indiquer la forme du sel de potasse telle que les mesures l'établissent.

La composition de ce sel correspond à la formule:



	Calculé.		Trouvé.	
5 Nb	282	54,86		
5 K	195	24,10		
5 O	48	5,95		
14 F	266	52,88	51,84	
H <sup>2</sup> O	18	2,25	2,00	
	<hr/>	<hr/>		
	809	100		
$\frac{3}{2}$ Nb <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	402	49,69	48,48	48,70
$\frac{5}{2}$ K <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	455	55,77		55,40

Il ne perd son eau qu'incomplètement à 100 degrés, et à une température plus élevée il dégage une odeur d'acide fluorhydrique. La perte d'eau a été déterminée par la fusion avec de l'oxyde de plomb. Lorsqu'on le chauffe sur une lame de platine, il décrépité, puis fond assez facilement, mais devient bientôt infusible et se colore en jaune à chaud, pour blanchir de nouveau par le refroidissement.

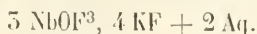
*E) Fluoxyniobate oblique non symétrique.*

Ce sel se forme dans les eaux mères du précédent, lorsque la proportion de fluorure niobique en excès est encore plus considérable. Leur apparence est celle de prismes presque rectangulaires, le plus souvent sans aucune modification; cependant quelquefois on y voit de petites facettes triangulaires sur deux des angles (fig. 7).

Ces cristaux sont fréquemment maclés, leurs faces donnent toujours des images multiples, en sorte qu'il m'a été impossible d'en tirer des mesures même approximatives. Tout ce que je puis dire, c'est que les inclinaisons

réciproques des faces P, M et N sont comprises entre  $87^{\circ}$  et  $93^{\circ}$ , et que les faces  $\alpha$  et  $\alpha'$  paraissent inégalement inclinées sur toutes ces faces, ce qui indique un prisme oblique non-symétrique.

Leur analyse conduit à la formule :



		Calculé.	Trouvé.	
5 Nb	282	36,67		
4 K	156	20,29		
5 O	48	6,24		
15 F	247	52,12	51,4	
2 Aq	56	4,68	4,7	4,7
	<hr/>	<hr/>		
	769	100,00		
$\frac{3}{2}$ Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	402	52,28	51,9	52,3
2 K <sub>2</sub> O, SO <sub>3</sub>	348	45,25	45,6	45,0

L'eau n'est qu'en partie chassée par la dessiccation à 100 degrés, mais à 180° l'expulsion est complète.

*Fluoniobate de potasse.*

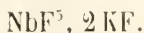
Ce sel, dont la composition jette un jour complet sur la nature véritable des composés précédents, s'obtient avec la plus grande facilité en dissolvant à l'aide de la chaleur le fluoxyniobate lamellaire dans l'acide fluorhydrique. Il se dépose par refroidissement en petits cristaux aciculaires.

Malgré leur petitesse, comme ils sont très-brillants, on peut très-bien en déterminer la forme. Ce sont des prismes rhomboïdaux droits, habituellement tronqués sur les arêtes aiguës, et terminés par un biseau placé sur les angles aigus de la base (fig. 8).

		Observé.
}	M — M =	112° 50'
	M : E =	124
	E : c =	115 10
	e : e =	120 50

Le plus souvent ils sont groupés en mamelons.

Leur composition est exprimée par la formule :



		Calculé.	Trouvé.	
Nb	94	50,82		
2 K	78	25,57		
7 F	155	45,61	42,10	44,52
	505	100,00		
$\frac{1}{2}$ Nb <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	154	45,95	45, 9	45, 7
K <sup>2</sup> O,SO <sup>3</sup>	174	57,05	56, 8	57, 6

Il ne subit aucune perte de poids à 100°; à une température beaucoup plus élevée, il exhale une odeur d'acide fluorhydrique. Mélangé avec un excès d'oxyde de plomb, il peut être mis en fusion à une chaleur rouge sans présenter aucune perte de poids.

Redissous dans l'eau chaude, il donne par refroidissement une abondante cristallisation de fluoxyniobate lamellaire, et laisse une eau mère fortement acide.

J'avais obtenu ce sel dès le commencement de mes recherches, mais m'étant borné alors au dosage de l'acide niobique et de la potasse, qui s'y trouvent dans les mêmes proportions que dans le fluoxyniobate lamellaire, j'avais cru qu'il n'en différait que parce que l'eau de cristallisation de ce dernier sel était remplacée par de l'acide fluorhydrique. Mais mon attention a été rappelée plus tard sur lui, après que j'ai eu l'occasion de préparer le fluotantalate de potasse et de constater l'isomorphisme parfait

de ces deux sels. Heureusement aucune incertitude ne peut régner sur sa véritable composition, car le dosage du fluor, et surtout le fait que ce sel ne perd rien par la fusion en présence de l'oxyde de plomb, établissent avec une parfaite certitude qu'il ne renferme point d'acide fluorhydrique et que par conséquent le fluorure niobique renferme bien 5 atomes de fluor.

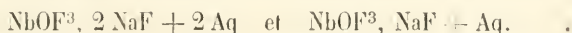
*Fluoxyniobate de soude.*

Je n'ai pu obtenir aucun sel de ce genre en cristaux déterminés. Ils se déposent toujours en croûtes adhérentes aux parois de la capsule, offrant bien une structure cristalline, mais sans qu'il m'ait été possible d'y reconnaître aucune forme.

L'analyse de pareils dépôts montre qu'il existe plusieurs composés différents, mais la manière dont ils se forment ne permet pas de les séparer les uns des autres.

Il serait donc inutile d'en rapporter les résultats.

Je dirai seulement qu'ils me paraissent indiquer l'existence de deux fluoxyniobates au moins, savoir :



Je n'ai pas mieux réussi en dissolvant ces sels dans un excès d'acide fluorhydrique, je n'ai encore obtenu que des croûtes cristallines dont la pureté m'a paru trop incertaine pour que leur analyse offrît quelque intérêt.

*Fluoxyniobates d'ammoniaque.*

Les sels de ce genre paraissent assez nombreux et sont bien cristallisés. Ils correspondent en général aux sels de potasse, et peut-être en aurais-je obtenu un aussi grand

nombre si je m'étais arrêté aussi longtemps sur leur étude. Leur préparation n'offre qu'une seule difficulté, c'est l'excessive tendance de leur dissolution à grimper le long des parois des capsules, ce que l'on ne parvient même pas à empêcher complètement en en graissant les bords.

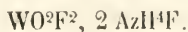
Parmi ces sels, comme parmi ceux de potasse, le plus stable est le fluoxyniobate normal ou lamellaire. Cependant il arrive quelquefois que les autres peuvent se dissoudre et recristalliser sans changement. Cette différence tient à ce que le sel lamellaire d'ammoniaque est plus soluble que celui de potasse et ne se forme par conséquent que dans des dissolutions assez concentrées.

*A) Fluoxyniobate d'ammoniaque lamellaire.*

Bien que ce sel ressemble au fluoxyniobate de potasse, il n'a pas la même forme cristalline. Ses cristaux dérivent d'un prisme rhomboïdal droit. Ce sont des lames rectangulaires biseautées, résultant de la combinaison d'une large base P avec l'octaèdre rectangulaire  $a c$ ; on y trouve quelquefois aussi les facettes  $a^{1/3}$  et  $e^{1/2}$  ( fig. 9 ).

	Calculé.	Observé.	Fluoxytungstate.
{ P : a =	112° 55	112° 55	112° 20
{ P : $a^{1/3}$ =	141 48	141 50	»
{ P : e =	154 50	154 50	154 52
{ P : $e^{1/2}$ =	155 48	155 20	»
a : e =	105 45	105 40	»

Ce tableau montre le parfait isomorphisme de ce sel avec le fluoxytungstate d'ammoniaque





ce qui s'accorde parfaitement avec la composition de ce fluoxyniobate.

NbOF <sup>3</sup> , 2 AzH <sup>4</sup> F.					
		Calculé.	Trouvé.		
Nb	94	59,00			
2 AzH <sup>4</sup>	56	14,94	14,95	14,90	
O	16	6,64			
5 F	95	59,42	59,55		
	241	100,00			
$\frac{1}{2}$ Nb <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	154	55,60	55,5	54,6	55,56

La détermination de l'acide niobique peut très-bien se faire par un simple grillage longtemps prolongé. Seulement il faut avoir soin de chauffer le sel au commencement avec une très-grande lenteur, autrement on observe des vapeurs lourdes de fluorure niobique.

Les dosages d'ammoniaque indiqués ci-dessus ont été obtenus par distillation avec la potasse caustique.

En calcinant ce sel avec un poids déterminé de chaux vive, il a perdu 21,60 p. 100 de son poids; cette perte considérée comme due au dégagement d'ammoniaque correspond exactement à 14,94 d'ammonium, c'est-à-dire au poids trouvé par le dosage direct de l'ammoniaque par distillation, ce qui prouve que ce sel ne renferme point d'eau.

Le dosage du fluor dans ce sel, et généralement dans tous les sels d'ammoniaque de ce genre, se fait très-exactement, bien qu'indirectement, par cette même expérience. Le même sel qui a subi une perte de 44,5 p. 100 par grillage, ne perd que 21,6% par calcination avec la chaux. La différence 22,9 représente la différence entre le poids du fluor contenu dans le sel et son équivalent en oxygène (F<sup>2</sup> — O), d'où il est facile de calculer le poids du fluor; on trouve 39,55.

Ce sel ne subit aucune perte de poids jusqu'à 170 ou 180°.

*B) Fluoxyniobate d'ammoniaque cubique.*

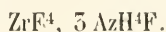
Ce sel se présente en petits cristaux très-nets, cubiques ou octaédriques, plus souvent encore en cubooctaèdres. Leurs angles sont exactement ceux du système régulier, d'ailleurs ils possèdent la réfraction simple.

Pendant ils présentent la même composition que le fluoxyniobate de potasse cuboïde, savoir :

		NbOF <sup>3</sup> , 5 AzH <sup>4</sup> F.			
		Calculé.	Trouvé.		
Nb	94	53,82			
5 AzH <sup>4</sup>	54	19,42	19,65		
O	16	5,75			
6 F	114	41,01			
	278	100,00			
$\frac{1}{2}$ Nb <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	154	48,20	48,18	48,2	48,5

Il ne subit aucune perte à 100 degrés.

Sa forme cristalline est exactement la même que celle du fluozirconate d'ammoniaque basique



Elle est peut-être aussi la même que celle du fluotitanate d'ammoniaque basique, car ce sel cristallise ou en cube ou en un prisme carré très-voisin du cube.

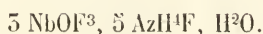
D'ailleurs la comparaison de ce sel et de celui de potasse qui lui correspond exactement par sa composition, offre un nouvel exemple, à joindre à tous ceux que l'on connaît maintenant, de l'isomorphisme dans deux systèmes de cristallisation différents.

C) *Fluoxyniobate d'ammoniaque hexagonal.*

Ce sel, qui se forme en présence d'un excès de fluorure niobique, ressemble beaucoup à celui de potasse. Mais il appartient décidément au système hexagonal. Il se présente en prismes hexagonaux courts, terminés par une pyramide à six pans, très-obtuse, placée sur les angles de la base (fig. 10). Quelquefois aussi on trouve des prismes terminés par des bases droites; on peut alors facilement constater qu'ils jouissent de la double réfraction à un axe.

	Calculé.	Trouvé.
{ M — M =	120° 0'	120° 0'
{ M : M =	60 0	60 0
a — a =	155 59	155 52
a ^ a =	150 50	150 54
{ a ~ a =	157 46	157 46
{ a : M =	111 7	111 7

Formule :



		Calculé.	Trouvé.	
5 Nb	282	40,06		
5 AzH <sup>4</sup>	90	12,78	12,29	12,5
5 O	48	6,82		
14 F	266	57,78	58,80	
H <sup>2</sup> O	48	2,56	2,96	
	<hr/>	<hr/>		
	704	100,00		
<sup>3</sup> / <sub>2</sub> Nb <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	402	57,10	56,8	57,2

L'eau ne peut être dosée par dessiccation. A 100 degrés elle n'est chassée qu'incomplètement, avec une extrême lenteur et avec accompagnement de vapeurs acides.

La quantité d'ammoniaque recueillie par la distillation

avec la potasse a été de 17,69 et de 18,05 p. 100 ; moyenne 17,87. La perte par calcination avec de la chaux vive 20,83 p. 100. La différence 2,96 indique la proportion d'eau.

*D) Fluoxyniobate d'ammoniaque rectangulaire.*

Cesel s'est formé dans l'eau-mère du précédent, le fluore niobique étant en très-grand excès.

Il m'a été impossible de déterminer exactement la forme de ses cristaux qui m'ont paru toujours maclés. Ce sont des prismes rectangulaires, A, E, ( $A : E = 90^{\circ} 0'$ ), terminés par une trémie à quatre pans ( $A : a$  et  $E : e =$  environ  $85^{\circ}$ ) (fig. 11).

Formule :  $NbOF^3, AzH^4F.$

		Calculé.	Trouvé.
Nb	94	46,08	
AzH <sup>4</sup>	18	8,82	8,50
O	16	7,84	
4 F	76	57,26	
	<hr/>	<hr/>	
	204	100,00	
$\frac{1}{2} Nb^2O^5$	134	65,68	65,7

Il ne perd rien par dessiccation jusqu'à 150 degrés.

*Fluoniobate d'ammoniaque.*

Je n'ai pas réussi à convertir complètement le fluoxyniobate d'ammoniaque en un fluoniobate correspondant à celui de potasse. La transformation n'est que partielle et donne naissance à un sel double.

En faisant dissoudre, à l'aide de la chaleur, le fluoxyniobate lamellaire dans un excès d'acide fluorhydrique,

on obtient par le refroidissement des mamelons formés de prismes très-fins et courts de 90 à 91 degrés, terminés par une pyramide aiguë, indéterminable.

Leur composition correspond à la formulé :



		Calculé.	Trouvé.	
2 Nb	188	40,26		
3 AzH <sup>4</sup>	54	11,56	12,67	
O	16	5,45		
11 F	209	44,75	44,67	42,79
	<hr/> 467	<hr/> 100,00		
Nb <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	268	57,59	57,17	56,85

L'analyse a été faite sur le sel complètement séché à l'air. Le sel cristallisé, desséché par la pression dans du papier à filtre, puis par l'exposition à l'air pendant une ou deux heures seulement, paraît renfermer un jéquivalent d'eau de cristallisation (3,5 p. 100 environ).

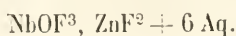
#### *Fluoxyniobate de zinc.*

Bien que j'aie répété plusieurs fois la préparation de ce sel dans des conditions différentes, je n'ai jamais obtenu qu'un seul composé, cristallisant dans le système rhomboédrique.

Tantôt ses cristaux, courts et gros, offrent l'apparence de dodécaèdres rhomboïdaux ( fig. 12 ) résultant de la combinaison du prisme hexagonal M et du rhomboèdre S<sup>2</sup>. Tantôt ce sont des prismes hexagonaux allongés et minces, presque aciculaires, terminés par le rhomboèdre R, et présentant quelquefois la combinaison des deux rhomboèdres R et S<sup>2</sup> ( fig. 13 ).

	Calculé.	Observé.
$\left. \begin{array}{l} R - R = \\ R : M = \end{array} \right\}$	$127^{\circ} 7'$ 116 26	$127^{\circ} 6'$ 116 25
$\left. \begin{array}{l} S^2 - S^2 = \\ S^2 : M = \end{array} \right\}$	96 56 151.42	96 56 151 40
$M - M =$	120 0	120 0

Ces angles sont presque exactement les mêmes que ceux que l'on observe dans les cristaux de fluosilicate, de fluostannate et de fluotitanate de zinc. La composition est aussi la même, exprimée par la formule :



	Calculé.	Trouvé.	
Nb	94	24,85	
Zn	65,5	17,51	
O	16	4,25	
5 F	95	25,10	
6 Aq	108	28,55	
	<hr/> 578,5	100.00	
$\frac{1}{2} \text{Nb}^2\text{O}^5$	154	55,40	55.64
ZnO	81,5	21,55	21,62 22,0

Il ne perd qu'une partie de son eau par la dessiccation à 100 degrés; l'expulsion paraît complète vers 180°, mais on ne peut guère compter sur ce dosage, car il commence aussi alors à s'exhaler des vapeurs acides.

#### *Fluoxyniobate de cuivre.*

Je n'ai également obtenu qu'un seul sel de ce genre. Il est très-soluble et ne cristallise que dans une liqueur presque sirupeuse. Ses cristaux sont d'un beau bleu et très-éclatants, mais ils s'humectent facilement, ce qui rend les mesures peu sûres.

Leur forme dérive d'un prisme rhomboïdal oblique. Ce

sont en général des octaèdres rhomboïdaux  $m\mu$  assez aplatis, tronqués par les faces du prisme M, la base P, et les faces latérales E (fig. 14).

	Calculé.	Observé.
M — M =	106° 50'	106° 50'
{ E : M =	126 55	126 50
{ P : m =	142 20	142 20
{ P : M =	100 40	100 40
{ P : $\mu$ =	47 25	47 50
{ m — m =	156 50	156 50
{ E : m =	111 45	111 40
{ $\mu$ — $\mu$ =	126 57	126 40
{ E : $\mu$ =	116 51	116 25
{ P : (mm) =	148 27	
{ P : (MM) =	105 19	
{ P : ( $\mu\mu$ ) =	40 52	
Angle plan de la base . . . . .		105° 20'.

C'est exactement la même forme et à quelques minutes près les mêmes angles que le fluotitanate et le fluoxytungstate de cuivre.

Formule:



		Calculé.	Trouvé.
Nb	94	27,61	
Cu	65,5	18,65	
O	16	4,70	
5 F	95	27,90	
4 Aq	72	21,14	
	540,5	100,00	
$\frac{1}{2}$ Nb <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	154	59,55	58,9
CuO	79,5	25,55	25,1

Il ne perd rien par la dessiccation à 100 degrés.

J'ai jugé inutile de pousser plus loin ces recherches sur les fluoxyniobates. Il ressort en effet suffisamment de cette

étude que, à l'exception de deux sels de potasse et d'ammoniaque à composition assez complexe, il n'y a pas un de ces sels dont on ne trouve le terme correspondant, soit pour la proportion d'eau de cristallisation, soit pour la forme cristalline, dans le groupe des fluotitanates et des fluostanates, ou dans celui des fluoxytungstates, quelquefois simultanément dans ces deux genres.

Un isomorphisme aussi parfait ne peut laisser aucun doute sur la constitution que j'ai attribuée à ces sels, et corrobore d'une manière remarquable le fait que m'avait indiqué l'étude des fluoxytungstates, savoir le remplacement du fluor par l'oxygène comme éléments isomorphes.

#### *Chlorures de niobium.*

Les recherches précédentes présentaient une lacune, dont je ne me dissimulais point l'importance, au sujet de l'existence et de la composition du second acide oxygéné du niobium, de celui auquel H. Rose avait donné d'abord le nom d'acide pélopie, et plus tard d'acide niobique. J'ai déjà dit que tous les essais que j'avais tentés pour l'obtenir soit par l'oxydation, soit par la réduction de mon acide niobique par les agents les plus énergiques, avaient été infructueux.

Il ne restait évidemment d'autre voie, pour éclaircir ce point important, que de reprendre la préparation des deux chlorures niobiques avec un acide non mélangé d'acide tantalique, de les analyser et de comparer, en les convertissant en fluorures doubles, les acides résultant de leur décomposition par l'eau. J'avais même commencé quelques essais dans ce sens. Mais par suite de mon inexpérience dans ce genre de préparation, par le défaut d'ap-



pareils convenables, enfin par suite de la difficulté même, si bien exposée par H. Rose, d'obtenir à volonté l'un ou l'autre de ces chlorures, j'avais obtenu des résultats si peu satisfaisants, que je n'aurais peut-être pas eu le courage de compléter mon travail par cette méthode.

