

# ANNALES SCIENTIFIQUES DE L'É.N.S.

E. MASCART

## Recherches sur la détermination des longueurs d'ondes

*Annales scientifiques de l'É.N.S. 1<sup>re</sup> série*, tome 4 (1867), p. 7-36

[http://www.numdam.org/item?id=ASENS\\_1867\\_1\\_4\\_\\_7\\_0](http://www.numdam.org/item?id=ASENS_1867_1_4__7_0)

© Gauthier-Villars (Éditions scientifiques et médicales Elsevier), 1867, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Annales scientifiques de l'É.N.S. » (<http://www.elsevier.com/locate/ansens>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques  
<http://www.numdam.org/>

ANNALES  
SCIENTIFIQUES  
DE  
L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE.

---

RECHERCHES  
SUR LA  
DÉTERMINATION DES LONGUEURS D'ONDE,

PAR M. E. MASCART,  
PROFESSEUR DE PHYSIQUE AU LYCÉE NAPOLÉON.

---

(Ce Mémoire a remporté le Prix Bordin au concours de 1866.)

---

Dans un Mémoire précédent (\*) j'ai déterminé les longueurs d'onde des raies obscures du spectre solaire et de quelques raies brillantes métalliques; j'ai employé pour cela un réseau sur verre qui présentait certaines irrégularités non encore observées, et, pour que les résultats ne fussent pas altérés par cette cause d'erreur, j'ai déterminé expérimentalement la loi suivant laquelle se produisaient les spectres dissymétriques qui ont servi à effectuer les mesures. Toutefois cette imperfection du réseau a pu laisser des doutes dans l'esprit des physiciens sur les nombres que j'en ai déduits; j'ai donc cherché à reprendre ces expériences avec d'autres réseaux qui n'eussent pas les mêmes défauts. La concordance des résultats obtenus avec ces instruments différents

---

(\*) *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, t. I<sup>er</sup>; 1864.

me paraît devoir inspirer toute confiance, et justifie en même temps la méthode que j'avais employée dans mon premier Mémoire.

En outre, j'ai voulu augmenter la liste des rayons soumis à l'expérience directe; j'ai choisi pour cela un certain nombre de raies brillantes artificielles, disséminées dans toute l'étendue du spectre lumineux et du spectre ultra-violet. J'ai défini ces raies par leur indice de réfraction ordinaire dans le spath d'Islande, substance que l'on peut toujours se procurer dans le même état physique. Il résulte de là que si l'on a intérêt à connaître la longueur d'onde d'un rayon déterminé, il suffira de déterminer l'indice de réfraction ordinaire de ce rayon dans le spath d'Islande; on pourra alors, à l'aide d'une formule d'interpolation ou par la construction d'une courbe, évaluer la longueur d'onde cherchée avec une approximation aussi grande que si l'on avait à sa disposition un réseau excellent, ce qui sera toujours très-rare.

J'ai indiqué déjà les précautions à prendre quand on veut déterminer les longueurs d'onde avec un réseau, en observant les spectres diffractés par la lumière qui a traversé les mailles du réseau. Quand il s'agit de rayons ultra-violet plus réfrangibles encore que ceux que donne la lumière solaire, les réseaux sur verre ont un nouvel inconvénient, c'est d'absorber ces rayons ultra-violet avec une grande énergie; il faut alors recourir aux spectres diffractés par réflexion. Si les intervalles opaques du réseau jouissent d'un pouvoir réflecteur sensible, la lumière réfléchie sur ces petites lames miroitantes peut donner lieu à des spectres diffractés tout semblables à ceux que l'on observe par transmission.