Heureusement je me trouve maintenant débarrassé de ce souci. Ce travail, que j'hésitais à entreprendre, avait été déjà exécuté par les chimistes les plus expérimentés dans ces recherches sur les chlorures métalliques volatils, par MM. H. Deville et L. Troost. Mais les résultats auxquels ils étaient parvenus ne se conciliaient point avec la théorie qui était alors admise sur la composition de ces deux chlorures, ces savants, entraînés par d'autres recherches du plus haut intérêt, les avaient provisoirement laissés de côté. Ce n'est que tout récemment<sup>1</sup> qu'ils les ont publiés, et je trouve à la fois, dans leur Mémoire, la confirmation de l'hypothèse que j'avais faite sur la composition du chlorure hyponiobique, et la solution parfaitement claire du problème qui restait encore à résoudre, relativement à la nature du chlorure niobique et de l'acide correspondant. Qu'il me soit permis d'exposer ici ces résultats qui complètent si heureusement l'histoire des combinaisons niobiques.

Pour le chlorure hyponiobique, ou chlorure blanc de niobium, la densité de vapeur et les analyses de MM. Deville et Troost<sup>2</sup> s'accordent parfaitement avec la formule que j'ai admise pour ce composé, savoir celle d'un oxychlorure niobique,  $NbOCl^3$ , ce qui démontre en même temps que l'acide hyponiobique est bien  $Nb^2O^5$ .

Quant au chlorure jaune, ou chlorure niobique, ces

<sup>1</sup> *Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, séance du 12 juin 1865.

<sup>2</sup> Voyez *Bibl. Univ., Archives*, t. XXIII, p. 222.

savants ont trouvé que sa densité de vapeur ne s'accorde point avec la formule  $NbCl^4$  que lui avait attribuée H. Rose, mais qu'elle se concilierait très-bien avec la formule  $NbCl^5$ .

Il est évident, s'il en est ainsi, que ces deux chlorures dérivent directement l'un de l'autre par une simple substitution, et qu'ils ne peuvent donner naissance qu'à un seul et même acide lorsqu'ils sont décomposés par l'eau.

Mais MM. Deville et Troost n'ont pas pris la peine d'ajouter à la preuve résultant de cette détermination de densité, celles non moins importantes que pouvaient donner l'analyse de ce chlorure et la comparaison des propriétés de l'acide provenant de sa décomposition par l'eau avec l'acide produit par l'oxychlorure blanc<sup>1</sup>.

Ayant exprimé à mon savant ami, M. Deville, mon regret qu'il n'eût pas saisi cette occasion pour vider définitivement cette question, il a eu l'extrême obligeance de m'envoyer l'échantillon de chlorure niobique jaune, cristallisé par fusion, pesant environ 12 grammes, et parfaitement pur, qui lui avait servi pour ces déterminations de densité, de point de fusion et de point d'ébullition, m'invitant à compléter moi-même cette partie analytique de son travail dont d'autres occupations le détournaient en ce moment.

J'ai partagé cet échantillon de chlorure niobique en trois portions qui ont été décomposées par l'eau et traitées de la manière suivante :

1° La liqueur trouble, mais dans laquelle la plus grande partie de l'acide niobique demeure dissoute, a été sursaturée d'ammoniaque, puis maintenue à une douce chaleur

<sup>1</sup> Cependant M. Deville me dit dans une de ses lettres qu'il avait déjà remarqué, dans la préparation qu'il avait faite des acides du niobium à l'état cristallisé par la décomposition de ces deux chlorures, qu'ils n'offraient aucune différence apparente.

jusqu'à ce qu'elle n'exhalât plus d'odeur ammoniacale et légèrement acidulée par l'acide azotique. L'acide niobique a été recueilli sur un filtre et lavé jusqu'à ce que les eaux de lavage ne fussent plus troublées par l'azotate d'argent. Ce lavage s'est fait sans aucune difficulté. L'acide niobique a été séché, puis calciné. La liqueur filtrée, neutralisée par l'ammoniaque, a été concentrée par l'évaporation, mais est restée parfaitement limpide. On l'a précipitée par l'azotate d'argent. Le chlorure d'argent a été lavé, desséché à 200° et pesé ; puis on l'a fait redissoudre par l'ammoniaque qui a laissé un très-faible résidu d'acide niobique.

2° On a ajouté à la liqueur de l'acide fluorhydrique (préablement distillé sur du fluorure d'argent), jusqu'à ce qu'elle fût parfaitement éclaircie, puis on a précipité l'acide chlorhydrique par une dissolution de fluorure d'argent, puis l'excès d'argent par un peu d'acide chlorhydrique, enfin la liqueur filtrée a été évaporée à siccité, et le résidu converti en acide niobique par un grillage prolongé, mais commencé à une faible chaleur.

3° La troisième portion a été, comme la première, traitée par l'ammoniaque. Mais l'acide niobique n'a pas été calciné, ni pesé ; on l'a réservé pour le convertir directement en fluorure double. Dans la liqueur filtrée, on a ajouté la dissolution d'un poids d'argent pur, calculé d'après les deux premiers dosages, de manière à précipiter, à quelques milligrammes près, l'acide chlorhydrique, puis on a achevé la précipitation au moyen d'une dissolution titrée d'azotate d'argent.

J'ai obtenu ainsi les résultats suivants :

	I	II	III
Chlore . . . . .	65,28	65,25	65,22
Acide niobique . . . .	49,59	49,54	»

Ces nombres s'accordent aussi exactement que possible avec ceux qu'exigent la formule  $NbCl^5$ , et le poids atomique  $Nb = 94$ , savoir :

Chlore . . . . .	65,58
Acide niobique . . . . .	49,55

L'acide niobique, provenant de la décomposition par l'eau de la dernière portion du chlorure, a été dissous dans l'acide fluorhydrique et mêlé avec une quantité convenable de fluorure de potassium. Cette dissolution a donné par l'évaporation uniquement des cristaux identiques par leur forme, leur solubilité et leur composition avec le fluoxyniobate de potasse.

Il ne peut donc rester aucun doute sur l'identité de l'acide niobique et de l'acide hyponiobique, ce qui justifie complètement la proposition que j'ai faite de ne conserver que le premier de ces deux noms.

Je dois ajouter que je n'ai pu constater aucune trace de fluotantalate dans le sel double préparé avec le chlorure niobique de M. Deville. Cette remarque a quelque importance, car je me suis assuré récemment que les niobites du Groënland, qui ont été employées par ce savant comme matière première, renferment aussi une petite quantité d'acide tantalique.

Il me paraît facile maintenant d'expliquer l'erreur dans laquelle avait pu tomber l'illustre H. Rose, erreur qu'il eût été bien difficile de reconnaître en reprenant l'étude des composés niobiques par les mêmes méthodes que lui.

Au début de son travail, il avait parfaitement reconnu, dans la columbite de Bavière, l'existence d'un acide entièrement distinct de l'acide tantalique; c'est celui auquel il donna d'abord le nom d'acide niobique et dont l'étude

a fait l'objet de ses premiers mémoires. Il l'obtenait en décomposant par l'eau le chlorure blanc de niobium, et il a dû l'avoir à peu près pur, puisque ses analyses de ce chlorure blanc s'accordent très-bien avec celles que MM. Deville et Troost ont faites de ce même chlorure préparé avec les niobites du Groënland.

Il trouvait cet acide associé à un autre acide dont l'analogie avec l'acide tantalique lui parut telle qu'il resta plusieurs années avant de se prononcer sur sa nature ; et en effet ce n'était pas autre chose que de l'acide tantalique mélangé d'acide niobique. Il l'obtenait en décomposant par l'eau un chlorure jaune qui devait être un mélange de chlorure tantalique et de chlorure niobique.

Sa méprise a commencé lorsque, ayant réussi à convertir entièrement son acide niobique en un chlorure jaune (chlorure niobique), il crut ce produit identique avec celui qu'il obtenait en traitant directement l'acide brut, et qui était un mélange du même chlorure avec celui de tantale. Or la comparaison faite par M. Deville des propriétés physiques de ces deux chlorures montre combien cette erreur était facile ; en effet d'après cet habile chimiste, on a :

	Chlorure niobique.	Chlor. tantalique.
Point de fusion . . . . .	194°	205°
Point d'ébullition . . . . .	240,5	226

Une fois cette supposition admise, on conçoit qu'il était impossible à H. Rose de soupçonner l'existence du tantale dans ce chlorure, et de ne pas considérer les deux acides qu'il avait d'abord extraits de la columbite comme provenant d'un même radical métallique.

On peut remarquer, du reste, que les résultats des analyses faites par H. Rose de son chlorure niobique, s'accordent exactement avec ce que devait donner un mélange de chlorure niobique et de chlorure tantalique dans lequel il y aurait eu quatre parties du premier pour trois parties du second ; savoir :

	Trouvé.	Calculé.
Chlore . . . . .	59,23	59,11
Acide métallique . . . . .	54,15	54,21

---

# RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1864

POUR GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

M. E. PLANTAMOUR

Professeur

---

Les observations météorologiques ont été poursuivies dans les deux stations, pendant l'année 1864, suivant le même plan que les années précédentes, en sorte que je me bornerai à rassembler les résultats principaux de la même manière que dans les résumés antérieurs.

## *Température.*

Les tableaux suivants renferment, pour Genève et le St-Bernard, les moyennes mensuelles de la température observée aux différentes heures; pour minuit, 14 heures et 16 heures, la température a été obtenue par interpolation. A la suite de chaque tableau se trouvent les formules de la variation diurne calculées d'après ces données.

GENÈVE 1864.

ÉPOQUE.	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Midi)	(1 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Tempé- rature moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
Dec. 1863.....	+ 3,37 <sup>0</sup>	+ 4,05 <sup>9</sup>	+ 3,37 <sup>0</sup>	+ 2,40 <sup>0</sup>	+ 1,91 <sup>0</sup>	+ 1,48 <sup>2</sup>	+ 0,91 <sup>0</sup>	+ 0,51 <sup>0</sup>	+ 0,18 <sup>0</sup>	+ 0,01 <sup>0</sup>	+ 0,13 <sup>0</sup>	+ 1,75 <sup>0</sup>	+ 1,67 <sup>0</sup>	- 1,04 <sup>0</sup>	+ 5,30 <sup>0</sup>
Janvier 1864...	- 1,57	- 0,77	- 1,35	- 2,41	- 3,09	- 3,69	- 4,92	- 4,52	- 4,61	- 4,77	- 4,72	- 3,46	- 3,27	- 5,87	+ 0,05
Février .....	+ 2,71	+ 3,33	+ 2,95	+ 1,58	+ 0,57	+ 0,10	+ 0,67	+ 1,08	+ 1,77	+ 2,21	+ 1,78	+ 0,79	+ 0,35	+ 3,21	+ 4,87
Mars.....	8,61	9,74	9,77	8,29	6,66	5,43	4,43	3,55	2,90	3,31	4,60	7,15	6,20	2,09	+ 11,00
Avril.....	11,63	12,71	13,03	11,92	9,81	8,25	7,04	5,53	4,26	4,67	7,84	9,93	8,89	3,59	+ 14,43
Mai.....	17,50	18,35	17,87	16,51	14,26	12,72	11,41	9,86	9,00	10,12	13,66	15,77	13,92	8,07	+ 19,82
Juin.....	18,30	18,92	19,08	17,95	16,14	14,86	13,78	12,57	11,98	13,23	15,72	17,68	15,85	10,80	+ 20,56
Juillet.....	23,20	21,02	23,96	22,71	20,27	18,13	16,58	15,05	14,20	15,23	19,09	21,25	19,48	13,29	+ 25,37
Août.....	21,43	22,95	22,89	21,18	18,93	16,70	15,22	13,25	12,69	13,03	17,00	19,27	17,81	11,38	+ 24,36
Septembre.....	17,60	18,56	18,10	16,39	14,43	12,88	12,09	11,16	10,06	10,22	12,92	15,98	14,20	9,19	+ 19,71
Octobre.....	11,54	12,36	11,75	10,38	9,10	7,90	7,21	6,69	6,20	6,30	7,50	9,87	8,89	5,19	+ 13,11
Novembre.....	5,94	6,38	5,62	4,73	4,16	4,05	3,89	3,72	3,66	3,70	3,91	5,03	4,59	2,50	+ 7,28
Hiver.....	+ 1,47	+ 2,18	+ 1,63	+ 0,49	- 0,22	- 0,79	- 1,33	- 1,71	- 2,07	- 2,33	- 2,13	- 0,33	- 0,43	- 3,37	+ 3,37
Printemps .....	+ 12,59	+ 13,61	+ 13,56	+ 12,21	+ 10,26	+ 8,81	+ 7,63	+ 6,32	+ 5,40	+ 6,05	+ 8,71	+ 10,96	+ 9,68	+ 4,60	+ 15,09
Été.....	+ 21,00	+ 22,01	+ 22,01	+ 20,64	+ 18,47	+ 16,58	+ 15,21	+ 13,63	+ 12,77	+ 13,84	+ 17,40	+ 19,42	+ 17,74	+ 11,83	+ 23,46
Automne.....	+ 11,69	+ 12,40	+ 11,83	+ 10,50	+ 9,33	+ 8,27	+ 7,72	+ 7,18	+ 6,61	+ 6,74	+ 8,11	+ 10,29	+ 9,23	+ 5,62	+ 13,36
Année .....	+ 11,72	+ 12,57	+ 12,28	+ 11,00	+ 9,49	+ 8,24	+ 7,33	+ 6,38	+ 5,70	+ 6,09	+ 8,02	+ 10,11	+ 9,08	+ 4,69	+ 13,85



Formules de la variation diurne de la température à Genève, pendant l'année 1864.

Décembre 1863.	$t = + 1,67 + 1,75 \sin (\mu + 37,6) + 0,64 \sin (2 \mu + 51,3) + 0,22 \sin (3 \mu + 46,8)$
Janvier 1864....	$t = - 3,27 + 1,80 \sin (\mu + 39,6) + 0,64 \sin (2 \mu + 34,2) + 0,26 \sin (3 \mu + 38,7)$
Février.....	$t = + 0,35 + 2,47 \sin (\mu + 38,2) + 0,88 \sin (2 \mu + 49,8) + 0,17 \sin (3 \mu + 103,2)$
Mars.....	$t = + 6,20 + 3,35 \sin (\mu + 42,1) + 0,50 \sin (2 \mu + 51,5) + 0,12 \sin (3 \mu + 228,4)$
Avril.....	$t = + 8,89 + 4,13 \sin (\mu + 39,2) + 0,44 \sin (2 \mu + 92,6) + 0,44 \sin (3 \mu + 226,8)$
Mai.....	$t = + 13,92 + 4,43 \sin (\mu + 49,5) + 0,56 \sin (2 \mu + 107,8) + 0,39 \sin (3 \mu + 242,4)$
Juin.....	$t = + 15,85 + 3,41 \sin (\mu + 50,7) + 0,35 \sin (2 \mu + 138,5) + 0,39 \sin (3 \mu + 239,5)$
Juillet.....	$t = + 19,48 + 4,85 \sin (\mu + 47,2) + 0,41 \sin (2 \mu + 118,1) + 0,41 \sin (3 \mu + 227,0)$
Août.....	$t = + 17,84 + 5,17 \sin (\mu + 43,0) + 0,51 \sin (2 \mu + 98,5) + 0,45 \sin (3 \mu + 246,0)$
Septembre....	$t = + 14,20 + 4,05 \sin (\mu + 47,4) + 0,78 \sin (2 \mu + 70,6) + 0,34 \sin (3 \mu + 202,7)$
Octobre.....	$t = + 8,89 + 2,94 \sin (\mu + 46,8) + 0,64 \sin (2 \mu + 54,6) + 0,10 \sin (3 \mu + 143,1)$
Novembre....	$t = + 4,59 + 1,19 \sin (\mu + 55,2) + 0,46 \sin (2 \mu + 53,4) + 0,14 \sin (3 \mu + 42,1)$
<hr/>	
Hiver.....	$t = - 0,43 + 2,01 \sin (\mu + 38,3) + 0,72 \sin (2 \mu + 45,2) + 0,26 \sin (3 \mu + 59,5)$
Printemps..	$t = + 9,68 + 3,96 \sin (\mu + 43,8) + 0,47 \sin (2 \mu + 87,5) + 0,33 \sin (3 \mu + 237,5)$
Été.....	$t = + 17,74 + 4,49 \sin (\mu + 46,6) + 0,43 \sin (2 \mu + 119,6) + 0,45 \sin (3 \mu + 242,3)$
Automne....	$t = + 9,23 + 2,73 \sin (\mu + 48,3) + 0,62 \sin (2 \mu + 61,8) + 0,09 \sin (3 \mu + 180,0)$
<hr/>	
Année.....	$t = + 9,08 + 3,30 \sin (\mu + 44,8) + 0,50 \sin (2 \mu + 72,1) + 0,16 \sin (3 \mu + 230,2)$

SAINT-BERNARD 1864.

ÉPOQUE.	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Températ. moyenne
Dec. 1863.....	0 -4,67	0 -4,78	0 -5,58	0 -5,86	0 -6,05	0 -6,28	0 -6,45	0 -6,41	0 -6,33	0 -6,40	0 -6,26	0 -5,53	0 -5,88
Janvier 1864 ..	-7,33	-7,35	-8,48	-9,26	-9,16	-9,26	-9,47	-9,54	-9,38	-9,56	-9,56	-8,98	-8,94
Février .....	-7,54	-7,77	-9,01	-10,01	-10,39	-10,71	-10,84	-10,87	-11,03	-11,08	-10,55	-8,73	-9,88
Mars .....	-3,39	-3,56	-4,60	-6,33	-6,77	-7,18	-7,40	-7,81	-8,08	-7,72	-6,07	-4,29	-6,10
Avril .....	-0,57	-0,33	-0,37	-2,62	-4,31	-4,51	-4,84	-5,59	-6,18	-5,59	-3,05	-1,65	-3,35
Mai .....	-4,16	-4,47	-4,03	-2,21	-0,85	-0,50	-0,12	-0,63	-1,12	-1,70	-1,77	-3,00	-1,57
Juin .....	-5,16	-5,18	-4,60	-3,60	-2,77	-2,46	-2,06	-1,34	-1,00	-1,70	-3,44	-4,35	-3,14
Juillet.....	-9,75	-9,89	-9,37	-8,04	-6,86	-6,44	-5,89	-5,00	-4,37	-5,20	-7,09	-9,13	-7,25
Août.....	-8,02	-8,46	-7,85	-6,44	-5,28	-5,04	-4,83	-4,26	-3,73	-4,19	-5,52	-7,26	-5,01
Septembre....	-5,31	-5,47	-4,86	-3,68	-3,15	-2,67	-2,53	-2,00	-1,60	-1,96	-3,41	-4,80	-3,44
Octobre.....	-0,38	-0,10	-0,46	-1,43	-1,82	-1,94	-2,04	-2,63	-3,09	-2,91	-1,89	-1,13	-1,65
Novembre.....	-4,27	-4,13	-5,00	-5,49	-5,43	-5,57	-5,78	-6,04	-6,24	-6,45	-6,26	-5,42	-5,51
Hiver .....	-6,49	-6,61	-7,66	-8,34	-8,49	-8,71	-8,88	-8,90	-8,87	-8,97	-8,75	-7,73	-8,20
Printemps .....	-0,07	-0,20	-0,51	-2,25	-3,40	-3,73	-4,03	-4,67	-5,12	-4,59	-2,44	-0,97	-2,62
Été .....	-7,67	-7,87	-7,30	-6,05	-4,99	-4,67	-4,28	-3,56	-3,06	-3,72	-5,37	-6,94	-5,46
Automne.....	-0,21	-0,10	-0,20	-1,08	-1,37	-1,62	-1,77	-2,23	-2,58	-2,47	-1,58	-0,59	-1,21
Année .....	+ 0,39	+ 0,48	- 0,25	- 1,39	- 2,05	- 2,33	- 2,58	- 3,05	- 3,36	- 3,06	- 1,83	- 0,57	- 1,63

Formules de la variation diurne de la température au Saint-Bernard, pendant l'année 1864.