Soient encore AB (*fig. 1, Pl. I*) le plan du réseau, I et I' deux points homologues de deux intervalles opaques voisins, SI et S'I' deux rayons incidents parallèles,  $i$  l'angle d'incidence, et  $r$  l'angle que font avec la normale les rayons diffractés correspondant à une différence de marche égale à  $m\lambda$ ,  $\varepsilon$  la somme II' d'une ouverture et d'une partie opaque, on aura

$$(1) \quad m\lambda = IQ - I'P = \varepsilon(\sin r - \sin i).$$

En appelant D l'angle que fait le rayon diffracté IR avec le prolongement IS du rayon incident, on a

$$r = \pi - D - i, \quad \sin r = \sin(D + i);$$

par suite,

$$m\lambda = \varepsilon [\sin(D + i) - \sin i] = 2\varepsilon \sin \frac{D}{2} \cos \left( i + \frac{D}{2} \right).$$

On ne rencontre plus ici de minimum de déviation.

Pour trouver la distance de la source virtuelle des rayons diffractés, quand les rayons incidents ne sont pas parallèles, soient encore S la source de lumière (*fig. 2*), S' la source virtuelle après la diffraction,  $i$  et  $r$  les angles de la normale au réseau avec le rayon incident SI et le rayon diffracté IR; en appelant  $di$  et  $dr$  les variations des angles  $i$  et  $r$  quand on passe du rayon SIR au rayon S'I'R', D et D' les distances au réseau de la source réelle et de la source virtuelle, les deux triangles SII' et S'II' donnent les relations

$$\frac{D}{\varepsilon} = \frac{\cos i}{di},$$

$$\frac{D'}{\varepsilon} = \frac{\cos r}{dr}.$$

En différentiant l'équation (1), on obtient

$$\cos r \cdot dr = \cos i \cdot di,$$

d'où

$$\frac{D'}{D} = \frac{\cos r}{\cos i} \cdot \frac{dr}{di} = \frac{\cos^2 r}{\cos^2 i}.$$

et enfin

$$D' = D \frac{\cos^2 r}{\cos^2 i}.$$

Comme l'angle  $r$  n'est égal à  $i$  que pour la réflexion régulière, on voit que  $D'$  n'est jamais égal à  $D$ . Si l'on envisage les spectres de diffraction plus déviés que le rayon réfléchi régulièrement, alors  $r < i$ , et  $D' > D$ ; la source virtuelle est donc éloignée du réseau par la diffraction. Quand  $r > i$ , c'est-à-dire pour les spectres situés de l'autre côté du rayon réfléchi,  $D' < D$ , la source virtuelle est rapprochée.

La formule qui donne la longueur d'onde est alors

$$\lambda = \varepsilon \frac{2}{m} \cdot \sin \frac{D}{2} \cos \left( i + \frac{D}{2} \right).$$

Cette méthode, comme on le prévoit facilement, n'est pas susceptible de la même précision que la première. Il faut mesurer deux angles  $i$  et  $D$  au lieu d'un seul, ou bien s'astreindre à placer le réseau normalement; la formule devient alors

$$\lambda = \varepsilon \cdot \frac{\sin D}{m},$$

et c'est dans ce cas simple que je me suis placé. Mais, si le réseau est un peu dissymétrique, ce qui a presque toujours lieu, on ne peut faire qu'une observation pour chaque raie, et, comme la source virtuelle n'est pas à la même distance que la source réelle, il faut à chaque instant changer le point de la lunette, ce qui peut causer un déplacement de l'axe optique. Sans doute l'expérience a montré que l'axe optique de la lunette était sensiblement parallèle à l'axe géométrique; mais on n'est jamais à l'abri de déplacements accidentels. En outre, il s'agissait de rayons ultra-violetts dont l'observation par la photographie est longue et pénible, le degré d'approximation des nombres ainsi obtenus sera donc plus faible que pour les rayons lumineux.

### *Étude des réseaux.*

J'ai eu à ma disposition six réseaux tracés sur verre au diamant, et tous construits par Nobert. Je désignerai par le n° 1 celui qui m'a servi pour mes premières expériences, et qui appartient maintenant au cabinet de Physique de l'École Normale.

L'Association Scientifique, sur l'avis de la Commission de Physique, m'a autorisé à faire l'acquisition d'un autre réseau plus fin que le précédent et divisé sur une plus grande largeur. Ce réseau porte le chiffre 3601, qui indique le nombre des traits; je le désignerai par le n° 2.

Enfin, M. Verdet et M. Jamin ont acheté, sur ma demande, pour le cabinet de l'École Polytechnique, quatre réseaux dont les pouvoirs dispersifs sont très-différents, afin de varier autant que possible les circonstances des expériences. Tous ces réseaux sont divisés sur la même largeur, et sur chacun d'eux est inscrit le nombre des traits gravés. Je désignerai par le n° 3 un réseau contenant 2401 traits, par le n° 4

un autre de 1801 traits, n° 5 un réseau de 1201 traits, et enfin n° 6 un réseau de 601 traits.

Qu'il me soit permis d'exprimer ici toute ma reconnaissance aux personnes qui ont bien voulu me fournir les moyens de continuer ce travail; je serai heureux si les résultats auxquels je suis arrivé leur paraissent justifier la bienveillance qu'elles m'ont témoignée.

Je vais maintenant étudier chacun de ces différents réseaux.

#### *Réseau n° 1.*

Dans le Mémoire déjà cité, j'ai décrit les irrégularités de ce réseau, en me bornant au premier spectre de diffraction; mais on prévoit bien que dans les spectres suivants il se présentera des phénomènes analogues. C'est ce qui a lieu en effet, et les spectres dissymétriques se reproduisent avec une périodicité remarquable. Je vais compléter ici la description de cet instrument, bien que je ne m'en sois plus servi, parce que les mêmes particularités se rencontreront à un degré moins marqué dans d'autres réseaux de la série. Supposons donc (*fig. 3*) le réseau placé normalement sur la direction des rayons incidents SI que nous supposerons parallèles, la face striée étant tournée vers la lunette (\*), et recevons les faisceaux diffractés sur une lentille convergente. Les spectres réguliers se forment au foyer principal de la lunette, ils sont donc tous sur une circonférence AA' ayant pour centre le réseau et pour rayon la distance RI au foyer principal de la lunette; ils se trouvent donc en  $\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \dots$  vers la droite, et en  $\alpha', \alpha'_1, \alpha'_2, \dots$  vers la gauche. Dans la région du premier spectre régulier de droite, nous avons vu qu'il existe aussi deux autres spectres  $\beta$  et  $\gamma$  plus voisins de l'objectif; menons par ces points deux circonférences BB' et CC' concentriques à la première. De même, par les points  $\beta'$  et  $\gamma'$ , où se trouvent les spectres irréguliers de gauche, menons deux autres circonférences B, B', C, C' concentriques aux précédentes.

Observons maintenant dans la région du deuxième spectre vers la droite, nous y trouvons trois images  $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$  disposées de la même

---

(\*) Dans toutes les expériences il faut supposer que le nombre de traits marqué est en haut de la lame, de sorte qu'il n'y a jamais équivoque sur la situation du réseau, quand on indique de quel côté se trouve la face striée.

manière que les images  $\alpha'$ ,  $\beta'$ ,  $\gamma'$  du premier spectre de gauche. Plus loin, les images du troisième spectre,  $\alpha_2$ ,  $\beta_2$ ,  $\gamma_2$ , ressemblent à celles du premier spectre de droite et à celles du deuxième spectre de gauche  $\alpha'_1$ ,  $\beta'_1$ ,  $\gamma'_1$ , et ainsi de suite, comme on le voit sur la figure.

Tous les spectres de rang impair se ressemblent; de même tous les spectres de rang pair donnent une série d'images semblables entre elles. De plus, tous les spectres de rang impair situés à droite ressemblent aux spectres de rang pair situés à gauche, et inversement.

Enfin, il est à peine utile d'ajouter que si on tourne le réseau de 180 degrés, les phénomènes deviennent symétriques des précédents par rapport à la direction des rayons incidents; les nouvelles images de droite ressemblent à celles qui étaient à gauche dans le cas précédent. En outre, les spectres de réflexion sont symétriques, par rapport au plan du réseau, des spectres de transmission correspondants.