Décembre 1863. $t = -$	5,88	+	0,75	sin	( $\mu$ +	65,5)	+	0,33	sin	(2 $\mu$ +	56,0)	+	0,20	sin	(3 $\mu$ +	72,5)
Janvier 1864... $t = -$	8,94	+	0,85	sin	( $\mu$ +	61,9)	+	0,56	sin	(2 $\mu$ +	56,6)	+	0,36	sin	(3 $\mu$ +	43,9)
Février..... $t = -$	9,88	+	1,55	sin	( $\mu$ +	67,6)	+	0,74	sin	(2 $\mu$ +	71,1)	+	0,23	sin	(3 $\mu$ +	89,2)
Mars..... $t = -$	6,10	+	2,17	sin	( $\mu$ +	70,3)	+	0,74	sin	(2 $\mu$ +	86,1)	+	0,01	sin	(3 $\mu$ +	180,0)
Avril..... $t = -$	3,35	+	2,73	sin	( $\mu$ +	63,0)	+	0,64	sin	(2 $\mu$ +	81,9)	+	0,32	sin	(3 $\mu$ +	253,8)
Mai..... $t = +$	1,57	+	2,63	sin	( $\mu$ +	61,1)	+	0,57	sin	(2 $\mu$ +	74,3)	+	0,30	sin	(3 $\mu$ +	266,2)
Juin..... $t = +$	3,14	+	1,92	sin	( $\mu$ +	62,1)	+	0,46	sin	(2 $\mu$ +	105,3)	+	0,18	sin	(3 $\mu$ +	270,0)
Juillet... $t = +$	7,35	+	2,57	sin	( $\mu$ +	58,5)	+	0,63	sin	(2 $\mu$ +	101,0)	+	0,24	sin	(3 $\mu$ +	242,4)
Août..... $t = +$	5,91	+	2,13	sin	( $\mu$ +	59,1)	+	0,60	sin	(2 $\mu$ +	72,8)	+	0,18	sin	(3 $\mu$ +	256,4)
Septembre.... $t = +$	3,44	+	1,72	sin	( $\mu$ +	61,2)	+	0,50	sin	(2 $\mu$ +	92,3)	+	0,11	sin	(3 $\mu$ +	243,4)
Octobre..... $t = -$	1,65	+	1,24	sin	( $\mu$ +	51,4)	+	0,44	sin	(2 $\mu$ +	79,6)	+	0,14	sin	(3 $\mu$ +	284,8)
Novembre..... $t = -$	5,51	+	0,84	sin	( $\mu$ +	43,4)	+	0,51	sin	(2 $\mu$ +	69,6)	+	0,21	sin	(3 $\mu$ +	54,8)
Hiver..... $t = -$	8,20	+	1,04	sin	( $\mu$ +	66,3)	+	0,53	sin	(2 $\mu$ +	63,2)	+	0,26	sin	(3 $\mu$ +	65,4)
Printemps... $t = -$	2,62	+	2,50	sin	( $\mu$ +	64,2)	+	0,67	sin	(2 $\mu$ +	84,5)	+	0,25	sin	(3 $\mu$ +	260,7)
Été..... $t = +$	5,46	+	2,20	sin	( $\mu$ +	59,6)	+	0,51	sin	(2 $\mu$ +	92,8)	+	0,21	sin	(3 $\mu$ +	256,3)
Automne..... $t = -$	1,24	+	1,28	sin	( $\mu$ +	54,1)	+	0,48	sin	(2 $\mu$ +	80,3)	+	0,05	sin	(3 $\mu$ +	319,4)
Année..... $t = -$	1,63	+	1,75	sin	( $\mu$ +	61,3)	+	0,55	sin	(2 $\mu$ +	81,1)	+	0,06	sin	(3 $\mu$ +	285,8)

Si l'on compare la température de chaque mois, des saisons et de l'année entière, avec les valeurs moyennes, que j'ai déduites pour Genève des observations faites pendant les 35 années 1826-1860 (*Climat de Genève*), et pour le St-Bernard des 20 années 1841-1860 (*Archives*, t. XIII), on trouve les écarts suivants :

	GENÈVE.	SAINT-BERNARD.
Décembre 1863!...	+ 0,81	+ 2,05
Janvier 1864 .....	- 2,93	+ 0,60
Février.....	- 0,97	- 0,90
Mars.....	+ 1,72	+ 1,28
Avril. . . . .	+ 0,28	+ 0,40
Mai.....	+ 1,04	+ 1,37
Juin.....	- 0,93	- 0,92
Juillet.....	+ 0,95	+ 1,30
Août.....	+ 0,04	+ 0,15
Septembre.....	- 0,09	+ 0,48
Octobre.....	- 0,92	- 1,06
Novembre.....	+ 0,14	+ 0,10
<hr/>		
Hiver . . . . .	- 1,02	+ 0,61
Printemps . . . . .	+ 1,02	+ 1,02
Été.....	+ 0,03	+ 0,19
Automne.....	- 0,29	- 0,17
<hr/>		
Année. ....	- 0,08	+ 0,41

Les mois de janvier et de mars sont les seuls, dont la température observée en 1864 donne, à Genève, un écart considérable avec la moyenne, et dépassant notablement les limites de l'écart probable. On ne trouve depuis 1826 que quatre années, où le mois de janvier ait été plus froid qu'en 1864, savoir en 1826, 1830, 1838 et 1848. Les seules années, au contraire, où l'on a observé un mois de mars plus chaud qu'en 1864, sont 1827, 1830, 1831, 1836, 1859 et 1862.

L'écart observé en 1864 pour la température des mois de mai, juin, juillet et octobre, se rapproche beaucoup des limites de l'écart probable ; cet écart est positif pour les mois de mai et de juillet, et il accuse par conséquent une température plus élevée que de coutume ; il est négatif pour les deux autres. Dans tous les autres mois la température a été peu différente de la moyenne. Si l'on compare les saisons, l'hiver a été plus rigoureux, à Genève, de la même quantité dont le printemps a été plus chaud que la moyenne ; l'écart négatif de l'hiver atteint à peu près les limites de l'écart probable, tandis que l'écart positif du printemps les dépasse ; aussi ne trouve-t-on depuis 1826 que huit années, où le printemps ait été plus chaud qu'en 1864, en 1827, 1828, 1830, 1831, 1834, 1841, 1862 et 1863. Pour l'été et pour l'automne, ainsi que pour l'année entière, la température a été très-peu différente en 1864 de ce qu'elle est en moyenne, les écarts sont fort peu considérables.

La comparaison des écarts observés à Genève et au St-Bernard montre, que les mois de décembre 1863 et janvier 1864 sont les seuls, où les anomalies de température aient été assez différentes dans les deux stations.

La différence est surtout prononcée en janvier, en sorte que pendant ce mois la différence de température entre Genève et le St-Bernard n'a été que de  $5^{\circ},67$ , tandis que la valeur moyenne de cette différence est de  $9^{\circ},20$ . La différence sur les trois mois d'hiver s'élève à  $1^{\circ},63$ , dont la température a été relativement plus douce au St-Bernard qu'à Genève.

Les tableaux mensuels des deux stations renferment pour chaque jour la température moyenne des vingt-quatre heures, ainsi que l'écart avec la température nor-

male de cette époque de l'année; les résultats que l'on peut en déduire, au point de vue des anomalies que présente la température d'un jour, et de la variabilité d'un jour à l'autre, sont réunis dans les tableaux suivants. L'un de ces tableaux donne pour chaque station le nombre de jours dans chaque mois, dont la température moyenne des 24 heures est comprise entre des limites espacées de cinq en cinq degrés, et, en outre, la température moyenne du jour le plus froid et du jour le plus chaud. Les deux autres tableaux renferment pour chaque station, et pour chaque mois, le nombre de jours plus froids, ou plus chauds que de coutume, c'est-à-dire le nombre de ceux dont l'écart avec la température normale est négatif, ou positif; le nombre de fois, où l'écart a changé de signe entre deux jours consécutifs; l'écart moyen d'un jour avec la température normale, calculé par la somme des carrés de tous les écarts du mois; les écarts extrêmes observés pendant ce mois; le changement moyen qui s'est opéré dans la température de deux jours consécutifs, calculé par la somme des carrés des différences qui ont eu lieu, pendant le mois, d'un jour au jour suivant; enfin les variations les plus considérables qui ont eu lieu entre deux jours consécutifs. Dans ces deux dernières colonnes, je n'ai donné que la date du premier jour et non celle du lendemain.



GENÈVE 1864.

ÉPOQUE.	Écart négatif.	Écart positif.	Nombre de change- ments de signe.	Écart moyen.	Écart extrême		Écart moy. entre 2 j. consécutifs.	Écart extrême entre deux jours consécutifs.	
					négatif.	positif.		négatif.	positif.
Déc 1863.....	10	21	9	$+2,33^0$	$-3,89$ le 9	$+5,05$ le 30	$+2,63^0$	$-5,45$ le 3	$+1,50$ le 29
Janvier 1864..	23	8	3	$5,10$	$-9,26$ le 4	$+1,82$ le 28	$2,25$	$-8,45$ le 1	$+3,01$ le 23
Février.....	16	13	7	$3,68$	$-7,01$ le 9	$+4,81$ le 16	$2,68$	$-5,92$ le 18	$+7,98$ le 12
Mars.....	8	23	7	$3,64$	$-4,46$ le 30	$+7,92$ le 8	$2,25$	$-1,83$ le 9	$+3,98$ le 2
Avril.....	12	18	9	$2,26$	$-6,17$ le 8	$+5,59$ le 27	$1,92$	$-5,07$ le 7	$+3,30$ le 8
Mai(1).....	12	18	9	$2,78$	$-3,70$ le 27	$+5,54$ le 8	$2,03$	$-4,62$ le 11	$+4,74$ le 6
Juin.....	16	14	9	$2,88$	$-8,01$ le 10	$+3,34$ le 4	$2,59$	$-6,78$ le 9	$+3,52$ le 10
Juillet.....	9	22	3	$2,32$	$-2,97$ le 8	$+4,91$ le 28	$2,01$	$-3,61$ le 3	$+4,11$ le 2
Août.....	12	19	4	$3,54$	$-5,65$ le 28	$+6,20$ le 1	$2,34$	$-6,38$ le 23	$+3,68$ le 29
Septembre....	17	13	10	$2,98$	$-3,88$ le 12	$+3,86$ le 16	$2,19$	$-5,23$ le 11	$+4,50$ le 15
Octobre.....	18	13	5	$3,21$	$-5,75$ le 4	$+4,11$ le 18	$2,33$	$-4,19$ le 18	$+6,94$ le 16
Novembre....	13	17	8	$2,65$	$-5,55$ le 7	$+4,78$ le 14	$1,98$	$-3,54$ le 6	$+5,91$ le 13
Année.....	166	199	83	$\pm 3,06$	$-9,26$ le 4 Janvier	$+7,92$ le 8 Mars	$\pm 2,27$	$-8,45$ le 1 Janvier	$+7,98$ le 12 Février

(1) L'écart était nul un jour de ce mois.





SAINT-BERNARD, 1864.

ÉPOQUE.	Écartis négatifs.	Écartis positifs.	Nombre de changements de signe.	Écartis moyens.	Écartis extrêmes		Écartis moy. entre 2 j. consécutifs.	Écartis extrêmes entre deux jours consécutifs.	
					négatifs.	positifs.		négatifs.	positifs.
Déc. 1863.....	7	24	8	$\pm 4,09$	$-7,84$ le 4	$+7,27$ le 16	$\pm 4,01$	$-10,80$ le 3	$+8,23$ le 4
Janvier 1864..	14	17	4	3,96	$-11,11$ le 3	$+6,25$ le 21	3,04	$-6,95$ le 17	$+7,87$ le 3
Février.....	14	15	4	6,08	$-10,70$ le 8	$+10,95$ le 13	3,90	$-8,32$ le 16	$+9,28$ le 11
Mars.....	8	23	6	3,62	$-7,31$ le 30	$+6,92$ le 15	2,59	$-4,29$ le 18	$+6,88$ le 31
Avril.....	13	17	9	3,13	$-6,48$ le 8	$+5,92$ le 26	2,75	$-6,32$ le 1	$+5,54$ le 3
Mai.....	9	22	10	3,15	$-5,11$ le 27	$+6,04$ le 17	2,37	$-5,92$ le 11	$+3,41$ le 5
Juin.....	18	12	10	3,37	$-9,19$ le 28	$+5,15$ le 6	2,92	$-5,89$ le 26	$+5,53$ le 11
Juillet.....	9	22	9	2,96	$-4,27$ le 4	$+6,32$ le 12	3,06	$-7,06$ le 3	$+4,89$ le 23
Août.....	11	20	4	4,49	$-8,87$ le 25	$+6,92$ le 1	3,08	$-7,75$ le 10	$+4,64$ le 11
Septembre....	12	18	10	3,34	$-6,40$ le 13	$+6,39$ le 10	2,80	$-7,79$ le 11	$+4,67$ le 13
Octobre.....	17	14	8	2,50	$-5,37$ le 15	$+3,98$ le 17	2,17	$-3,86$ le 17	$+6,03$ le 15
Novembre....	16	14	11	2,32	$-4,93$ le 6	$+3,64$ le 5	2,48	$-8,57$ le 5	$+5,25$ le 27
Année.....	148	218	93	$\pm 3,58$	$-11,11$ le 3 Janvier	$+10,95$ le 13 Février	$\pm 2,93$	$-10,80$ le 3 Décembre	$+9,28$ le 11 Février

Le jour le plus froid de l'année 1864 a été, à Genève, le 4 janvier, et le jour le plus chaud le 1<sup>er</sup> août, la différence de température entre ces deux jours étant de 34°,52. Au St-Bernard, le jour le plus froid a été le 3 janvier, le jour le plus chaud le 1<sup>er</sup> août, la différence de température entre ces deux jours étant de 32°,72. Ainsi que je l'avais déjà fait remarquer pour les années antérieures, les variations accidentelles de la température sont plus considérables au St-Bernard qu'à Genève, tandis que l'amplitude des variations périodiques et régulières y est moindre ; c'est ce que l'on peut reconnaître en comparant dans les deux stations, soit le chiffre moyen de l'écart de la température d'un jour avec sa valeur normale, ainsi que celui des écarts extrêmes, soit le chiffre moyen de la variation de la température entre deux jours consécutifs, ainsi que les plus forts écarts entre la température d'un jour et celle du lendemain.

En envisageant enfin les températures extrêmes enregistrées, à Genève, à l'aide des thermomètres, on trouve les valeurs suivantes pour le minimum absolu et pour le maximum absolu observés dans chaque mois, ainsi que le nombre de jours où le minimum s'est abaissé au-dessous de 0°, et de ceux où le maximum ne s'est pas élevé au-dessus de 0°. Quoique l'hiver de 1864 ait été froid en moyenne, surtout le mois de janvier, le thermomètre n'est pas descendu à un degré très-bas, car la plus basse température observée en janvier a été de — 11°,0, et la plus basse température de toute l'année — 11°,9, le 10 février, n'atteint pas le chiffre du plus grand froid que l'on trouve en moyenne, à Genève, dans le courant de l'hiver.

## GENÈVE 1864.

	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Minimum au-dessous de 0.	Maximum au-dessous de 0.
Décemb. 1863	— 5,0	le 6	le 9	le 3	20	0
Janvier 1864	— 11,0	le 4	+10,1	le 23	27	18
Février.....	— 11,9	le 10	+11,7	le 16	21	6
Mars.....	— 2,3	le 11	+17,2	le 7	9	0
Avril.....	— 2,3	le 1	+23,8	le 27	2	0
Mai.....	+ 0,8	le 2	+25,1	le 19	0	0
Juin.....	+ 5,9	le 29	+25,0	le 4	0	0
Juillet.....	+ 7,0	le 2	+32,0	le 28	0	0
Août.....	+ 5,0	le 28	+33,0	le 1	0	0
Septembre...	+ 1,0	le 14	+26,2	le 7	0	0
Octobre.....	— 1,2	le 16	+19,1	le 18	2	0
Novembre...	— 2,4	le 28	+12,5	le 14	6	0
Année.....	— 11,9	le 10 février.	+33,0	le 1 août.	87	24

L'amplitude totale de l'excursion thermométrique dans le courant de l'année 1864 est de 44°,9. Le thermomètre à minimum est descendu pour la dernière fois au-dessous de 0, au printemps, le 8 avril, mais il y a eu depuis ce jour encore plusieurs cas de gelée blanche, sans que le thermomètre se fût abaissé au-dessous de 0, savoir les 12, 13, 18, 23 et 24 avril et le 2 mai. C'est le 9 octobre que le minimum est descendu pour la première fois en automne au-dessous de 0, la première gelée blanche de la saison a eu lieu le même jour.

A défaut de thermomètres, on ne peut indiquer pour les températures extrêmes notées au St-Bernard que celles qui résultent des lectures faites à l'une des heures d'observation, entre 6 heures du matin et 10 heures du soir. On trouve ainsi pour la température la plus basse, et pour la température la plus élevée observées dans chaque mois :

SAINT-BERNARD 1864.

	Minimum.	Date.	Maximum.	Date.
Déc. 1863.	-16,2 le	4 à 10 h. soir.	+ 2,2 le	9 à midi.
Janv. 1864	-23,8 le	3 à 6 h. mat.	- 1,2 le	23 à 2 h. soir.
Février . . .	-21,6 les	8 à 10 h. soir. 9 à 6 h. mat.	+ 6,4 le	13 à midi.
Mars . . . . .	-14,7 le	29 à 8 et 10 h. soir.	+ 3,8 le	15 à midi.
Avril . . . . .	-14,8 le	8 à 10 h. soir.	+ 8,2 le	26 à 2 h. soir.
Mai . . . . .	- 6,6 le	1 à 6 h. mat.	+11,3 le	17 à 4 h. soir.
Juin . . . . .	- 5,0 le	28 à 6 h. mat.	+12,4 le	23 à midi.
Juillet . . .	+ 0,4 le	1 à 10 h. soir.	+16,2 le	28 à 10 h. mat.
Août . . . .	- 4,2 le	25 à 6 et 8 h. mat.	+16,4 le	1 à 10 h. mat.
Septembre	- 4,6 le	14 à 6 h. mat.	+14,8 le	10 à midi.
Octobre . . .	- 7,0 le	15 à 6 h. m. et 10 h. s.	+ 6,8 le	17 à 2 h. soir.
Novembre.	-13,2 le	30 à 8 h. mat.	+ 2,8 le	5 à midi.
<hr/>				
Année . . . .	-23,8 le	3 à 6 h. mat. janvier.	+16,4 le	1 à 10 h. mat. août.

Le mois de juillet est ainsi le seul de l'année, où toutes les lectures du thermomètre faites de 6 heures du matin à 10 heures du soir aient accusé des températures supérieures à 0, et le mois de janvier le seul où toutes les lectures aient été au-dessous de 0. Le petit lac près de l'hospice a été débarrassé de la glace qui le recouvrait le 24 juin, soit 24 jours plus tôt que de coutume; la congélation a eu lieu dans la nuit du 16 au 17 octobre, ce qui est à très-peu près l'époque moyenne.

Je donne dans le tableau suivant les moyennes mensuelles de la température du Rhône, l'excédant sur la moyenne des huit années 1853-60, les extrêmes observés dans le courant du mois, enfin la différence entre la température de l'eau et celle de l'air.

## TEMPÉRATURE DU RHÔNE 1864.

	Moyenne.	Excédant.	Minimum.	Maximum.	Diff. entre la temp. de l'eau et celle de l'air
Déc. 1863.	+ 7,74	+1,31	6,1 le 23	9,0 le 1	+6,07
Janv. 1864	+ 4,45	-0,48	3,7 le 30	5,1 le 29	+7,72
Février ..	+ 4,50	-0,10	2,7 le 20	5,8 le 29	+4,15
Mars . . . .	+ 6,34	+0,38	5,4 le 12	7,5 le 21 et 24	+0,14
Avril . . . .	+ 9,11	+0,59	5,3 le 9	12,1 le 27	+0,22
Mai . . . . .	+12,47	+1,98	7,9 le 10	16,3 le 21	-1,45
Juin . . . . .	+14,73	+0,22	7,1 le 11	18,7 le 25	-1,12
Juillet . . .	+19,64	+2,00	13,8 le 1	22,0 le 30	+0,16
Août . . . .	+19,28	+0,73	15,5 le 25	23,2 le 9	+1,44
Septembre	+16,83	-0,03	14,4 le 5	18,0 le 10	+2,63
Octobre . . .	+14,03	+0,01	12,4 le 24	16,7 le 1	+5,14
Novembre.	+ 9,31	-0,36	7,0 le 30	12,7 le 3	+4,72
Année ...	+11,63	+0,58	2,7 le 20 février.	23,2 le 9 août.	+2,55

Les données qui permettent d'apprécier la variabilité de la température du Rhône sont réunies dans le tableau suivant, qui renferme : l'écart moyen de la température d'un jour avec la valeur normale, calculé par la somme des carrés de tous les écarts du mois ; les écarts extrêmes observés dans le courant de chaque mois avec la date correspondante (au mois de décembre la température a été constamment au-dessus de la valeur normale, et les écarts sont tous positifs, en sorte que le plus fort écart négatif est remplacé par le plus faible écart positif) ; l'écart moyen entre deux jours consécutifs calculé également par la somme des carrés des différences entre deux jours consécutifs ; enfin les différences les plus considérables observées du jour au lendemain.

Époque.	Écart moy. d'un jour.	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 j. consécutifs.	Écarts extrêmes entre deux jours consécutifs.	
		negatifs.	positifs.		negatifs.	positifs.
Déc 1863 . . . . .	+ 1,25	+0,2 le 23	+1,7 le 12	+ 0,43	- 1,2 le 31	+1,1 le 23
Janvier 1864.	0,59	-1,2 le 4 et le 6	+0,7 le 29	0,50	-1,4 le 29	+1,0 le 4
Février . . . . .	0,67	-2,1 le 20	+0,6 le 29	0,57	-1,3 le 4	+1,1 le 20
Mars . . . . .	0,53	-0,6 le 29 et 30	+1,1 le 21	0,25	-0,6 le 28	+0,5 le 16
Avril . . . . .	1,71	-2,3 le 9	+3,1 le 27	0,59	-1,8 le 7	+1,3 le 13
Mai . . . . .	2,80	-2,3 le 10	+4,9 le 21	0,81	-2,0 le 2	+1,8 le 13
Juin . . . . .	2,67	-6,7 le 11	+4,4 le 7	2,01	-6,0 le 9	+3,7 le 11
Juillet . . . . .	2,65	-2,4 le 1	+3,6 le 25 et 30	0,56	-0,5 le 26	+1,9 le 1
Août . . . . .	2,72	-3,0 le 25	+4,5 le 9	1,15	-4,7 le 9	+1,8 le 10
Septembre . . . . .	1,18	-3,5 le 5	+1,2 le 29 et 30	0,52	-1,1 le 3	+1,1 le 8
Octobre . . . . .	0,49	-0,3 le 24	+1,2 le 1	0,27	-0,7 le 3	+0,5 le 24
Novembre . . . . .	1,10	-2,0 le 7	+1,3 le 3	0,60	-1,4 le 5	+1,2 le 7

*Pression atmosphérique.*

Je donne, suivant la forme habituelle, pour les deux stations, la hauteur moyenne du baromètre dans chaque mois, ainsi que la différence entre la hauteur pour chacune des heures d'observation et la hauteur moyenne; pour minuit, 14 heures et 16 heures, la hauteur a été obtenue par interpolation. A la suite de ces tableaux se trouvent les formules représentant la variation diurne du baromètre, calculées d'après ces données.



GENÈVE 1864.

ÉPOQUE.	hauteur moyenne	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h	(Minuit)	(14 h)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1863.....	732,49	-0,02	-0,75	-0,79	-0,38	+0,06	+0,16	+0,11	+0,18	+0,15	+0,25	+0,37	+0,65
Janvier 1861 ..	733,14	-0,04	-0,47	-0,39	-0,06	+0,29	+0,43	+0,31	0,00	-0,30	-0,22	+0,08	+0,35
Février .....	724,50	+0,19	-0,55	-0,66	-0,29	0,00	-0,15	-0,06	0,00	0,00	+0,18	+0,44	+0,48
Mars .....	720,86	+0,35	-0,21	-0,59	-0,43	+0,03	-0,28	-0,22	0,00	-0,18	-0,16	+0,19	+0,46
Avril .....	727,03	+0,01	-0,56	-0,90	-0,78	-0,21	+0,16	+0,17	+0,12	+0,22	+0,50	+0,64	+0,61
Mai.....	725,40	-0,03	-0,46	-0,75	-0,79	-0,34	+0,13	+0,30	+0,24	-0,30	+0,47	+0,58	+0,39
Juin .....	727,66	+0,07	-0,18	-0,48	-0,51	-0,20	+0,19	+0,25	+0,12	+0,08	+0,16	+0,29	+0,18
Juillet.....	727,73	-0,04	-0,42	-0,74	-0,84	-0,43	-0,17	+0,47	+0,38	+0,28	+0,31	+0,50	+0,31
Août.....	728,46	+0,14	-0,39	-0,82	-0,88	-0,35	+0,07	+0,26	+0,20	+0,21	+0,41	+0,61	+0,58
Septembre .....	728,93	+0,13	-0,38	-0,71	-0,65	-0,07	+0,15	+0,09	+0,06	+0,02	+0,32	+0,58	+0,61
Octobre .....	722,98	-0,04	-0,51	-0,65	-0,20	+0,17	+0,47	+0,15	-0,24	-0,30	+0,06	+0,53	+0,48
Novembre .....	724,06	+0,04	-0,30	-0,20	+0,08	+0,25	+0,32	+0,10	-0,24	-0,14	-0,23	+0,22	+0,11
Hiver .....	730,16	+0,04	-0,59	-0,61	-0,24	+0,13	+0,25	+0,18	+0,07	-0,05	+0,07	+0,30	+0,50
Printemps .....	724,40	+0,11	-0,41	-0,74	-0,66	-0,17	+0,19	+0,23	+0,12	+0,11	+0,27	+0,47	+0,49
Été .....	727,95	+0,05	-0,33	-0,68	-0,74	-0,32	+0,15	+0,33	+0,24	+0,19	+0,31	+0,47	+0,36
Automne.....	725,30	+0,07	-0,40	-0,52	-0,26	+0,12	+0,31	+0,11	-0,18	-0,24	+0,05	+0,45	+0,50
Année.....	726,95	+0,07	-0,43	-0,64	-0,48	-0,07	+0,22	+0,21	+0,06	0,00	+0,17	+0,42	+0,46

Formules de la variation diurne du baromètre à Genève, pendant l'année 1864.

Déc. 1863...	B = 732,49	+ 0,42 sin ( $\mu$ + 199,3)	+ 0,36 sin (2 $\mu$ + 167,1)	+ 0,15 sin (3 $\mu$ + 148,4)
Janv. 1864..	B = 733,14	+ 0,16 sin ( $\mu$ + 275,4)	+ 0,37 sin (2 $\mu$ + 156,6)	+ 0,09 sin (3 $\mu$ + 186,3)
Février ....	B = 724,50	+ 0,30 sin ( $\mu$ + 185,7)	+ 0,35 sin (2 $\mu$ + 165,8)	+ 0,09 sin (3 $\mu$ + 139,4)
Mars ... ..	B = 720,86	+ 0,16 sin ( $\mu$ + 180,0)	+ 0,40 sin (2 $\mu$ + 135,0)	+ 0,06 sin (3 $\mu$ + 108,4)
Avril . . . .	B = 727,03	+ 0,60 sin ( $\mu$ + 187,7)	+ 0,35 sin (2 $\mu$ + 158,5)	+ 0,04 sin (3 $\mu$ + 33,7)
Mal.....	B = 725,40	+ 0,59 sin ( $\mu$ + 193,4)	+ 0,25 sin (2 $\mu$ + 147,0)	+ 0,06 sin (3 $\mu$ + 337,3)
Juin ... ..	B = 727,66	+ 0,30 sin ( $\mu$ + 195,4)	+ 0,21 sin (2 $\mu$ + 129,1)	+ 0,06 sin (3 $\mu$ + 316,0)
Juillet.....	B = 727,73	+ 0,59 sin ( $\mu$ + 198,7)	+ 0,27 sin (2 $\mu$ + 124,3)	+ 0,07 sin (3 $\mu$ + 303,7)
Août.....	B = 728,46	+ 0,60 sin ( $\mu$ + 183,8)	+ 0,32 sin (2 $\mu$ + 139,4)	+ 0,03 sin (3 $\mu$ + 344,5)
Septembre..	B = 728,93	+ 0,43 sin ( $\mu$ + 177,3)	+ 0,36 sin (2 $\mu$ + 159,1)	+ 0,04 sin (3 $\mu$ + 33,7)
Octobre ..	B = 722,98	+ 0,18 sin ( $\mu$ + 196,4)	+ 0,49 sin (2 $\mu$ + 169,4)	+ 0,01 sin (3 $\mu$ + 270,0)
Novembre..	B = 724,06	+ 0,08 sin ( $\mu$ + 10,4)	+ 0,35 sin (2 $\mu$ + 167,9)	+ 0,08 sin (3 $\mu$ + 208,7)
<hr/>				
Hiver.....	B = 730,16	+ 0,26 sin ( $\mu$ + 206,3)	+ 0,36 sin (2 $\mu$ + 163,2)	+ 0,11 sin (3 $\mu$ + 158,2)
Printemps..	B = 724,40	+ 0,45 sin ( $\mu$ + 189,0)	+ 0,33 sin (2 $\mu$ + 146,4)	+ 0,02 sin (3 $\mu$ + 41,4)
Été.....	B = 727,95	+ 0,49 sin ( $\mu$ + 192,3)	+ 0,27 sin (2 $\mu$ + 132,0)	+ 0,06 sin (3 $\mu$ + 323,7)
Automne ..	B = 725,30	+ 0,18 sin ( $\mu$ + 182,2)	+ 0,40 sin (2 $\mu$ + 165,6)	+ 0,02 sin (3 $\mu$ + 318,6)
Année ....	B = 726,95	+ 0,34 sin ( $\mu$ + 192,2)	+ 0,33 sin (2 $\mu$ + 153,0)	+ 0,01 sin (3 $\mu$ + 180,0)

Observations du baromètre faites au SAINT-BERNARD en 1864.

ÉPOQUE.	Hauteur moyenne.	Midi.		2 h.		4 h.		6 h.		8 h.		10 h.		(Minuit)		(14 h.)		18 h.		20 h.		22 h.	
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1863	565,52	+0,17	-0,23	-0,20	-0,20	+0,11	+0,06	+0,13	+0,06	-0,24	-0,13	-0,13	+0,09	-0,24	-0,13	-0,13	-0,24	-0,13	-0,13	+0,07	+0,13	+0,13	+0,50
Janvier 1864	564,42	-0,10	-0,26	+0,07	+0,07	-0,29	-0,31	-0,42	-0,31	-0,05	-0,40	-0,42	-0,29	-0,05	-0,33	-0,40	-0,05	-0,33	-0,33	-0,07	-0,07	-0,23	-0,23
Février	558,29	0,00	-0,31	-0,23	-0,03	-0,26	-0,29	-0,29	-0,26	-0,11	-0,22	-0,29	-0,29	-0,11	-0,09	-0,22	-0,09	-0,09	+0,10	+0,10	+0,10	+0,13	+0,13
Mars	557,77	+0,06	-0,04	-0,09	+0,08	-0,41	-0,46	-0,46	-0,24	-0,18	-0,45	-0,46	-0,46	-0,18	-0,40	-0,45	-0,18	-0,40	-0,40	-0,14	-0,14	-0,05	-0,05
Avril	562,91	+0,06	-0,06	-0,09	-0,07	+0,35	-0,40	-0,40	-0,26	-0,01	-0,34	-0,40	-0,40	-0,26	-0,34	-0,34	-0,01	-0,34	-0,34	-0,20	-0,20	-0,02	-0,02
Mai	564,33	+0,01	+0,02	+0,01	-0,02	-0,14	-0,14	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,15	-0,15	-0,05	-0,05
Jun	566,92	+0,03	0,00	+0,01	+0,01	+0,15	-0,34	-0,34	-0,36	-0,11	-0,48	-0,34	-0,34	-0,36	-0,34	-0,34	-0,11	-0,48	-0,34	-0,12	-0,12	-0,07	-0,07
Juillet	568,83	-0,02	+0,06	+0,08	+0,14	-0,34	-0,46	-0,46	-0,36	-0,11	-0,48	-0,46	-0,46	-0,11	-0,41	-0,48	-0,11	-0,41	-0,41	-0,27	-0,27	-0,11	-0,11
Août	568,83	-0,01	-0,01	0,00	+0,09	+0,36	-0,36	-0,36	-0,16	-0,20	-0,37	-0,36	-0,36	-0,20	-0,31	-0,37	-0,20	-0,31	-0,31	-0,09	-0,09	-0,03	-0,03
Septembre	568,20	-0,01	-0,08	-0,08	-0,02	-0,16	-0,16	-0,21	-0,16	-0,03	-0,21	-0,21	-0,21	-0,03	-0,20	-0,21	-0,03	-0,20	-0,20	-0,02	-0,02	+0,10	+0,10
Octobre	551,53	+0,13	-0,12	-0,11	+0,14	+0,32	-0,38	-0,38	-0,16	-0,14	-0,39	-0,38	-0,38	-0,14	-0,41	-0,39	-0,14	-0,41	-0,41	-0,12	-0,12	+0,12	+0,12
Novembre	559,98	-0,07	-0,25	-0,09	-0,17	-0,32	-0,37	-0,37	-0,14	-0,11	-0,27	-0,37	-0,37	-0,11	-0,19	-0,27	-0,11	-0,19	-0,19	-0,06	-0,06	+0,08	+0,08
Hiver	562,84	+0,03	-0,26	-0,16	-0,03	-0,22	-0,29	-0,29	+0,16	-0,08	-0,29	-0,29	-0,29	-0,08	-0,18	-0,29	-0,08	-0,18	-0,18	-0,06	-0,06	+0,29	+0,29
Printemps	561,66	+0,04	-0,03	-0,06	+0,04	-0,30	-0,39	-0,39	-0,27	-0,09	-0,37	-0,39	-0,39	-0,09	-0,35	-0,37	-0,09	-0,35	-0,35	-0,17	-0,17	-0,01	-0,01
Été	568,21	0,00	+0,02	+0,03	-0,09	-0,28	-0,39	-0,39	-0,28	-0,12	-0,40	-0,39	-0,39	-0,12	-0,36	-0,40	-0,12	-0,36	-0,36	-0,16	-0,16	-0,08	-0,08
Automne	563,22	+0,02	-0,15	-0,03	-0,10	-0,27	-0,32	-0,32	+0,15	-0,10	-0,29	-0,32	-0,32	-0,10	-0,27	-0,29	-0,10	-0,27	-0,27	-0,07	-0,07	+0,10	+0,10
Année	563,99	+0,02	-0,10	-0,07	+0,05	+0,27	-0,35	-0,35	+0,22	-0,10	-0,34	-0,35	-0,35	-0,10	-0,29	-0,34	-0,10	-0,29	-0,29	-0,09	-0,09	+0,08	+0,08

Si l'on prend la différence entre la pression atmosphérique observé à Genève et au Saint-Bernard, on trouve pour le poids de la couche d'air comprise entre les deux stations.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
Hiver	167,32	+0,01	-0,33	-0,45	-0,31	-0,09	-0,04	+0,02	+0,15	+0,24	+0,25	+0,24	+0,25	+0,24	+0,24	+0,25	+0,24	+0,24	+0,24	+0,24	+0,24	+0,24	+0,21	+0,21
Printemps	162,74	+0,07	-0,38	-0,68	-0,70	-0,47	-0,20	-0,04	-0,21	+0,18	-0,62	+0,18	-0,62	+0,18	+0,18	-0,62	+0,18	+0,18	+0,18	+0,18	+0,18	+0,18	+0,50	+0,50
Été	159,74	+0,05	-0,35	-0,71	-0,83	-0,60	-0,24	+0,05	-0,24	+0,59	-0,67	+0,59	-0,67	+0,59	+0,59	-0,67	+0,59	+0,59	+0,59	+0,59	+0,59	+0,44	+0,44	
Automne	162,08	+0,06	-0,25	-0,42	-0,35	-0,14	-0,01	-0,04	-0,08	+0,06	-0,32	+0,06	-0,32	+0,06	+0,06	-0,32	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06	+0,40	+0,40
Année	162,96	+0,05	-0,32	-0,57	-0,53	-0,33	-0,12	0,00	+0,16	+0,34	+0,16	+0,34	+0,16	+0,16	+0,16	+0,16	+0,16	+0,16	+0,16	+0,16	+0,16	+0,51	+0,51	

Formules de la variation diurne du baromètre au Saint-Bernard, pendant l'année 1864.

Décembre 1863.	B = 565,52	mm	+ 0,08	sin	( $\mu$ + 120,8)	°	+ 0,27	sin	(2 $\mu$ + 151,6)	°	+ 0,07	sin	(3 $\mu$ + 171,9)
Janvier 1864...	B = 564,42	mm	+ 0,21	sin	( $\mu$ + 333,7)		+ 0,27	sin	(2 $\mu$ + 153,4)		+ 0,09	sin	(3 $\mu$ + 220,6)
Février.....	B = 558,29	mm	+ 0,09	sin	( $\mu$ + 296,6)		+ 0,24	sin	(2 $\mu$ + 170,5)		+ 0,03	sin	(3 $\mu$ + 161,6)
Mars.....	B = 557,77	mm	+ 0,28	sin	( $\mu$ + 340,9)		+ 0,27	sin	(2 $\mu$ + 145,7)		+ 0,01	sin	(3 $\mu$ + 0,0)
Avril.....	B = 562,91	mm	+ 0,25	sin	( $\mu$ + 331,4)		+ 0,22	sin	(2 $\mu$ + 136,8)		+ 0,01	sin	(3 $\mu$ + 90,0)
Mai.....	B = 564,33	mm	+ 0,20	sin	( $\mu$ + 333,0)		+ 0,18	sin	(2 $\mu$ + 116,6)		+ 0,06	sin	(3 $\mu$ + 288,4)
Juin.....	B = 566,92	mm	+ 0,21	sin	( $\mu$ + 338,0)		+ 0,18	sin	(2 $\mu$ + 122,8)		+ 0,07	sin	(3 $\mu$ + 283,2)
Juillet.....	B = 568,83	mm	+ 0,36	sin	( $\mu$ + 338,8)		+ 0,21	sin	(2 $\mu$ + 127,1)		+ 0,07	sin	(3 $\mu$ + 294,8)
Août.....	B = 568,83	mm	+ 0,24	sin	( $\mu$ + 344,7)		+ 0,19	sin	(2 $\mu$ + 154,9)		+ 0,03	sin	(3 $\mu$ + 327,8)
Septembre....	B = 568,20	mm	+ 0,10	sin	( $\mu$ + 325,5)		+ 0,15	sin	(2 $\mu$ + 143,1)		+ 0,03	sin	(3 $\mu$ + 225,0)
Octobre.....	B = 561,53	mm	+ 0,22	sin	( $\mu$ + 347,0)		+ 0,25	sin	(2 $\mu$ + 147,1)		+ 0,05	sin	(3 $\mu$ + 151,0)
Novembre.....	B = 559,98	mm	+ 0,19	sin	( $\mu$ + 325,6)		+ 0,21	sin	(2 $\mu$ + 171,7)		+ 0,03	sin	(3 $\mu$ + 180,0)
Hiver.....	B = 562,84	mm	+ 0,07	sin	( $\mu$ + 315,0)		+ 0,26	sin	(2 $\mu$ + 157,4)		+ 0,06	sin	(3 $\mu$ + 197,2)
Printemps....	B = 561,66	mm	+ 0,24	sin	( $\mu$ + 335,1)		+ 0,21	sin	(2 $\mu$ + 135,0)		+ 0,02	sin	(3 $\mu$ + 315,0)
Été.....	B = 568,21	mm	+ 0,27	sin	( $\mu$ + 340,4)		+ 0,18	sin	(2 $\mu$ + 135,0)		+ 0,05	sin	(3 $\mu$ + 290,7)
Automne.....	B = 563,22	mm	+ 0,17	sin	( $\mu$ + 334,6)		+ 0,20	sin	(2 $\mu$ + 154,2)		+ 0,03	sin	(3 $\mu$ + 176,5)
Année.....	B = 563,99	mm	+ 0,19	sin	( $\mu$ + 334,8)		+ 0,21	sin	(2 $\mu$ + 145,7)		+ 0,02	sin	(3 $\mu$ + 243,4)

Si l'on compare la hauteur moyenne du baromètre pour chaque mois avec les valeurs moyennes, que j'ai déduites pour Genève de 25 années, 1836-60 (v. *Climat de Genève*), et pour le St-Bernard de 20 années, 1841-60 (v. *Archives*, t. XIII), on trouve les différences suivantes :

	GENÈVE.	SAINT-BERNARD.
	mm	mm
Décembre 1863	+ 4,57	+ 3,68
Janvier 1864...	+ 5,93	+ 4,13
Février .....	- 1,52	- 1,31
Mars .....	- 4,91	- 2,68
Avril .....	+ 3,18	+ 2,15
Mai. ....	+ 0,66	+ 0,91
Juin. ....	+ 0,59	- 0,11
Juillet .....	+ 0,03	+ 0,42
Août . ....	+ 0,84	+ 0,58
Septembre ....	+ 1,64	+ 1,11
Octobre .....	- 3,56	- 2,93
Novembre.....	- 1,61	- 1,81
<hr/>		
Année .....	+ 0,49	+ 0,35

Dans les deux stations la pression atmosphérique a été plus forte que de coutume ; à Genève, la différence se rapproche beaucoup des limites de l'écart probable.