Les faces de la lame sur laquelle le réseau est tracé ne sont pas bien planes ni parallèles, l'arête du biseau qu'elles forment n'est même pas parallèle aux traits; ce biseau produit dans un plan perpendiculaire aux traits une déviation d'environ 15 secondes. C'est probablement dans ces défauts du verre qu'il faut chercher l'explication des spectres irréguliers.

#### *Réseau n° 2.*

Ce réseau est plus dispersif que le précédent; la déviation minimum de la raie D dans le premier spectre est d'environ 18 degrés. On y rencontre encore quelques irrégularités plus faibles.

Dans la région du premier spectre, il y a trois images, dont deux sont au point en même temps, et peu éloignées l'une de l'autre; la troisième est isolée, et on peut bien l'observer, mais elle correspond à un spectre dissymétrique, et, pour mesurer le double de la déviation minimum d'une raie sans changer le point de la lunette, il faut avoir soin de retourner le réseau face pour face.

On vérifie facilement dans ce réseau la similitude des spectres de rang pair et celle des spectres de rang impair. De même les spectres de rang pair situés à droite ressemblent aux spectres de rang impair situés à gauche, et inversement.

Les faces de la lame de verre ne sont pas encore parallèles, l'arête

du prisme qu'elles forment est presque perpendiculaire aux traits, et, dans un plan perpendiculaire aux traits, elles ne produisent pas de déviation sensible. La courbure de ces faces est faible, mais appréciable.

Le groupe *b* de raies obscures du spectre solaire est formé, comme on sait, de trois raies qui appartiennent au magnésium. J'ai toujours désigné par *b* la raie la plus réfrangible de ce groupe. Cette raie paraît simple en général, mais dans le deuxième spectre du réseau dont il est ici question, cette raie *b* est nettement dédoublée, et, dans ce cas, j'ai appliqué la lettre *b* à la raie la plus réfrangible de ce petit groupe. Dans ce même spectre, les deux raies D et D' sont éloignées d'environ 2'3"; cela donne une idée de la dispersion exceptionnelle que l'on peut obtenir. Pour arriver à une pareille dispersion de ces deux raies avec les spectres de réfraction, il ne faudrait pas moins de cinq prismes de sulfure de carbone.

#### *Réseau n° 3.*

Dans la région du premier spectre de ce réseau, on trouve deux images distantes d'environ 10 ou 15 secondes, et on n'y rencontre pas de phénomène susceptible d'une observation précise.

Au contraire, le deuxième spectre est d'une pureté tout à fait inattendue et vraiment remarquable. La déviation minimum de la raie D est d'environ 24°6', et la raie *b* y est dédoublée; de plus, il n'y a presque pas de changement de point quand on passe de l'expérience de droite à celle de gauche, de sorte que les mesures comportent une très-grande exactitude.

Les faces de la lame de verre n'ont qu'une courbure très-faible; elles forment un biseau dont l'arête est à peu près parallèle aux traits, et produisent une déviation d'environ 7 secondes.

#### *Réseau n° 4.*

Ce réseau est le plus parfait de tous ceux que j'ai eus à ma disposition, les traits vus au microscope sont d'une régularité et d'une perfection telles, que des opticiens habitués à ce genre de travail les ont trouvés extraordinaires. Les spectres sont très-purs; aussi c'est le réseau dont je me suis servi le plus souvent, en observant autant que possible

le deuxième spectre, pour avoir une plus grande dispersion. La déviation minimum de la raie D est d'environ  $8^{\circ} 52'$  dans le premier spectre, et de  $18^{\circ} 1'$  dans le deuxième spectre.

Il y a cependant une faible dissymétrie. Quand la face striée est tournée vers la lunette, le premier spectre de droite est un peu plus faible que celui de gauche, et il y a un petit changement de point dans la lunette; mais ces différences sont minimales et ne nuisent pas à la précision des mesures.

Les faces de la lame de verre sont sensiblement parallèles, mais un peu courbes.

*Réseau n° 5.*

Ce réseau est encore bon. Je ne l'ai pas souvent employé parce qu'il fallait recourir aux spectres de rang élevé pour obtenir une grande déviation. Or, les spectres éloignés ne sont pas favorables pour des mesures précises, car les raies y perdent toujours un peu de leur netteté, même avec des sources de lumière monochromatiques.