Dans les mois de décembre, janvier, mars, avril, septembre et octobre, la différence dépasse notablement les limites de l'écart probable.

Avec les données suivantes pour l'année 1864 : 726<sup>mm</sup>,95 et 563<sup>mm</sup>,99 pour la hauteur moyenne du baromètre dans les deux stations, + 9°,08 et - 4°,63 pour la température moyenne de l'air, 0,76 et 0,80 pour la fraction moyenne de saturation, je trouve, d'après mes tables hypsométriques, 2068<sup>m</sup>,2 pour la différence d'altitude ; le nivellement direct a donné 2070<sup>m</sup>,3.

J'ai réuni dans les tableaux suivants les données qui permettent d'apprécier la variabilité du baromètre dans les deux stations, soit que l'on considère l'écart absolu entre la hauteur du baromètre pour un jour et la valeur normale, soit que l'on considère la variation entre deux jours consécutifs. L'écart moyen dans chaque mois a été calculé par la somme des carrés de tous les écarts du mois, de même aussi la variation moyenne entre deux jours consécutifs.

GENÈVE 1864.

ÉPOQUE.	Écart négatif.	Écart positif.	Nombre de change- ments de signe.	Écart moyens.	Écart extrêmes		Écart moy. entre 2 j. consécutifs.	Écart extrêmes entre deux jours consécutifs.	
					négatifs.	positifs.		négatifs.	positifs.
Déc. 1863....	6	25	7	+7,06	-5,34 le 2	+11,67 le 7	+4,27	-9,79 le 1	+12,10 le 3
Janvier 1864..	3	28	1	7,04	-7,73 le 1	+11,40 le 20	2,33	-5,12 le 27	+5,90 le 29
Février.....	20	9	3	7,04	-14,52 le 21	+9,96 le 11	4,55	-6,91 le 20	+10,45 le 11
Mars.....	22	9	4	8,19	-16,88 le 29	+10,53 le 13	4,69	-8,28 le 26	+11,92 le 9
Avril.....	4	26	4	3,77	-2,47 le 16	+6,56 le 23	1,93	-2,81 le 9	+4,10 le 17
Mai.....	13	18	9	3,16	-5,85 le 9	+5,80 le 1	2,72	-6,31 le 25	+4,52 le 9
Juin.....	12	18	8	3,90	-6,26 le 14	+6,96 le 20	2,76	-4,50 le 6	+5,06 le 16
Juillet.....	16	15	11	1,97	-3,88 le 3	+5,35 le 31	2,03	-3,23 le 8	+4,62 le 3
Août.....	12	19	6	3,76	-8,16 le 19	+5,32 le 12	2,71	-4,67 le 22	+7,71 le 23
Septembre....	10	20	7	4,15	-6,32 le 17	+7,74 le 26	2,52	-4,45 le 29	+7,00 le 4
Octobre.....	20	11	7	6,56	-16,73 le 26	+3,17 le 7	3,22	-7,45 le 25	+7,97 le 29
Novembre....	18	12	6	7,38	-18,43 le 15	+9,15 le 29	4,94	-11,31 le 13	+11,30 le 26
Année.....	156	210	73	+5,33	-18,43 le 15 Novembre	+11,67 le 7 Décembre	+3,22	-11,31 le 13 Novembre	+12,10 le 3 Décembre

SAINT-BERNARD 1864.

ÉPOQUE.	Écarts négatifs.	Écarts positifs.	Nombre de changements de signe.	Écarts moyens.	Écarts extrêmes		Écarts moyens entre 2 jours consécutifs.	Écarts extrêmes entre deux jours consécutifs.	
					négatifs.	positifs.		négatifs.	positifs.
Décemb. 1863	6	25	7	$\pm 5,92$ mm	— 3,08 le 17	$\pm 10,23$ le 8	$\pm 3,11$ mm	— 8,01 le 16	$\pm 6,68$ le 18
Janvier 1864.	5	26	3	6,12	— 7,73 le 3	$\pm 9,68$ le 26	2,16	— 5,08 le 27	$\pm 6,21$ le 3
Février.....	17	12	5	7,65	— 12,69 le 9	$\pm 12,36$ le 14	4,61	— 9,98 le 16	$\pm 10,26$ le 11
Mars.....	21	10	5	6,25	— 16,31 le 29	$\pm 8,15$ le 13	3,29	— 5,82 le 26	$\pm 8,99$ le 30
Avril.....	10	20	10	3,18	— 1,86 le 2	$\pm 6,69$ le 25	2,21	— 3,92 le 28	$\pm 4,80$ le 17
Mai.....	13	18	8	3,03	— 6,05 le 27	$\pm 7,20$ le 18	2,12	— 4,77 le 25	$\pm 4,25$ le 27
Juin.....	15	15	7	3,19	— 5,36 le 10	$\pm 4,61$ le 20	2,21	— 4,45 le 26	$\pm 4,36$ le 16
Juillet.....	15(1)	15	7	2,00	— 2,54 le 1	$\pm 6,07$ le 31	1,50	— 3,83 le 12	$\pm 3,15$ le 10
Août.....	12	19	8	2,51	— 4,87 le 19	$\pm 4,73$ le 5	2,03	— 4,83 le 22	$\pm 3,98$ le 24
Septembre...	12	18	4	3,56	— 4,03 le 4	$\pm 6,05$ le 26	2,10	— 3,84 le 10	$\pm 5,65$ le 4
Octobre.....	27	4	5	4,16	— 9,75 le 29	$\pm 2,16$ le 31	2,29	— 4,32 le 25	$\pm 6,06$ le 29
Novembre...	21	9	4	5,78	— 14,91 le 15	$\pm 5,65$ le 29	3,64	— 7,27 le 23	$\pm 8,06$ le 27
Année.....	174	191	73	$\pm 4,45$	— 16,31 le 29 Mars	$\pm 12,36$ le 14 Février	$\pm 2,63$	— 9,98 le 16 Février	$\pm 10,26$ le 11 Février

(1) L'écart était nul un jour de ce mois, le 25.



On a relevé également le maximum absolu, et le minimum absolu, de la pression observée pendant chaque mois, ainsi que l'amplitude totale de l'excursion ; voici les chiffres pour les deux stations :

## GENÈVE 1864.

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Décembre 1863	739,31	le 7	718,13	le 2	21,18
Janvier 1864..	739,63	le 20	719,32	le 1	20,31
Février .....	737,60	le 2	710,27	le 21	27,33
Mars .....	736,62	le 13	704,02	le 29	32,60
Avril .....	731,54	le 23	720,17	le 15	11,37
Mai .....	731,39	le 18	717,49	le 8	13,90
Juin .....	734,91	le 20	719,37	le 14	15,51
Juillet .....	734,14	le 31	722,98	le 3	11,16
Aout .....	734,37	le 11	717,90	le 19	16,47
Septembre ...	735,09	le 26	719,12	le 16	15,97
Octobre .....	730,07	le 7	706,49	le 26	23,58
Novembre. ...	736,62	le 29	707,31	le 15	29,31
Année .....	739,63	le 20 janvier.	704,62	le 29 mars.	35,61

## SAINT-BERNARD 1864.

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Décembre 1863	572,24	le 8	556,01	le 22	16,23
Janvier 1864..	570,51	le 26	551,93	le 3	18,58
Février .....	573,13	le 14	546,96	le 9	26,17
Mars.....	568,70	le 13	542,49	le 29	26,21
Avril .....	568,71	le 25	557,46	le 2	11,25
Mai ... ..	571,32	le 18	557,35	le 27	13,97
Juin.....	572,11	le 22	558,69	le 10	13,42
Juillet .....	575,20	le 31	565,03	le 1	10,17
Août.....	574,11	le 1	562,61	le 24	11,50
Septembre....	573,66	le 9	562,57	le 19	11,09
Octobre .....	567,06	le 31	552,21	le 29	14,85
Novembre....	568,89	le 4	546,58	le 15	22,31
Année .....	575,20	le 31 juillet.	542,49	le 29 mars.	32,71

*Etat hygrométrique de l'air.*

Les résultats des observations psychrométriques faites à Genève, pendant l'année 1864, sont consignés dans les tableaux suivants ; pour la tension de la vapeur, la moyenne des 24 heures a été déduite de la moyenne des neuf observations diurnes, en ajoutant une correction tirée des formules auxquelles j'étais arrivé dans mon mémoire sur le climat de Genève, pour représenter la variation diurne de cet élément. J'ai ajouté le minimum absolu et le maximum absolu observés dans le courant de chaque mois. J'ai calculé directement, d'après les neuf observations diurnes, les formules qui représentent la variation diurne de la fraction de saturation pour chaque mois de l'année 1864 ; c'est d'après ces formules qu'ont été interpolés les chiffres qui donnent la fraction pour minuit, 14 heures et 16 heures. Le minimum absolu de la fraction de saturation observé dans chaque mois est également noté, ainsi que le nombre de cas où le maximum a atteint l'unité, c'est-à-dire, où l'air était saturé au moment de l'observation.

GENÈVE 1864. — Tension de la vapeur.

ÉPOQUE.	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	18 h.	20 h.	22 h.	TENSION		
										mm	mm	mm
Dec. 1863....	4,53	4,73	4,66	4,60	4,49	4,46	4,33	4,24	4,32	4,46	2,83	mm
Janvier 1864.	3,54	3,55	3,58	3,55	3,41	3,37	3,20	3,16	3,39	3,39	1,29	7,25
Février .....	4,43	4,40	4,47	4,40	4,18	4,08	3,86	3,77	4,14	4,16	1,83	6,18
Mars .....	5,34	5,13	5,17	5,28	5,40	5,28	5,07	5,17	5,37	5,20	2,53	6,98
Avril .....	5,51	5,53	5,25	5,35	5,43	5,63	5,28	5,51	5,41	5,38	1,77	8,20
Mai.....	8,14	8,14	7,82	8,08	8,25	8,36	7,99	8,41	8,41	8,16	4,21	9,88
Juin.....	9,67	9,66	9,55	9,83	9,90	9,88	9,93	10,08	10,14	9,81	5,16	12,87
Juillet.....	10,98	10,52	10,58	10,99	11,48	11,17	10,91	11,91	11,19	10,96	6,22	11,56
Août .....	9,40	9,03	8,92	9,24	9,11	9,20	9,05	9,34	9,46	9,07	4,81	12,52
Septembre ..	9,97	9,70	10,01	10,08	9,95	9,44	8,74	9,65	9,78	9,54	5,66	15,46
Octobre ....	6,78	6,78	6,86	6,83	6,71	6,54	6,28	6,52	6,76	6,54	4,22	15,22
Novembre....	5,75	5,67	5,58	5,58	5,53	5,49	5,41	5,38	5,66	5,53	3,38	10,16
Hiver.....	4,16	4,22	4,23	4,18	4,02	3,97	3,79	3,72	3,95	4,00	1,29	8,00
Printemps...	6,34	6,28	6,09	6,25	6,37	6,43	6,12	6,37	6,41	6,26	1,77	7,25
Été.....	10,02	9,74	9,69	10,02	10,17	10,08	9,96	10,25	10,26	9,95	4,84	12,87
Automne....	7,49	7,37	7,48	7,49	7,39	7,15	6,80	7,18	7,39	7,20	3,38	15,46
Année .....	7,01	6,91	6,88	6,99	6,99	6,92	6,68	6,89	7,01	6,86	1,29	15,46

GENÈVE 1864. — Fraction de saturation en millièmes.

ÉPOQUE.	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minute)	(14h.)	(16h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Fraction moy.	Min. absolu.	Maximum absolu. (1)
Déc. 1863.	776	773	796	845	855	873	891	909	931	939	915	830	861	480	1000, 35 fois.
Janv. 1864.	852	816	846	902	909	942	956	969	967	970	955	929	918	480	1000, 74 «
Février . . .	768	731	766	836	844	871	896	933	960	959	910	823	858	450	1000, 32 «
Mars . . . . .	648	575	574	643	728	776	807	831	863	869	815	709	736	330	1000, 4 «
Avril . . . . .	537	503	473	516	597	685	743	801	844	815	682	592	619	180	1000, 2 «
Mat. . . . .	551	521	523	580	678	754	806	849	878	854	718	629	695	260	1000, 3 «
Juin . . . . .	626	604	591	648	727	783	829	873	902	864	758	674	740	390	1000, 1 «
Juillet . . . .	513	471	480	535	638	711	777	845	882	836	680	587	663	275	1000, 1 «
Avril. . . . .	492	439	431	495	560	653	731	820	858	798	640	561	623	144	1000, 2 «
Septembre . .	658	604	646	724	805	852	886	919	946	929	860	721	796	390	1000, 3 «
Octobre . . .	672	642	669	726	776	816	849	872	884	870	834	746	780	380	1000, 5 «
Novembre . .	815	779	805	857	865	882	889	904	904	895	878	851	860	560	1000, 16 «
Hiver . . . . .	800	774	803	861	871	896	915	937	953	956	927	862	880	450	1000, 141 fois.
Printemps . .	579	533	524	580	669	739	786	827	862	847	739	644	694	180	1000, 9 «
Été . . . . .	543	504	500	558	641	715	772	846	880	832	692	607	674	144	1000, 4 «
Automne . . .	715	675	706	768	815	850	874	898	911	898	857	772	812	380	1000, 24 «
Année . . . . .	658	624	633	691	748	790	836	877	901	883	803	721	764	144	1000, 178 fois

(1) Pendant l'année 1864, l'air n'a pas été saturé une seule fois pendant un jour entier.

Formules de la variation diurne de la fraction de saturation. — Genève 1864.

Décembre 1863..	H = 861	+ 073 sin	( $\mu$ + 224,4)	+ 029 sin	(2 $\mu$ + 252,2)	+ 007 sin	(3 $\mu$ + 270,0)
Janvier 1864....	H = 918	+ 066 sin	( $\mu$ + 225,0)	+ 024 sin	(2 $\mu$ + 213,0)	+ 012 sin	(3 $\mu$ + 200,0)
Février .....	H = 858	+ 098 sin	( $\mu$ + 223,8)	+ 032 sin	(2 $\mu$ + 253,8)	+ 005 sin	(3 $\mu$ + 191,3)
Mars .....	H = 736	+ 140 sin	( $\mu$ + 220,4)	+ 031 sin	(2 $\mu$ + 209,1)	+ 008 sin	(3 $\mu$ + 39,8)
Avril .....	H = 649	+ 174 sin	( $\mu$ + 220,9)	+ 013 sin	(2 $\mu$ + 315,0)	+ 020 sin	(3 $\mu$ + 36,9)
Mai .....	H = 695	+ 179 sin	( $\mu$ + 228,5)	+ 015 sin	(2 $\mu$ + 262,4)	+ 014 sin	(3 $\mu$ + 34,4)
Juin .....	H = 740	+ 149 sin	( $\mu$ + 228,8)	+ 012 sin	(2 $\mu$ + 284,8)	+ 015 sin	(3 $\mu$ + 49,0)
Juillet.....	H = 663	+ 199 sin	( $\mu$ + 227,3)	+ 020 sin	(2 $\mu$ + 294,0)	+ 017 sin	(3 $\mu$ + 56,4)
Août.....	H = 623	+ 201 sin	( $\mu$ + 223,0)	+ 022 sin	(2 $\mu$ + 325,2)	+ 017 sin	(3 $\mu$ + 76,8)
Septembre.....	H = 796	+ 158 sin	( $\mu$ + 230,9)	+ 036 sin	(2 $\mu$ + 239,9)	+ 003 sin	(3 $\mu$ + 38,7)
Octobre .....	H = 780	+ 115 sin	( $\mu$ + 228,2)	+ 025 sin	(2 $\mu$ + 233,1)	+ 004 sin	(3 $\mu$ + 236,3)
Novembre .....	H = 860	+ 052 sin	( $\mu$ + 234,5)	+ 017 sin	(2 $\mu$ + 221,3)	+ 009 sin	(3 $\mu$ + 167,5)
<hr/>							
Hiver .....	H = 880	+ 079 sin	( $\mu$ + 224,7)	+ 027 sin	(2 $\mu$ + 241,6)	+ 007 sin	(3 $\mu$ + 211,6)
Printemps ..	H = 694	+ 165 sin	( $\mu$ + 223,3)	+ 017 sin	(2 $\mu$ + 241,1)	+ 015 sin	(3 $\mu$ + 41,5)
Été.....	H = 674	+ 182 sin	( $\mu$ + 225,8)	+ 019 sin	(2 $\mu$ + 304,5)	+ 018 sin	(3 $\mu$ + 68,5)
Automne .....	H = 812	+ 109 sin	( $\mu$ + 230,2)	+ 025 sin	(2 $\mu$ + 233,8)	+ 003 sin	(3 $\mu$ + 164,4)
<hr/>							
Année .....	H = 764	+ 134 sin	( $\mu$ + 225,7)	+ 020 sin	(2 $\mu$ + 253,6)	+ 006 sin	(3 $\mu$ + 68,4)

Comparée à la moyenne des douze années 1849-60, l'année 1864 présente les écarts suivants sur la tension de la vapeur, sur la fraction de saturation et sur le nombre des cas de saturation :

	Excès de la tension moyenne.	Excès de la fraction de saturation.	Excès du nombre des cas de saturation.
Décembre 1863..	+ 0,31	- 010	- 8
Janvier 1864....	- 0,76	+ 061	+ 43
Février ....	0,00	+ 035	+ 17
Mars .....	+ 0,75	- 015	- 5
Avril .....	- 0,45	- 064	- 3
Mai .....	+ 0,60	- 029	- 1
Juin .....	- 0,09	+ 030	- 2
Juillet.....	+ 0,44	- 018	- 1
Août .....	- 1,55	- 093	0
Septembre .....	+ 0,15	+ 011	- 3
Octobre.....	- 1,19	- 062	- 22
Novembre .....	+ 0,25	+ 014	- 1
Hiver .....	- 0,15	+ 029	+ 52
Printemps .. ...	+ 0,30	- 036	- 9
Été .....	- 0,40	- 028	- 3
Automne .....	- 0,27	- 012	- 26
Année .....	- 0,14	- 012	+ 14

Dans les mois de mars et de mai la tension de la vapeur a été notablement plus forte que de coutume, et d'une quantité qui dépasse les limites de l'écart probable ; dans les mois de janvier, avril et octobre, au contraire, elle a été notablement au-dessous de la moyenne.

Les mois dans lesquels la fraction de saturation a été au-dessus de la moyenne, d'une quantité qui dépasse les limites de l'écart probable, sont janvier et février, les seuls qui donnent également un excédant positif dans le nombre des cas de saturation ; dans les mois d'avril, août et octobre la fraction de saturation a été au-dessous de sa valeur moyenne d'une quantité qui dépasse les limites de l'écart probable.

*Des vents.*

Les chiffres qui représentent l'intensité avec laquelle chaque vent a soufflé à Genève, pendant l'année 1864, sont :

Vents observés à Genève, dans l'année 1864.

	Décembre 1863	Janvier 1864	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septemb	Octobre.	Novemb.	Année.
Calme	4	3	2	6	1	4	2	1	2	3	5	7	40
N. . .	42	66	46	78	113	110	92	106	146	69	63	54	985
NNE. .	41	50	91	47	113	52	22	43	45	26	83	61	671
NE. . .	16	14	7	8	11	6	6	10	10	12	29	20	149
ENE. .	6	3	0	1	1	0	0	0	0	1	5	0	17
E. . .	24	29	4	2	1	6	9	1	7	2	1	5	94
ESE. .	6	18	0	2	4	0	9	1	1	3	3	2	49
SE. . .	17	28	7	3	7	3	10	2	4	5	6	9	161
SSE. .	13	22	12	6	2	4	6	3	4	3	7	2	84
S. . .	47	34	43	22	4	31	25	28	32	30	23	32	351
SSO. .	53	33	53	96	32	39	50	31	41	57	61	78	627
SO. . .	29	13	19	64	20	24	22	28	28	43	24	48	362
OSO. .	6	4	7	7	3	11	9	5	7	6	1	6	72
O. . .	7	7	5	3	9	16	6	10	10	8	8	11	100
ONO. .	0	2	5	1	1	1	3	3	3	3	1	3	26
NO. . .	3	3	8	5	8	12	8	13	2	4	4	3	73
NNO. .	8	6	16	16	13	24	10	17	13	20	10	14	167

De ces chiffres on déduit l'intensité relative des deux principaux courants atmosphériques, les vents du nord-est et ceux du sud-ouest, ainsi que la direction et l'intensité de la résultante de tous les vents, calculées par la formule de Lambert.

	RAPPORT.	RÉSULTANTE.		Calme sur 100.
	Vents NE. à SO.	Direction.	Intensité sur 100.	
Décembre 1863 ..	0,90	S 26°,0 E	17	1
Janvier 1864.....	1,78	N 81,6 E	24	1
Février .....	1,17	N 13,9 O	13	1
Mars .....	0,71	S 73,2 O	26	2
Avril .....	3,52	N 3,9 E	69	0
Mai.....	1,43	N 23,3 O	39	1
Juin.....	1,15	N 39,8 O	13	1
Juillet .....	1,55	N 20,5 O	36	0
Août . .....	1,76	N 10,6 O	48	1
Septembre .....	0,76	N 88,3 O	19	1
Octobre .....	1,55	N 9,3 E	24	2
Novembre .....	0,80	S 77,6 O	15	3
Année.....	1,27	N 18,0 O	18	1

Les vents du nord-est ont soufflé pendant l'année 1864 avec une intensité plus grande que de coutume, ainsi qu'on le voit par le chiffre qui exprime la fréquence relative des vents du nord-est et de ceux du sud-ouest; ce chiffre est 1,27 pour l'année 1864, tandis que sa valeur moyenne est 1,17. La direction de la résultante de tous les vents est également plus rapprochée du nord, et son intensité plus considérable. Ce sont les mois de janvier, avril, août et octobre, dans lesquels cette prédominance des vents du nord est la plus marquée.

Le nombre des jours de forte bise a été plus considérable que de coutume, tandis que celui des jours où le vent du sud, ou du sud-ouest, a soufflé avec force, a été à peine la moitié de ce qu'il est ordinairement, ainsi qu'il résulte de la comparaison des chiffres du tableau ci-dessous avec ceux que j'ai rapportés dans le *Climat de Genève*. Dans les journées du 2 et du 3 janvier, et dans celles du 14 août et du 6 novembre 1864, en par-



ticulier, la bise a été d'une violence exceptionnelle, au point d'occasionner des dégâts dans la ville et dans la campagne.

	Nombre de jours de	
	forte bise.	fort vent de midi.
Décembre 1863 ..	3	2
Janvier 1864.....	5	0
Février .....	5	0
Mars.....	6	9
Avril .....	7	1
Mai.....	5	1
Juin.....	0	3
Juillet. ....	1	0
Août.....	5	1
Septembre .....	1	2
Octobre .....	6	3
Novembre .....	5	4
Année ....	49	26

Les vents observés au St-Bernard, pendant l'année 1864, sont :

	VENTS.			RÉSULTANTE.		Calmes sur 100.
	NE.	SO.	Rapport.	Direction.	Intensité sur 100.	
Déc. 1863 .	265	30	8,83	N 45° E	84	29
Janv. 1864.	119	79	1,51	N 45 E	14	37
Février ....	149	137	1,08	N 45 E	5	22
Mars .....	154	101	1,52	N 45 E	19	32
Avril .....	303	24	12,62	N 45 E	103	13
Mai. ....	217	38	5,71	N 45 E	64	25
Juin .....	282	58	4,86	N 45 E	83	10
Juillet.....	238	42	5,43	N 45 E	70	15
Août .....	244	51	4,78	N 45 E	69	12
Septembre .	220	71	3,66	N 45 E	55	15
Octobre....	144	168	0,86	S 45 O	8	11
Novembre..	122	97	1,26	N 45 E	9	26
Année .....	2457	896	2,74	N 45 E	47	21

Dans cette station élevée, les vents du nord-est ont soufflé également avec une intensité plus grande que de coutume ; on trouve du reste pour plusieurs mois de l'année 1864 une divergence dans la direction du vent dominant au St-Bernard et à Genève, entre autres en décembre 1863, mars, septembre et novembre 1864, où le vent du nord-est régnait au St-Bernard, et celui du sud-ouest à Genève, tandis que l'inverse a eu lieu au mois d'octobre.

*De la pluie.*

Le relevé du nombre de jours et d'heures de pluie, ou de neige, ainsi que de la quantité d'eau tombée, fournit les résultats suivants, à Genève et au St-Bernard, pendant l'année 1864 :

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Nombre d'heures.	Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Nombre d'heures.
Décembre 1863	8	27,5	35	6	31,6	36
Janvier 1864 ..	5	12,7	16	5	23,2	25
Février .....	13	16,0	49	16	46,7	82
Mars .....	11	30,4	49	13	48,1	36
Avril .....	8	32,8	44	5	32,6	28
Mai .....	12	64,1	82	10	297,9	66
Juin .....	13	107,2	91	11	279,5	98
Juillet .....	7	35,1	9	7	116,4	16
Août .....	3	81,7	18	4	255,6	42
Septembre ....	10	78,9	56	7	121,7	37
Octobre .....	6	65,1	44	9	258,9	53
Novembre .....	15	96,8	111	11	65,6	72
Hiver .....	26	56,2	100	27	101,5	143
Printemps ....	31	127,3	175	28	378,6	130
Été .....	23	224,0	118	22	651,5	156
Automne .....	31	210,8	211	27	446,2	162
Année. ... ..	111	648,3	604	104	1577,8	591

Il n'est tombé que fort peu de neige à Genève pendant l'hiver 1864 ; le plus souvent c'étaient de simples gibou-lées, et la quantité était trop faible pour pouvoir être mesurée, et même dans les chutes plus abondantes, où l'on a pu mesurer une fois 20<sup>mm</sup> pour la hauteur de la neige tombée en décembre 1863, et à trois reprises, en février, 30<sup>mm</sup>, 15<sup>mm</sup> et 10<sup>mm</sup>, la neige n'est restée que peu d'heures sur le sol, et elle avait déjà disparu le len-demain.

La comparaison de l'année 1864, avec la moyenne des 36 années 1826-1861, donne les différences suivantes, pour Genève, sur le nombre de jours de pluie et sur la quantité d'eau tombée.

	Excès sur le nombre de jours de pluie.	Excès sur la quantité d'eau tombée. mm
Décembre 1863.	— 1	— 25,3
Janvier 1864....	— 4	— 33,7
Février .... .	+ 5	— 21,2
Mars.....	+ 2	— 11,6
Avril.....	— 3	— 25,9
Mai.....	0	— 18,2
Juin.....	+ 3	+ 31,6
Juillet .. .	— 3	— 36,6
Août ... .	— 7	+ 2,4
Septembre.....	— 1	— 21,9
Octobre.. . .	— 5	— 35,3
Novembre.....	+ 4	+ 18,5
<hr/>		
Hiver... ..	0	— 80,2
Printemps.....	— 1	— 55,7
Été.....	— 7	— 2,6
Automne .....	— 2	— 38,7
<hr/>		
Année ... ..	— 10	— 177,2

L'année 1864 a été ainsi très-sèche à Genève, ainsi qu'il résulte de la diminution dans le nombre de jours de pluie, et dans la quantité d'eau tombée; depuis 1826

on ne trouve que 7 années dans lesquelles le nombre de jours de pluie ait été inférieur à ce qu'il a été en 1864, et 6 années qui aient donné une quantité totale de pluie plus faible. L'hiver présente le déficit le plus considérable, bien que le nombre de jours de pluie n'ait pas été inférieur à la moyenne; mais la pluie ne durait que fort peu d'heures, sa durée relative était plus faible que de coutume, et la pluie était fort peu abondante. Au mois de juillet, au contraire, et surtout au mois d'août, la durée relative de la pluie a été très-courte, mais les chutes d'eau très-abondantes. Sur le nombre total de 111 jours de pluie dans l'année, il en est 7 où la quantité d'eau tombée dans les 24 heures ne dépasse pas  $0^{\text{mm}},2$ ; il y en a 4 où elle a dépassé  $30^{\text{mm}}$ , savoir 1 en juin, 2 en août et 1 en octobre; le 20 août et le 22 octobre elle s'est élevée à  $33^{\text{mm}},7$ .

J'ai formé, comme pour les années précédentes, le tableau suivant qui fait ressortir d'une manière plus claire la distribution de la pluie dans les différents mois et pour chaque saison. Ce tableau renferme, pour les deux stations, la durée relative de la pluie, c'est-à-dire le quotient obtenu en divisant le nombre d'heures de pluie pendant le mois, par le nombre total d'heures que le mois renferme, le nombre moyen d'heures de pluie par jour pluvieux, enfin la quantité moyenne d'eau tombée dans une heure de pluie.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Durée relative de la pluie.	Nombre moy. d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 h. mm	Durée relative de la pluie.	Nombre moy. d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 h. mm
Déc 1863. . .	0,017	4,37	0,79	0,048	6,00	0,82
Janv. 1864. .	0,022	3,20	0,79	0,033	5,00	0,93
Février . . .	0,070	3,77	0,33	0,118	5,11	0,57
Mars . . . .	0,066	4,45	0,62	0,048	2,77	1,31
Avril . . . .	0,061	5,50	0,75	0,039	5,60	1,16
Mai . . . . .	0,110	6,83	0,78	0,089	6,60	1,51
Juin . . . . .	0,126	7,00	1,18	0,136	8,91	2,83
Juillet . . .	0,012	1,29	3,90	0,022	2,29	7,27
Août . . . . .	0,024	6,00	4,54	0,056	10,50	6,09
Septembre .	0,078	5,60	1,41	0,051	5,29	3,83
Octobre . . .	0,059	7,33	1,48	0,071	5,89	1,88
Novembre. .	0,154	7,10	0,87	0,100	6,55	0,72
<hr/>						
Hiver . . . .	0,046	3,85	0,56	0,065	5,30	0,71
Printemps. .	0,079	5,65	0,73	0,059	4,64	2,91
Été . . . . .	0,053	5,13	1,90	0,070	7,09	4,18
Automne. . .	0,097	6,81	1,14	0,074	6,00	2,75
<hr/>						
Année . . . .	0,069	5,44	0,92	0,067	5,68	2,67

Au St-Bernard, les chutes d'eau ont été très-abondantes pendant la saison chaude, et surtout dans les mois de mai, juin, août et octobre, en sorte que c'est sous la forme de pluie que la précipitation a eu lieu en grande partie, tandis que la précipitation sous forme de neige a été exceptionnellement faible. La hauteur totale de la neige tombée dans l'année ne s'élève qu'à un peu plus de 4 mètres, d'après le tableau ci-dessous, tandis que la hauteur moyenne est de près de 10 mètres; néanmoins l'abondance exceptionnelle des pluies d'été a ramené le chiffre total de l'eau tombée pendant l'année à sa valeur moyenne.

Hauteur de la neige tombée au Saint-Bernard dans les  
différents mois de 1864 :

	millimètres.
Décembre 1863.....	380
Janvier 1864.....	320
Février.....	630
Mars.....	510
Avril.....	310
Mai.....	585
Juin.....	77
Juillet.....	0
Août.....	0
Septembre.....	6
Octobre.....	743
Novembre.....	710
<hr/>	
Année.....	4271

Le nombre de jours, où l'on a entendu le tonnerre à Genève, pendant l'année 1864, s'élève à 18; il se répartit, comme suit, entre les différents mois; les détails relatifs à chaque orage se trouvent dans les tableaux mensuels.

	Jours de tonnerre à Genève.	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1863.....	0	0
Janvier 1864.....	0	0
Février.....	1	0
Mars.....	0	0
Avril.....	0	0
Mai.....	1	0
Juin.....	3	2
Juillet.....	8	1
Août.....	3	3
Septembre.....	2	3
Octobre.....	0	0
Novembre.....	0	1
<hr/>		
Année.....	18	10

Les orages ont été ainsi moins fréquents que de coutume en 1864, puisque l'on en compte en moyenne 25 par an à Genève.

Voici, enfin, le nombre de jours où l'on a observé, à Genève, des halos, ou des couronnes, autour du soleil, ou autour de la lune; les détails sur ces phénomènes se trouvent également dans les tableaux mensuels.

	Halo solaire	Couronne solaire	Halo lunaire.	Couronne lunaire
Décembre 1863.	0	0	0	3
Janvier 1864 . . .	1	0	2	3
Février . . . . .	4	0	3	4
Mars . . . . .	4	3	1	3
Avril . . . . .	3	0	0	1
Mai . . . . .	3	0	0	1
Juin . . . . .	2	0	0	1
Juillet . . . . .	4	1	1	2
Août . . . . .	2	1	0	1
Septembre . . . .	2	0	1	3
Octobre . . . . .	3	1	1	4
Novembre . . . . .	3	1	0	1
Année . . . . .	31	7	9	27

### *Etat du ciel.*

D'après la notation adoptée, la portion du ciel couverte par des nuages est exprimée en dixièmes, 0,0 représentant un ciel parfaitement clair, et 1,0 un ciel entièrement couvert. Un jour est rangé dans la catégorie des jours *clairs, peu nuageux, très-nuageux* ou *couverts*, selon que la clarté moyenne déduite des neuf observations diurnes est comprise entre les limites respectives de 0,0 et 0,25; 0,25 et 0,50; 0,50 et 0,75; 0,75 et 1,00.

On trouve pour l'année 1864 les nombres suivants pour ces différentes catégories et pour la clarté moyenne du ciel, soit à Genève, soit au St-Bernard.

	GENÈVE.					SAINT-BERNARD.				
	Jours clairs.	J. peu nuag.	Jours très-n. couverts.	Jours couverts.	Clarté moy.	Jours clairs.	J. peu nuag.	Jours très-n. couverts.	Jours couverts.	Clarté moy.
Déc. 1863.	2	6	5	18	0,72	11	5	7	8	0,46
Janv. 1864	2	1	3	25	0,86	22	1	5	3	0,23
Février ...	1	7	6	15	0,70	6	1	8	14	0,67
Mars .....	6	3	6	16	0,63	5	3	5	18	0,67
Avril .....	19	1	1	9	0,37	14	5	3	8	0,41
Mai .....	12	5	6	8	0,46	7	6	7	11	0,60
Juin .....	6	5	7	12	0,61	2	3	7	18	0,74
Juillet ....	12	11	7	1	0,35	7	8	8	8	0,50
Août .....	18	5	5	3	0,29	17	2	3	9	0,41
Septembre.	11	4	8	7	0,46	11	2	3	14	0,54
Octobre ...	3	6	9	13	0,67	9	2	5	15	0,59
Novembre.	1	3	3	23	0,82	5	3	5	17	0,67
Hiver ....	5	14	11	58	0,764	39	7	20	25	0,450
Printemps.	37	9	13	33	0,487	26	14	15	37	0,562
Été .....	36	21	19	16	0,415	26	13	18	35	0,549
Automne..	15	13	20	43	0,654	25	7	13	46	0,601
Année ....	93	57	66	150	0,579	116	41	66	143	0,540

Pendant l'année 1864, le ciel a été en moyenne notablement plus clair que de coutume, car la fraction qui représente la clarté moyenne a été 0,579, tandis qu'elle s'élève ordinairement à 0,638.

Le nombre de jours clairs s'est élevé à 93, tandis qu'il n'est en moyenne que de 61 ; les mois d'avril, mai, août et septembre présentent l'excédant le plus considérable dans le nombre de jours parfaitement beaux. Le nombre de jours de brouillard a été moindre que de coutume, surtout de jours où le brouillard persiste pendant toute la journée, dont on ne compte que deux pendant toute l'année 1864, tandis que le chiffre moyen est de 10 ; j'indique ci-dessous le nombre dans les différents mois.



	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1863	1	4	5
Janvier 1864 ..	1	8	9
Février .....	0	7	7
Mars. .... .	0	1	1
Avril .. ... .	0	0	0
Mai .. ... ..	0	1	1
Jun. .... ..	0	0	0
Juillet .....	0	0	0
Août..... ..	0	0	0
Septembre . . .	0	2	2
Octobre .. ...	0	0	0
Novembre... .	0	2	2
<hr/>			
Année .....	2	25	27

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

---

## CHIMIE.

C.-W. BLOMSTRAND. SUR LES MÉTAUX DES MINÉRAUX TANTALIFÈRES. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. CXXXV, p. 168.)

La notice publiée par M. Blomstrand ne renferme qu'un résumé extrêmement concis d'un long travail entrepris par cet habile chimiste, qui sera prochainement publié en entier. Nous nous empressons de transcrire ici les résultats de ces importantes recherches.

Il n'existe, comme H. Rose l'a annoncé, que deux métaux distincts dans les minéraux tantalifères, savoir, le tantale et le niobium.

Il n'existe que deux acides correspondant à ces métaux, l'acide tantalique  $TaO_2$  et l'acide niobique  $NbO_2$ .

On ne peut admettre l'existence ni d'un acide hyponiobique, ni de l'acide dianique de M. de Kobell, ni d'un acide euxénitique (supposé par M. Nordenskiöld), ni des acides ilméniques de M. Hermann<sup>1</sup>.

Le chlorure blanc, ou chlorure hyponiobique de Rose, est un oxychlorure de niobium, probablement  $Nb^4Cl^5O^3$ . L'interprétation erronée de ce savant sur la composition de ce chlorure, a causé son erreur sur la constitution des acides du niobium.

<sup>1</sup> M. Hermann avait déjà lui-même reconnu que ses acides ilméniques et ilméneux n'étaient que des combinaisons oxygénées du niobium. (*Journal für prakt. Chemie*, LXVIII, 71.) (Rééd.)

L'acide hyponiobique de Rose est le véritable acide niobique, et ne diffère pas, dans l'état de pureté, de l'acide dianique de M. de Kobell. Mais le plus souvent on l'a obtenu plus ou moins mélangé d'acide tantalique.

L'acide niobique de Rose n'était aussi que l'acide niobique mélangé avec une plus grande quantité d'acide tantalique.

L'équivalent du niobium est d'environ 40, mais ce nombre n'est pas encore fixé avec une entière certitude.