La lame de verre produit à peine une déviation de 4 secondes, et les faces paraissent bien planes.

*Réseau n° 6.*

Dans ce dernier réseau il n'y a pour chacun des spectres qu'une image parfaitement régulière, sans changement de point, mais les différences d'intensité sont très-grandes. Ces différences d'éclat suivent une loi régulière que l'on peut voir à l'inspection du tableau qui suit :

	FACE STRIÉE vers la lunette.		FACE STRIÉE vers le collimateur.	
	Gauche.	Droite.	Gauche.	Droite.
1 <sup>er</sup> spectre ...	Faible.	Brillant.	Brillant.	Faible.
2 <sup>e</sup> spectre ...	Faible.	Brillant.	Brillant.	Faible.
3 <sup>e</sup> spectre ...	Brillant.	Faible.	Faible.	Brillant.
4 <sup>e</sup> spectre ...	Brillant.	Faible.	Faible.	Brillant.

C'est un réseau que j'ai peu employé, à cause de sa faible dispersion.

La lame de verre produit une déviation d'environ 7 secondes, et la courbure des faces est appréciable.

*Longueurs d'onde des raies obscures du spectre solaire.*

J'ai repris l'étude du spectre solaire avec les cinq derniers réseaux, et je résume dans quelques tableaux les résultats des expériences qui ont été faites dans les meilleures conditions. Je n'ai rien à ajouter sur la description des expériences. Quand le réseau était régulier, j'observais la déviation minimum d'une même raie, à droite et à gauche, en laissant la même face tournée vers le collimateur. Quand les phénomènes étaient irréguliers, j'observais en retournant le réseau, comme je l'ai déjà dit, et en me mettant à l'abri de l'erreur causée par le biseau des faces. Toutefois, j'ai souvent négligé de faire cette dernière correction, car elle est insignifiante. En effet, si les déviations des différentes raies varient entre 15 et 25 degrés, par exemple, et que la déviation causée par le biseau soit de 10 secondes, il est clair qu'en retranchant 10 secondes à toutes les déviations les rapports des sinus de ces différents angles seront à peine altérés par le cinquième chiffre significatif. Les erreurs expérimentales portent quelquefois sur le quatrième chiffre; la correction dont il s'agit est donc souvent superflue.

J'ai mesuré avec soin les déviations de la raie D, non-seulement pour chaque réseau, mais pour chaque série d'expériences relatives à un même réseau, et les rapports de longueurs d'onde ont été calculés dans chaque série à l'aide de la mesure de la raie D correspondante. Cette précaution paraît indispensable pour plusieurs raisons :

1° On se met ainsi à l'abri d'une erreur accidentelle commise sur une mesure unique, erreur qui affecterait tous les rapports.

2° Si l'excentricité de la face striée a une influence, cette influence se fait sentir à peu près de la même manière sur toutes les raies, et disparaît dans les rapports, comme on l'a vu.

3° Quand la température varie entre les limites ordinaires, les distances des traits du réseau changent et modifient les déviations, sans que les rapports des sinus soient altérés. Cette influence des variations de la température est parfaitement appréciable.

Enfin, dans tous les tableaux qui suivent, je ne donne que les longueurs d'onde calculées dans chaque série d'expériences, sans rapporter les déviations elles-mêmes. Ces nombres compliqueraient beaucoup les tableaux inutilement. J'ai d'ailleurs indiqué la grandeur des déviations pour les principaux réseaux; comme la largeur de la couche striée est la même dans les cinq derniers, le nombre des traits indiquera suffisamment l'ordre de la dispersion pour les cas où je ne l'ai pas donné explicitement.

J'ai fait peu d'expériences nouvelles sur les raies de la région ultra-violet; le spectre ultra-violet de la lumière solaire a dans les prismes une étendue à peu près égale à celle du spectre lumineux, et l'intensité devient très-faible à partir de la région moyenne. J'ai obtenu avec les vapeurs métalliques des spectres bien plus étendus et des raies plus intenses. Les mesures sont alors plus faciles; il y a donc avantage à remplacer, pour cette région, l'étude du spectre solaire par celle de raies métalliques bien définies; je reviendrai plus loin sur ce sujet.