Il n'y a pas de limite absolue entre les tantalites et les columbites; tous ces minéraux paraissent représentés par une même formule générale  $\text{TiO}_2, \text{Nb}_2\text{O}_5$ . Entre les termes extrêmes, représentés par les tantalites de Kimito et les niobites du Groënland, se trouvent diverses variétés intermédiaires où les deux acides se remplacent réciproquement.

On observe un remplacement analogue dans les yttrotalantites et les yttroniobites.

*Observations sur ce Mémoire.* — Les résultats obtenus par M. Blomstrand s'accordent, comme on le voit, exactement avec ceux auxquels je suis moi-même parvenu, un seul point nous sépare encore. M. Blomstrand conserve, pour les acides du tantale et du niobium, les formules que j'ai cru devoir rejeter comme incompatibles avec tout l'ensemble de mon travail sur les fluorures doubles de ces métaux. Quand son Mémoire sera publié en entier, on pourra juger s'il considère ces formules comme justifiées par ses propres expériences, où s'il s'est borné à conserver celles qu'avait admises H. Rose.

La notice publiée par M. Blomstrand a paru dans le cahier d'août des *Annalen der Chemie und Pharmacie*. Mon Mémoire était entièrement imprimé lorsque j'en ai eu connaissance, en sorte que je n'ai pu y mentionner ces importants résultats.

Il est vrai que l'auteur annonce qu'il les avait déjà en grande partie communiqués lors de la réunion des naturalistes à Stockholm, en juin 1865, et qu'il les avait publiés dans les Mémoires de cette Société. On comprendra sans doute que cette publication

me fût restée inconnue. Elle n'en assure pas moins incontestablement la priorité à ce savant chimiste pour la découverte des faits sur lesquels nous nous sommes rencontrés.

Non-seulement je ne songe point à contester cette priorité, mais je n'en éprouve aucun regret. Sans connaître encore, autrement que par ses conclusions, le travail de M. Blomstrand, je crois être assuré que nous avons suivi des méthodes d'investigation entièrement différentes, en sorte que l'identité de nos conclusions ne s'en trouvera que mieux établie, et que ces deux séries de recherches parallèles, dirigées vers le même but et aboutissant au même résultat, sans se confondre nullement, conserveront toutes les deux leurs mérites respectifs, et concourront également à éclaircir l'histoire des combinaisons du niobium et du tantalé. Ce n'est pas trop de ce double concours pour lever tous les doutes sur une question aussi difficile, surtout lorsqu'il s'agit de modifier profondément une théorie établie par un savant aussi éminent que H. Rose. C. M.

---

### MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

ANG. SISMONDA. GNEISS CON IMPRORITA..... GNEISS AVEC UNE EMPREINTE D'ÉQUISETUM. (*Mém. della Reale Acad. delle Sc. di Torino*, vol. XXIII, série 2<sup>e</sup>. — *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Paris*, 1865, t. LX, p. 492.)

On sait combien l'idée théorique du métamorphisme des roches a occasionné de longs débats. Depuis Hutton, presque tous les géologues s'en sont occupés, et un grand nombre d'entre eux ont soutenu que les roches cristallines et d'autres encore (les gypses, les dolomies, etc.) provenaient de la transformation de certaines roches de sédiments, modifiées par une action plus ou moins connue. On pourrait facilement donner les noms des nombreux savants qui ont adopté cette théorie, il serait plus difficile d'indiquer des preuves positives à l'appui de cette idée. Quoi qu'il

en soit, on en a fait une large application aux pays de montagnes en général et aux Alpes en particulier. On comprend que, pour étayer cette théorie, on aurait un grand intérêt à trouver des traces d'êtres organisés dans les roches cristallines ; un seul fait de cette nature, bien constaté, aurait une immense portée. C'est à ce point de vue que M. Sismonda attache une grande importance à l'observation qu'il a faite. Il a trouvé à Rezzaga près Canza, dans la Brianza, sur un fragment de gneiss tiré d'un bloc erratique venant de la Valteline, une trace d'être organisé qui ressemble à une plante. Au premier coup d'œil, M. Sismonda a pris cette forme pour une dendrite, mais il s'est assuré que la matière était combustible à la manière du charbon. « J'observai de nouveau l'empreinte, dit-il, en m'aidant cette fois d'une loupe, et je pus ainsi discerner un système de folioles rangées et ordonnées autour d'un point. Les rayons sont linéaires, légèrement renflés, parcourus dans leur milieu par un sillon distinct, et ont le bord probablement entier, mais en apparence entaillé et comme dentelé par l'effet des inégalités de la surface de la roche. » M. Sismonda a joint à son mémoire une photographie qui représente très-bien cette plante. Il l'a soumise à l'examen de MM. E. Sismonda, Bellardi, Gras et Parlatore, puis, en dernier lieu, à M. Ad. Brongniart, qui l'a rapportée à une espèce très-analogue à l'*Equisetum infundibuliforme* des terrains houillers, dont elle diffère cependant assez pour mériter de recevoir un nom spécifique différent, *Equisetum Sismonda*, et pour pouvoir appartenir aussi bien à un *Equisetum* de l'époque triasique qu'à une espèce d'une époque plus ancienne. M. Sismonda voit dans cette empreinte végétale une preuve péremptoire de l'origine métamorphique du gneiss fondamental des Alpes. Le célèbre professeur de Turin y voit aussi un élément nouveau pour la discussion relative à l'âge géologique des impressions végétales que renferme le terrain anthracifère des Alpes occidentales, et il termine par les lignes suivantes :

« Il n'est pas nécessaire de reprendre actuellement cette dis-

cussion compliquée, mais il importe de faire observer que dorénavant on ne peut révoquer en doute que le terrain carbonifère entre dans la composition du groupe infraliasique. » On sait que, contrairement à l'opinion de tous les géologues, M. Sismonda range dans le groupe infraliasique tous les terrains des Alpes inférieurs au lias, jusque et y compris les roches cristallines. « Ce terrain étant renfermé dans le groupe infraliasique, continue M. Sismonda, le terrain anthracifère qui se trouve au-dessus devra être jugé exclusivement d'après les fossiles animaux qui s'y trouvent. L'importance scientifique des plantes n'en est pas diminuée, mais elle change de nature. Au lieu de révéler une époque géologique déterminée, les plantes prouvent, dans ce cas spécial, que, nonobstant les catastrophes survenues depuis la période carbonifère, les conditions climatiques propices à leur existence et à leur propagation se sont perpétuées dans quelques localités. Faisons des Alpes une île léchée par un grand courant, comme le *gulfstream*, et nos assertions prendront place parmi les vérités. »

Pour ma part, je me range à l'avis du savant professeur de Turin, en ce sens que je pense qu'il n'est pas nécessaire de reprendre la discussion relative au terrain houiller des Alpes, dont la présence, si bien démontrée par les travaux modernes, n'est plus mise en doute. Quant à l'empreinte de la plante trouvée à la surface ou dans le gneiss, je crois qu'on ne peut admettre qu'elle soit la trace d'un végétal ayant vécu antérieurement à la formation de la roche cristalline de la Valteline. Il me paraît impossible qu'une plante ait vécu et ait été enfermée dans une roche de sédiment; puis, que cette roche ait été soumise à une action telle que ses éléments se soient groupés sous forme de quartz, de feldspath et de mica, plus ou moins cristallisés, pour former du gneiss, et que l'organisation si délicate de la plante n'ait pas subi la moindre altération.

A. F.

E. RENEVIER. NOTICES GÉOLOGIQUES ET PALÉONTOLOGIQUES SUR LES ALPES VAUDOISES. II. MASSIF DE L'OLDENHORN ET COL DE PILLON. (*Bullet. Soc. vaudoise des Sc. nat.* 1865, t. VIII, p. 275.)

Le massif de l'Oldenhorn est situé à l'extrémité nord-est du massif des Diablerets, à l'ouest du passage du Sanetsch, au sud du passage du Pillon et à la limite des cantons de Vaud, de Berne et de Valais. Sa plus grande longueur est de 11 kilomètres et sa largeur de 6 kilomètres. Son élévation compense les autres dimensions, car il atteint 5,124 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le beau glacier de Sanfleuron en occupe une partie.

L'Oldenhorn appartient à la grande zone crétacée et nummulitique, qui est largement développée en Savoie et dans les Alpes bernoises. La structure de cette montagne est assez compliquée parce qu'elle porte dans son flanc plusieurs vallons et plusieurs crêtes, ou des alternances d'axes synclinaux et d'axes anticlinaux. Mais cette structure étant reconnue, on y trouve de l'analogie avec celle du Jura.

On voit dans ce massif un singulier assemblage de terrains; le plus récent est le terrain nummulitique, qui se compose des couches suivantes, du haut en bas :

- 1° Schiste feuilleté gris sans fossiles;
- 2° Calcaire compacte gris, ressemblant au calcaire urgonien;
- 3° Grès quartzeux dur, de couleur variée;
- 4° Calcaire marneux, brunâtre, pétri de fossiles bien conservés. M. Renévier les a recueillis dans diverses localités sur lesquelles il nous donne des détails. Les principaux sont les suivants : *Chemnitzia costellata*, d'Orb.; *C. lactea*, d'Orb.; *C. semidecussata*, d'Orb.; *Natica augustata*, *N. Picteti*, *N. Studeri*, *Cerithium diaboli*, *C. plicatum*, *C. elegans*, *Cyrena*, *Cardium*, *Nummulites*, etc.

Le terrain urgonien supporte immédiatement le terrain num-

mulitique, et on constate avec étonnement que les étages céno-manien, albien, aptien et rhodanien, qui se trouvent dans les montagnes suisses, manquent dans ce massif. Le terrain urgonien y joue un grand rôle, il constitue le corps et les crêtes de la montagne, et renferme quelques fossiles qui le déterminent nettement.

Le terrain néocomien se montre dans les fractures du terrain urgonien, les fossiles y sont peu nombreux et mal conservés. Il ne se voit pas dans les parties basses du massif; celles-ci sont formées par le trias contre lequel viennent butter les terrains supérieurs que nous venons d'énumérer et qui en sont séparés par une faille remarquable, qui se continue sur une grande longueur à la base de la chaîne à laquelle appartient l'Oldenhorn. L'absence complète des étages du terrain jurassique constitue une lacune aussi remarquable dans la série des terrains que celle que nous avons signalée à propos des étages crétacés. Le trias est composé de roches argileuses, de gypse et de trois bandes de cargneule, qui sont, à ce qu'il paraît, les affleurements d'une même couche. On sait que cette roche se rencontre souvent dans ce terrain dans le reste des Alpes. M. Renevier la nomme cargneule, cependant le premier des deux noms est plus connu, quoiqu'étant récent. Déjà en 1844, il était inscrit dans l'ouvrage *des Roches considérées minéralogiquement*, de M. Omalius d'Halloy, et c'est pour cette raison qu'il nous paraît convenable de le conserver. Cette étude de M. Renevier nous fait clairement connaître le terrain auquel elle est consacrée; nous désirerions en voir de semblables sur chacune des grandes montagnes de la Suisse.

---



# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

• PENDANT LE MOIS DE JUILLET 1865.

---

- Le 3, halo solaire partiel de 2 h. à 3 h. 30 m. ; couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.
- 6 et le 7, faible rosée le matin.
- 8, couronne solaire entre 4 et 5 h. de l'après-midi. le soir, depuis 9 h., éclairs à l'horizon Nord et Est.
- 9, succession d'orages avec éclairs et tonnerres pendant toute la journée. depuis  $9\frac{1}{2}$  h. du matin jusque tard dans la soirée : les deux premiers viennent de la direction SO, et SSO, et atteignent leur plus grande intensité l'un à  $10\frac{1}{2}$  h. du matin, l'autre à  $1\frac{1}{2}$  h. de l'après-midi. Le suivant éclate à  $2\frac{1}{4}$  h. en suivant la direction de l'Ouest au Nord-Est. Plus tard, à 3 h. et depuis 6 h. du soir, tonnerres presque continuels.
- 11, forte rosée, halo solaire de midi à 3 h.
- 13 et 14, rosée ; le 14, dans la soirée, éclairs.
- 15, dans la soirée, éclairs du côté du Nord.
- 16 et 17, rosée le matin. Dans la soirée éclairs du côté du Nord.
- 19, éclairs depuis 8 h. du soir : on entend le tonnerre du côté de l'Est de  $8\frac{1}{4}$  h. à  $8\frac{3}{4}$  h.
- 20, éclairs au Nord toute la soirée.
- 21, de  $11\frac{3}{4}$  h. à midi  $\frac{1}{4}$  quelques coups de tonnerre.
- 23, rosée.
- 27, toute la soirée, éclairs du côté de l'Est.
- 28, de 1 h. 10 m. à 1 h. 35 m. après-midi quelques coups de tonnerres du côté de l'Ouest.
- 30, rosée.
- 31, de midi  $\frac{3}{4}$  à  $1\frac{1}{2}$  h. faible halo solaire : éclairs et tonnerres de 6 h. 30 m. à 6 h. 45 m. ; l'orage suit la direction du Sud au Nord. Un second orage éclate plus tard dans la soirée ; tonnerres de 8 h. 25 m. à 9 h. 45 m. ; même direction du Sud au Nord ; plus grande intensité de 9 h. à 9 h. 20 m.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 2, à midi . . . . .	731,23	Le 3, à 6 h. soir . . .	728,33
5, à 8 h. matin . . .	731,72	6, à 6 h. soir . . .	726,38
9, à 6 h. matin . . .	729,55	11, à 8 h. matin . . .	725,30
13, à 8 h. matin . . .	732,25	20, à 6 h. soir . . . .	721,17
25, à 10 h. soir. . . .	731,59	27, à 4 et 6 h. soir.	727,21
29, à 10 h. matin . . .	730,55	31, à 6 h. soir . . . .	721,70

---

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Tension de la vap.			Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige.		Vent domi-nant.	Charié moy. de Crcl.	Temp. du Rhône.		Linnimètre à midi.
	Hauteur moy. des 24 h.	Ecart avec la hauteur normale.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Ecart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Ecart avec la fraction norm.	Mini-mum.	Maxi-mum.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nombre.	Midi.			Ecart avec la temp. normale.		
1	722,16	-5,26	+13,73	-4,35	+10,7	+18,1	8,62	-1,77	750	+57	120	870	3,0	8	SSO.	2	0,98	7,5	-8,7	51,7
2	730,78	3,32	+14,00	-4,14	+11,8	+19,3	7,61	-2,81	661	-31	449	810	..	..	N.	1	0,41	7,5	..	52,0
3	729,80	2,30	+16,56	-1,61	+7,5	+24,0	7,98	-2,47	592	-99	320	910	..	..	N.	1	0,21	12,9	-3,5	52,5
4	729,22	+1,68	+18,62	+0,36	+10,7	+24,6	10,18	-0,30	635	-55	160	810	..	..	N.	1	0,01	15,8	-0,7	52,7
5	731,03	+3,16	+20,96	+2,65	+12,8	+28,5	10,45	-0,05	590	-99	309	840	..	..	N.	1	0,00	16,1	0,5	52,8
6	728,60	+0,99	+22,11	-3,75	+13,0	+29,9	12,08	+1,56	615	-73	130	820	..	..	N.	1	0,02	16,9	+0,2	52,7
7	727,58	+0,07	+21,82	+6,11	+17,3	+29,9	10,71	+0,17	485	-202	320	750	..	..	SSO.	2	0,19	19,1	+2,3	52,8
8	728,51	+0,86	+21,78	+6,33	+17,6	+31,1	10,96	+0,40	194	-192	290	680	..	..	SSO.	2	0,53	15,8	+1,1	52,7
9	728,83	+1,12	+18,47	-0,02	+17,0	+25,2	12,95	+2,37	845	+160	540	940	9,7	8	variable	..	0,87	..	..	53,5
10	727,76	+0,02	+16,78	-1,75	+14,0	+21,9	9,61	-0,99	707	+22	410	900	10,5	10	variable	..	0,61	14,3	-2,8	55,0
11	726,73	+1,04	+17,77	-0,79	+10,1	+23,0	9,33	-1,29	625	-59	430	900	..	..	SSO.	1	0,60	11,7	-2,5	56,5
12	729,31	+1,51	+15,76	-2,83	+12,6	+21,1	7,93	-2,71	620	-61	110	840	4,7	4	variable	..	0,53	12,9	-4,1	57,2
13	731,40	+3,57	+15,49	-3,13	+7,9	+21,3	7,66	-3,00	608	-76	350	910	..	..	N.	1	0,00	14,3	-3,1	57,3
14	729,75	+1,00	+19,37	+0,72	+9,8	+27,4	10,97	+0,30	651	-32	400	840	..	..	SSO.	1	0,00	15,8	-1,0	57,8
15	729,43	+1,56	+22,57	+3,89	+14,2	+29,9	12,56	+1,88	624	-59	410	850	..	..	variable	..	0,34	16,7	-0,8	58,0
16	729,61	+1,75	+23,40	+4,70	+15,3	+30,0	13,91	+3,22	651	-29	150	820	..	..	N.	1	0,18	..	..	58,0
17	727,47	-0,44	+23,79	-5,07	+16,1	+28,9	11,31	+3,61	619	-31	100	820	..	..	N.	1	0,10	10,8	+2,1	58,5
18	726,51	-1,39	+22,90	-4,17	+19,2	+27,0	13,86	+3,15	680	-3	169	790	..	..	N.	1	0,23	20,4	+2,5	58,7
19	723,29	+1,66	+23,43	+4,69	+16,0	+28,1	14,20	+3,18	664	-18	170	830	..	..	N.	1	0,34	21,3	+3,5	59,3
20	722,89	-5,08	+23,92	+5,17	+18,5	+29,6	12,27	+1,54	572	-110	360	720	..	..	N.	1	0,20	21,9	+1,0	61,2
21	722,58	-5,41	+18,79	-0,04	+14,3	+23,7	11,85	+1,11	751	+69	520	850	4,1	3	SSO.	2	0,78	17,6	-0,4	60,5
22	726,92	+1,08	+18,18	-0,37	+14,7	+23,3	8,29	-2,15	552	-130	350	740	..	..	SO.	1	0,37	14,8	-3,2	61,5
23	728,58	+0,57	+17,26	-1,49	+10,5	+23,5	10,85	-0,11	732	+50	510	880	0,6	2	variable	..	0,89	..	..	62,0
24	729,99	+1,97	+18,49	-0,25	+13,1	+24,6	11,53	+0,79	729	+47	530	920	..	..	NNO.	1	0,12	14,9	-3,1	62,5
25	730,77	+2,74	+19,25	+0,51	+11,0	+25,2	11,58	+0,83	677	+15	460	810	..	..	NNE.	1	0,77	17,1	-1,1	63,2
26	730,26	+2,22	+18,31	-0,39	+16,3	+25,2	13,51	+2,76	870	+187	690	910	1,2	5	N.	1	1,00	18,6	+3,4	63,5
27	728,06	+0,04	+20,99	+2,28	+17,1	+25,7	14,06	+3,31	756	+73	570	900	..	..	NNE.	2	0,64	19,3	+1,0	65,5
28	728,46	+0,12	+21,12	+2,73	+18,6	+27,7	13,72	+2,97	735	+51	530	880	..	..	N.	1	0,58	19,9	+1,5	66,5
29	729,78	+1,73	+21,21	-2,57	+15,1	+27,0	12,73	+1,98	686	+2	470	890	..	..	NNE.	1	0,32	20,4	+2,0	67,4
30	728,91	+0,86	+22,26	-3,61	+14,8	+29,4	11,37	+0,62	590	-95	330	750	..	..	N.	1	0,22	..	..	67,5
31	721,66	-3,39	+20,75	+2,13	+12,1	+30,2	10,86	+0,11	615	-71	280	890	14,6	7	SSO.	1	0,57	19,9	+1,1	68,0

## MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1865.

	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,	728,58	728,68	728,71	728,55	728,20	727,93	727,88	728,44	728,90
2 <sup>e</sup> »	728,36	728,50	728,23	727,78	727,19	726,67	726,35	726,72	727,07
3 <sup>e</sup> »	728,36	728,57	728,43	728,21	727,77	727,41	727,45	728,05	728,49
Mois	728,43	728,59	728,47	728,18	727,72	727,34	727,23	727,75	728,17

<b>Température.</b>									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade,	+15,34	+19,02	+20,46	+22,04	+23,15	+23,13	+22,30	+19,74	+18,60
2 <sup>e</sup> »	+16,06	+19,93	+21,71	+23,85	+25,34	+25,46	+25,06	+22,86	+20,55
3 <sup>e</sup> »	+16,41	+19,78	+21,70	+23,28	+23,71	+23,35	+22,47	+20,09	+18,16
Mois	+15,96	+19,58	+21,31	+23,07	+24,06	+23,96	+23,25	+20,87	+19,07

<b>Tension de la vapeur.</b>									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade,	10,35	10,54	9,68	10,04	9,88	9,96	10,13	10,66	10,24
2 <sup>e</sup> »	11,33	12,04	11,59	11,80	11,82	11,84	11,47	12,21	11,67
3 <sup>e</sup> »	11,81	12,30	12,23	11,95	11,56	11,53	11,70	12,02	11,97
Mois	11,19	11,65	11,20	11,29	11,10	11,12	11,12	11,64	11,32

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>									
1 <sup>re</sup> décade,	800	642	539	518	484	500	522	636	663
2 <sup>e</sup> »	825	686	593	527	481	476	471	574	647
3 <sup>e</sup> »	838	712	630	568	538	555	586	688	763
Mois	822	681	589	539	502	512	528	634	693

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnètre.
	°	°		°	mm	p.
1 <sup>re</sup> décade,	+13,24	+25,31	0,38	+14,80	23,2	52,81
2 <sup>e</sup> »	+14,00	+26,63	0,25	+17,52	4,7	58,17
3 <sup>e</sup> »	+14,60	+25,68	0,59	+18,06	20,5	64,36
Mois	+13,97	+25,87	0,41	+16,87	48,4	58,65

Dans ce mois, l'air a été calme 4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,87 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 75<sup>o</sup>,4 O. et son intensité est égale à 17,5 sur 100.

TABLEAU  
DES  
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1863.

Le 8, des éclairs à 10 h. du soir.

9, éclairs et tonnerres à 8 h. du soir.

16, vers les 7 heures du soir, quelques coups de tonnerre au SO.

18, vers les 2 heures du matin, éclairs, tonnerres et grêle.

21, depuis 11 heures à 3 heures, éclairs et tonnerres.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.	MINIMUM.
mm	mm
Le 6, à 10 h. matin .. 573,54	Le 7, à 8 h. matin .. 571,60
8, à 10 h. soir..... 573,17	12, à 6 h. matin .. 565,82
16, à 10 h. soir..... 573,93	21, à midi..... 565,61
24, à 10 h. soir..... 570,97	26, à 6 h. matin . 569 72
29, à 10 h. soir . . . 571,71	31, à 8 h. soir ... 566,74

SAINT-BERNARD. — JUILLET 1865.

Jours du mois.	Baromètre.				Température, C.				Pluie ou neige.				Vent dominant.	Carte moy. de Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum. <sup>1</sup>	Maximum. <sup>1</sup>	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
1	562,45	+ 5,12	560,17	564,84	+ 0,95	- 4,38	0	0,8	+ 3,7	mm	.....	SO.	1	0,91
2	568,15	+ 0,21	565,61	569,55	+ 0,06	- 5,33	- 1,5	1,5	+ 3,1	10	8,2	NE.	1	0,53
3	570,10	+ 2,10	569,12	570,56	+ 8,77	+ 3,32	+ 5,4	5,4	+ 13,0	.....	.....	NE.	1	0,21
4	579,68	+ 2,62	569,91	579,97	+ 8,97	+ 2,76	+ 6,0	6,0	+ 11,3	.....	.....	NE.	1	0,04
5	572,92	+ 4,81	572,24	573,51	+ 10,00	+ 1,43	+ 6,3	6,3	+ 13,4	.....	.....	NE.	1	0,00
6	572,45	+ 4,28	571,86	573,54	+ 11,87	+ 6,25	+ 8,1	8,1	+ 16,7	.....	.....	SO.	1	0,39
7	571,91	+ 3,69	571,60	572,72	+ 11,58	+ 5,91	+ 9,0	9,0	+ 14,9	.....	.....	SO.	1	0,40
8	572,80	+ 1,53	572,61	573,17	+ 12,81	+ 7,12	+ 10,8	10,8	+ 16,2	.....	.....	SO.	1	0,59
9	571,01	+ 2,69	569,38	572,60	+ 10,21	+ 4,44	+ 8,5	8,5	+ 14,1	.....	54,8	SO.	1	0,91
10	566,81	- 1,66	566,28	567,58	+ 3,08	- 2,74	+ 0,8	0,8	+ 7,2	.....	.....	NE.	2	0,79
11	567,06	- 1,36	566,77	567,48	+ 5,77	- 0,09	+ 0,2	0,2	+ 10,1	.....	.....	SO.	1	0,51
12	567,08	- 1,38	565,82	568,33	+ 0,51	- 5,39	+ 1,0	1,0	+ 3,0	.....	11,9	NE.	2	1,00
13	570,35	+ 1,85	568,41	571,51	+ 5,85	- 0,09	+ 2,1	2,1	+ 9,0	.....	.....	NE.	1	0,00
14	572,05	+ 3,51	571,35	572,81	+ 10,87	+ 4,89	+ 6,5	6,5	+ 15,1	.....	.....	SO.	1	0,12
15	574,12	+ 4,54	572,69	573,51	+ 12,42	+ 6,40	+ 9,4	9,4	+ 15,7	.....	.....	NE.	1	0,26
16	573,63	+ 5,01	573,46	573,93	+ 13,34	+ 7,29	+ 10,0	10,0	+ 16,9	.....	.....	NE.	1	0,11
17	572,25	+ 3,60	571,69	573,12	+ 14,17	+ 8,09	+ 10,5	10,5	+ 17,3	.....	.....	NE.	1	0,38
18	569,93	+ 1,95	569,53	570,47	+ 10,31	+ 4,20	+ 6,7	6,7	+ 13,7	.....	25,0	NE.	1	0,67
19	568,63	- 0,08	568,26	569,01	+ 10,63	+ 4,50	+ 8,7	8,7	+ 13,4	.....	.....	SO.	2	0,76
20	569,09	+ 0,36	568,64	569,96	+ 11,02	+ 4,87	+ 9,0	9,0	+ 13,6	.....	.....	SO.	2	0,73
21	566,55	- 2,20	565,61	568,12	+ 6,12	- 0,05	+ 4,3	4,3	+ 10,8	.....	18,5	SO.	2	0,90
22	567,10	+ 1,67	565,96	568,38	+ 5,53	- 0,66	+ 4,4	4,4	+ 11,5	.....	5,3	NE.	1	0,77
23	569,48	+ 0,69	568,50	570,09	+ 6,67	- 0,47	+ 3,6	3,6	+ 11,3	.....	.....	NE.	1	0,79
24	570,21	+ 1,10	569,24	570,97	+ 5,40	- 0,81	+ 1,7	1,7	+ 7,2	.....	5,3	NE.	1	1,00
25	570,43	+ 1,60	570,06	570,61	+ 5,30	- 0,92	+ 5,0	5,0	+ 6,6	.....	.....	NE.	2	1,00
26	570,22	+ 1,38	569,72	570,61	+ 5,25	- 0,98	+ 5,0	5,0	+ 6,4	.....	4,0	NE.	1	1,00
27	570,11	+ 1,26	569,87	570,32	+ 7,85	- 1,62	+ 3,8	3,8	+ 11,5	.....	3,7	NE.	1	0,87
28	570,31	+ 1,45	569,90	570,91	+ 7,47	- 1,24	+ 6,7	6,7	+ 10,8	.....	1,9	NE.	1	0,98
29	571,18	+ 2,32	570,46	571,71	+ 7,96	- 1,73	+ 5,2	5,2	+ 11,0	.....	.....	NE.	1	0,58
30	571,02	+ 2,15	570,80	571,36	+ 9,93	- 3,70	+ 7,9	7,9	+ 11,2	.....	.....	NE.	1	0,40
31	567,99	- 0,88	566,74	569,26	+ 9,45	- 3,23	+ 6,9	6,9	+ 13,3	.....	.....	SO.	1	0,57

<sup>1</sup> Les chiffres pondérés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètres étant hors du service.

# MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1865.

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

## Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade,	569,40	569,57	569,79	569,94	569,98	569,87	570,04	570,33	570,53
2 <sup>e</sup> »	569,97	570,21	570,37	570,27	570,26	570,32	570,29	570,63	570,74
3 <sup>e</sup> »	569,29	569,48	569,55	569,52	569,47	569,40	569,45	569,73	569,81
Mois	569,54	569,75	569,89	569,90	569,89	569,82	569,91	570,22	570,34

## Température

1 <sup>re</sup> décade,	+ 6,13	+ 7,55	+ 9,78	+ 9,73	+ 10,46	+ 10,02	+ 8,81	+ 6,99	+ 6,65
2 <sup>e</sup> »	+ 6,19	+ 9,00	+ 11,16	+ 12,22	+ 12,44	+ 11,76	+ 10,76	+ 9,28	+ 8,83
3 <sup>e</sup> »	+ 6,02	+ 7,73	+ 8,95	+ 9,35	+ 8,81	+ 7,92	+ 7,38	+ 6,61	+ 6,41
Mois	+ 6,11	+ 8,08	+ 9,93	+ 10,40	+ 10,52	+ 9,84	+ 8,93	+ 7,59	+ 7,27

	Min. observé. <sup>†</sup>	Max. observé. <sup>†</sup>	Clarté moy. du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade,	+ 5,29	+ 11,36	0,48	63,0	10
2 <sup>e</sup> »	+ 5,79	+ 12,78	0,48	36,9	—
3 <sup>e</sup> »	+ 5,41	+ 10,02	0,80	38,7	—
Mois	+ 5,49	+ 11,34	0,60	138,6	10

Dans ce mois, l'air a été calme 18 fois sur 100.

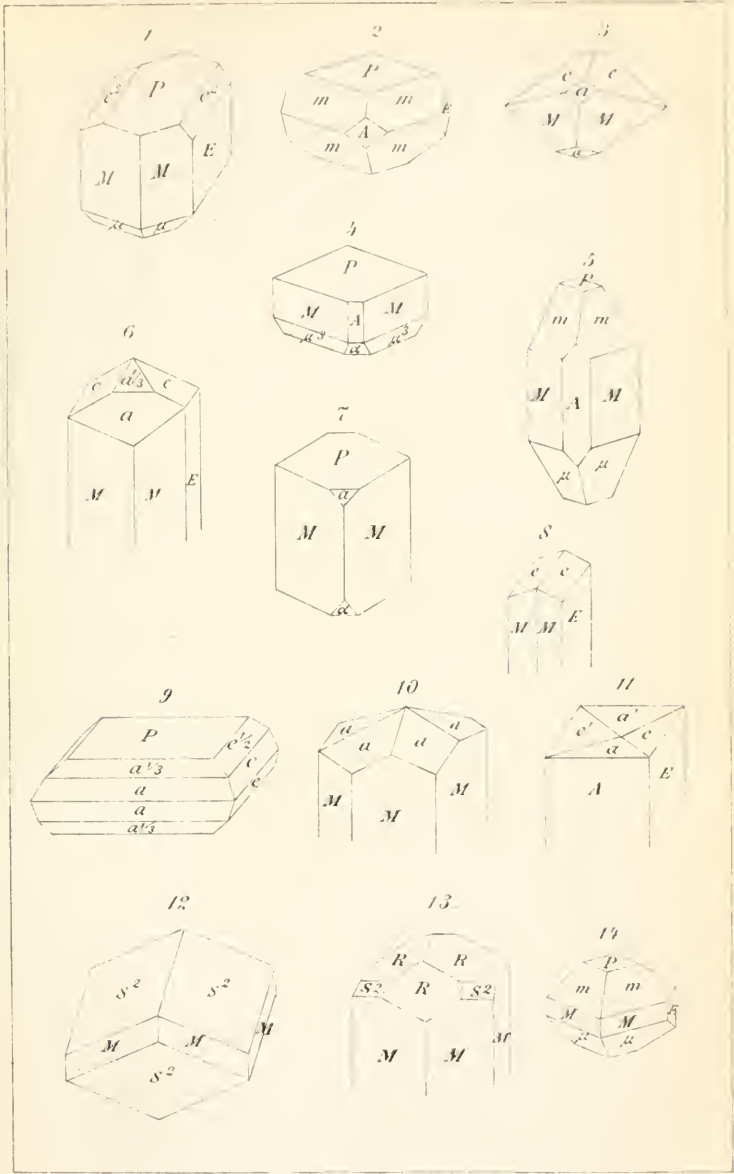
Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,44 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 18 sur 100.

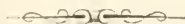
<sup>†</sup> Voir la note du tableau.











## TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXIII (NOUVELLE PÉRIODE)

1865. — Nos 89 à 92.

	Page
Recherches sur la composition des molybdates alcalins, par M. <i>Marc Delafontaine</i> . . . . .	5
Du rôle du soufre dans la pile voltaïque, par M. <i>Matteucci</i> . . . . .	26
Sur la double réfraction de la lumière dans les lames vibrantes, par M. <i>A. Kundt</i> . . . . .	29
Des propriétés physiques des corps dans l'état gazeux et l'état liquide, par M. <i>J.-A. Groshans</i> . . . . .	73
De la température des couches terrestres au-dessous du sol, par M. <i>Becquerel père</i> . . . . .	88
Sur les ellipsoïdes d'efflorescence des cristaux hydratés (analyse), par M. <i>Carl Pape</i> . . . . .	103
Les découvertes spectroscopiques dans leurs rapports avec la recherche de la nature des corps célestes, par le P. <i>Angelo Secchi</i> . . . . .	145
Recherches sur les combinaisons du niobium, par M. <i>C. Marignac</i> . . . . .	167, 249
De l'écoulement des corps solides soumis à de fortes pressions, par M. <i>H. Tresca</i> . . . . .	183
Théorie de l'angle unique en phyllotaxie, par M. <i>C. de Candolle</i> . . . . .	199

Résumé météorologique de l'année 1864 pour Genève et le Grand Saint-Bernard, par M. le professeur <i>E. Plantamour</i> . . . . .	283
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

---

## BULLETIN SCIENTIFIQUE

### PHYSIQUE.

<i>F. Castracane degli Antelminelli</i> . Sur l'emploi de la lumière monochromatique dans les recherches microscopiques. . . . .	46
<i>H. Valérius</i> . Sur les vibrations de fils de verre attachés par une de leurs extrémités à un corps vibrant et libres à l'autre. . . . .	47
<i>H. Valérius</i> . Sur un nouveau chronoscope électrique à cylindre tournant, fondé sur l'emploi du diapason . . . .	49
<i>Lermoyez</i> . Sur les phénomènes qui ont précédé et accompagné l'orage du 7 mai 1865 . . . . .	108
Effet extraordinaire de la chute de la foudre . . . . .	110
<i>J. Thomson</i> . La batterie de polarisation, nouvel appareil pour la production continue de courants à haute tension au moyen d'un seul élément . . . . .	112
<i>L. Dufour</i> . Note sur un coup de foudre . . . . .	215
<i>Ch. Dufour</i> . Note sur le brouillard sec de juillet 1865 . . .	217
<i>Feussner</i> . Sur l'absorption de la lumière à des températures différentes . . . . .	219
<i>Balfour Stewart</i> et <i>P.-G. Tait</i> . Note préliminaire sur le rayonnement provenant d'un disque soumis à un mouvement de rotation . . . . .	221

### CHIMIE.

<i>H. Kopp</i> . Recherches sur la chaleur spécifique des corps solides et liquides . . . . .	51
<i>Dr G. Winkler</i> . Contributions à l'histoire de l'indium . . . .	59
<i>M. Heberling</i> . Contributions à la connaissance analytique du thallium . . . . .	115

	Page
<i>M. Lorin.</i> Mode de réduction dans les liqueurs neutres . . .	115
<i>Dr Blondlot.</i> Recherches sur le phosphore noir . . . . .	116
<i>D. Gernez.</i> Sur la cristallisation des dissolutions salines sursaturées et sur la présence normale du sulfate de soude dans l'air . . . . .	117
<i>H. Debray.</i> Sur les chlorures de tungstène . . . . .	119
<i>H. Ste-Claire Deville et L. Troost.</i> Recherches critiques sur la constitution des composés du niobium . . . . .	222
<i>C.-W. Blomstrand.</i> Sur les métaux des minéraux tantali- fères . . . . .	326

MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

<i>Louis Lartet.</i> Sur la formation du bassin de la mer Morte ou lac asphaltite et sur les changements survenus dans le niveau de ce lac . . . . .	223
<i>Ed. Dupont.</i> Terrains quaternaires de la Belgique. Obser- vation sur les terrains quaternaires des environs de Dinant, province de Namur . . . . .	226
<i>Louis Pillet.</i> Cartes géologiques . . . . .	227
<i>F. Sandberger.</i> Résultats des observations géologiques faites dans le grand-duché de Bade et en Franconie . . .	229
<i>F. Stoliczka.</i> Sur les caractères de la faune des cépha- loportes des roches crétacées de l'Inde méridionale . . .	250
<i>Ang. Sismonda.</i> Gneiss avec une empreinte d'Équisetum .	328
<i>E. Renevier.</i> Notices géologiques et paléontologiques sur les Alpes vaudoises. II. Massif de l'Oldenhorn et Col de Pillon . . . . .	351

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

<i>M. Sars.</i> Observations géologiques et zoologiques faites pendant un voyage dans une partie de la province de Trøndhjem . . . . .	61
<i>Le même.</i> Sur une nouvelle Brachiolaire . . . . .	61
<i>Prof. Claus.</i> Sur quelques Schizopodes et Malacostracés inférieurs de Messine . . . . .	63
<i>Prof. M. Sars.</i> Sur le genre Thyseucope et ses espèces norwégiennes . . . . .	63

	Page
Prof. <i>Allman</i> . Sur l'établissement et la délimitation des genres parmi les Hydroïdes . . . . .	64
Prof. <i>Kœlliker</i> . Rapport sur des observations d'anatomie comparée faites sur la côte d'Écosse pendant l'automne 1864 . . . . .	66
Prof. <i>Gegenbaur</i> . Sur la formation du tissu osseux . . . . .	67
<i>G.-O. Sars</i> . Sur un groupe anormal d'Isopodes . . . . .	68
Dr <i>Bence Jones</i> . Sur la rapidité du passage de certaines substances cristalloïdes dans les tissus vasculaires et non vasculaires du corps . . . . .	125
Dr <i>Ernst Ehlers</i> . Les Annélides chétopodes d'après des recherches systématiques et anatomiques . . . . .	125
Prof. <i>Wedl</i> . Sur un champignon qui se développe dans l'ivoire et les os . . . . .	251
Prof. <i>Max Schultze</i> . Sur la structure des organes lumineux chez les mâles de <i>Lampyris splendidula</i> . . . . .	252

## BOTANIQUE.

<i>Charles Darwin</i> . Sur les rapports sexuels entre les trois formes du <i>Lythrum salicaria</i> . . . . .	69
<i>Max Wichura</i> . L'hybridisation dans le règne végétal étudiée sur les saules . . . . .	129
<i>Thwaites</i> . Sur la flore de l'île de Ceylan . . . . .	154
<i>J. Hanstein</i> . Les vaisseaux du latex et les organes analogues de l'écorce . . . . .	255
Dr <i>Ang. Vogel</i> . Sur la matière intercellulaire et les vaisseaux du latex dans la racine de la dent de lion ( <i>Tararacum officinale</i> Wigg) . . . . .	259
Observations faites pendant le mois d'avril 1865 . . . . .	75
<i>Idem.</i> pendant le mois de mai . . . . .	157
<i>Idem.</i> pendant le mois de juin . . . . .	241
<i>Idem.</i> pendant le mois de juillet . . . . .	353



1875

1875-1876

1



New York Botanical Garden Library



3 5185 00258 9693