Voici les résultats relatifs aux raies obscures du spectre solaire :

RÉSEAU N° 2.

RAIES.	POUR L'OBSERVATION DE DROITE, LA FACE STRIÉE EST TOURNÉE VERS							MOYENNE.
	le	la	la	le	la	le	le	
	collimateur.	lunette.	lunette.	collimateur	lunette.	collimateur.	collimateur.	
	1 <sup>er</sup> spectre.	1 <sup>er</sup> spectre.	1 <sup>er</sup> spectre.	1 <sup>er</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	1 <sup>er</sup> spectre.	
B	0,68654	0,68655	0,68649	0,68658	»	»	0,68654	0,68655
C	0,65607	0,65609	0,65602	0,65606	0,65607	»	0,65602	0,65605
$\gamma$ <sup>(1)</sup>	»	»	0,62755	0,62754	0,62753	»	»	0,62754
D'	0,58938	0,58945	0,58945	0,58943	0,58940	0,58938	0,58938	0,58941
E	0,52678	0,52684	0,52672	0,52685	0,52683	0,52682	0,52674	0,52680
$\delta$ '' <sup>(2)</sup>	0,51813	0,51820	»	»	»	»	»	0,51817
b	»	»	0,51652	0,51661	0,51657	0,51657	0,51653	0,51656
F	0,48595	0,48592	0,48596	0,48597	0,48598	»	0,48603	0,48597
G	0,43064	»	»	»	»	»	»	0,43064

<sup>(1)</sup> J'ai appelé  $\gamma$  une belle raie facile à reconnaître entre D et C.  
<sup>(2)</sup> La moins réfrangible du groupe b.

Toutes ces expériences ont été faites avec retournement du réseau.

RÉSEAU N° 3.

RAIES.	FACE STRIÉE TOURNÉE VERS		MOYENNE.
	le collimateur.	la lunette.	
B	0,68661	»	0,68661
C	0,65609	»	0,65609
D'	0,58942	0,58942	0,58942
E	0,52681	0,52680	0,52680
<i>b</i>	0,51660	0,51653	0,51656
F	0,48602	0,48606	0,48604
G	0,43070	0,43076	0,43073

Expériences faites sans retournement, et observation du deuxième spectre, puisque le premier est impur.

RÉSEAU N° 4.

RAIES.	FACE STRIÉE vers la lunette.			FACE STRIÉE vers le collimateur.			MOYENNE.
	1 <sup>er</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	3 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	3 <sup>e</sup> spectre.	4 <sup>e</sup> spectre.	
B	0,68672	0,68668	»	»	»	»	0,68670
C	0,65624	0,65609	»	0,65598	»	»	0,65611
$\gamma$	0,62780	0,62753	»	»	»	»	0,62766
D'	»	0,58939	0,58935	0,58934	0,58943	0,58940	0,58938
E	0,52664	0,52683	0,52679	0,52671	0,52677	0,52679	0,52675
<i>b</i> <sup>''</sup>	0,51829	0,51817	0,51822	0,51810	0,51818	0,51822	0,51820
<i>b</i>	»	»	»	0,51648	0,51655	0,51656	0,51653
F	0,48616	0,48599	0,48592	»	»	»	0,48602
G	0,43088	0,43101	0,43091	»	»	»	0,43093

Ces expériences ont été faites sans retournement. Les nombres de la première colonne sont les plus discordants; ils proviennent du premier spectre où la déviation était trop faible.

## RAIES DU SPECTRE SOLAIRE ULTRA-VIOLET.

RAIES.	RÉSEAU N° 3.		RÉSEAU N° 4.		MOYENNE.
	2 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre de réflexion.	2 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre de réflexion	
H	0,39664	»	0,39677	»	0,39671
L	0,38194	»	0,38214	»	0,38204
M	0,37287	0,37267	0,37284	0,37262	0,37280
N	0,35795	0,35810	0,35766	0,35784	0,35789
O	0,34433	0,34389	0,34387	0,34378	0,34397
P	0,33660	0,33617	0,33579	0,33597	0,33613
Q	0,33065	0,32954	0,32780	0,32880	0,32919

L'accord n'est pas aussi satisfaisant que pour les rayons lumineux : les déviations sont en effet plus faibles, les spectres moins intenses, et le procédé de mesure moins précis.

J'ai consulté ces différents tableaux et comparé autant que possible les circonstances plus ou moins avantageuses des diverses expériences pour décider quels sont les nombres qui les résument avec le plus de probabilité. Ces nombres ne sont pas la moyenne des moyennes obtenues avec les différents réseaux, ni la moyenne de toutes les expériences. En effet, on ne doit pas attribuer la même importance à deux séries d'expériences dont l'une paraît inférieure à quelque point de vue ; ainsi je n'hésite pas à sacrifier la première colonne des résultats obtenus avec le n° 4, à cause de la petitesse des déviations. De même, il peut y avoir des expériences particulières contre lesquelles on doit se mettre en garde ; ainsi la moyenne des valeurs obtenues avec le réseau n° 4 pour la raie D' paraît inexacte, car les résultats isolés sont trop discordants.

Pour cette raie D' j'ai consulté aussi des expériences nombreuses faites avec la lumière monochromatique du sodium. En plaçant du sel marin fondu dans le dard d'un chalumeau à gaz tonnants, on obtient une lumière très-éclatante, et, si la quantité de sel est assez grande, on *renverse* très-facilement les deux raies D et D'. L'observation de ces raies renversées est plus précise que celle des raies brillantes.

De même, pour les raies  $b''$  et  $b$  j'ai tenu compte des expériences faites avec le magnésium, expériences dont il sera question plus loin.

Enfin, pour toutes les autres, j'ai fait entrer en ligne de compte les nombres obtenus avec le réseau n° 1, et consignés dans mon premier Mémoire. Les résultats définitifs me paraissent être les suivants, et je ne crois pas aller au delà de l'expérience en assignant à ces nombres le degré d'approximation indiqué dans la colonne voisine.

RAIES.	LONGUEURS d'onde.	DEGRÉ d'approximation.	RAIES.	LONGUEURS d'onde.	DEGRÉ d'approximation.
B	0,68666	0,00005	G	0,43076	0,00005
C	0,65607	0,00002	H	0,39672	0,00005
$\gamma$	0,62754	0,00005	L	0,38201	0,00005
D'	0,58943	0,00002	M	0,37284	0,00005
D	0,5888	acceptée.	N	0,35795	0,00005
E	0,52679	0,00002	O	0,34400	0,00010
$b''$	0,51820	0,00003	P	0,33605	0,00010
$b$	0,51655	0,00002	Q	0,32870	0,00050
F	0,48598	0,00004	R	0,31775	0,00100

### *Raies des lumières artificielles.*

J'ai choisi parmi les sources de lumière artificielle quelques-unes de celles qui présentent les raies les plus brillantes et les plus faciles à obtenir. Mes expériences ont porté sur les principales raies des substances suivantes :

Hydrogène,	Magnésium,
Lithium,	Argent,
Calcium,	Zinc,
Strontium,	Cadmium.

### *Raies de l'hydrogène.*

L'hydrogène incandescent a deux raies très-brillantes, une rouge et une bleue, que l'on observe facilement en faisant passer des étincelles d'induction dans un de ces tubes à gaz raréfiés connus sous le

nom de tubes de Geissler. Si le tube présente une partie étranglée, l'étincelle y prend un grand éclat, et on peut s'en servir utilement dans plusieurs expériences de physique. Les indices de réfraction de ces deux raies dans le spectre ordinaire du spath d'Islande sont :

RAIES.	INDICES.
Rouge.....	1,65450
Bleue .....	1,66797

*Raies des métaux alcalins.*

Pour obtenir les raies du lithium, du calcium et du strontium, il suffit de placer dans le dard du chalumeau, avec une allumette en bois, un peu d'un sel quelconque : ce sont les chlorures qui conviennent le mieux. J'ai observé les raies rouges, orange et bleue du lithium, et les raies bleues du calcium et du strontium. Voici les indices de ces raies (\*) :

RAIES.	INDICES.
Lithium..... { rouge...	1,65398
{ bleue...	1,67145
Calcium..... bleue...	1,67792
Strontium.... bleue...	1,67167

*Raies des autres métaux.*

Pour produire les raies des vapeurs métalliques avec un éclat suffisant, j'ai renoncé à l'emploi de la lumière électrique alimentée par une pile de 40 éléments; chacun sait combien il est difficile de faire une

---

(\*) Tous ces indices ont été déterminés pendant l'hiver dans une cave de l'École Normale où la température était sensiblement de 12 degrés et variait très-peu.

série d'expériences dans de pareilles conditions. Je suis arrivé à des résultats bien meilleurs en imitant une méthode déjà employée par un grand nombre de physiciens: c'est de faire passer une étincelle d'induction entre deux fils du métal que l'on veut étudier. Pour qu'une pareille étincelle puisse donner des spectres de diffraction assez intenses, il faut employer une bobine d'induction puissante et mettre les extrémités du fil induit en relation avec les armatures d'un grand condensateur. Cette disposition, imaginée par Van der Willigen, raccourcit les étincelles, mais leur donne un éclat considérable.

La machine d'induction dont je me suis servi a été construite par M. Ruhmkorff; elle a 50 kilomètres de fil induit. Je la faisais marcher avec 6 éléments Bunsen, grand modèle; j'employais comme condensateur une bombonne à peu près sphérique en verre brun, de 20 à 25 litres de capacité, revêtue d'étain à l'intérieur et à l'extérieur.

Je désignerai les différentes raies d'un métal par des numéros d'ordre, en commençant par le rouge; j'indique en même temps la couleur de ces raies. Voici celles qui ont été observées :

## MAGNÉSIUM.

RAIES.	INDICES.
Vertes . . . . . $\left\{ \begin{array}{l} 1 (b'') \dots \\ 2 (b') \dots \\ 3 (b) \dots \end{array} \right.$	1,66431 » 1,66449
Bleue . . . . . 4 . . . . .	1,67321

Ces trois raies  $b$ ,  $b'$ ,  $b''$  forment le groupe  $b$  du spectre solaire.

## ARGENT.

RAIES.	INDICES.
Vertes . . . . . $\left\{ \begin{array}{l} 1 \dots \dots \dots \\ 2 \dots \dots \dots \end{array} \right.$	1,66171 1,66405

## ZINC.

RAIES.		INDICES.
Rouge.....	1.....	1,65552
Vertes.....	2.....	1,66711
	3.....	1,66723
	4.....	1,66853
Bleues.....	5.....	1,66969
	6.....	1,67025

Toutes ces raies du zinc sont très-brillantes. Les raies 2 et 3 paraissent avoir une certaine largeur; il est difficile de les observer avec précision.

Le cadmium a aussi de très-belles raies lumineuses; je les indiquerai plus loin avec les autres raies de ce métal, dont j'ai fait une étude plus complète.

*Spectre ultra-violet du cadmium.*

Dans un Mémoire important *sur la transparence photographique des différents corps* (\*), M. W.-A. Miller a montré que les spectres obtenus ainsi avec l'étincelle d'induction s'étendent beaucoup plus loin que le spectre solaire ultra-violet, et il a donné un grand nombre de dessins représentant les spectres de différents métaux obtenus par la photographie. Ces spectres sont en effet très-étendus, mais assez imparfaits; M. Miller reproduisait un spectre tout entier en une seule épreuve, de sorte que plusieurs régions n'étaient pas au point. En outre, l'appareil dont il s'est servi ne permettait pas d'obtenir des images très-pures.

J'ai repris cette question en me servant de l'appareil et des procédés décrits dans mon premier Mémoire. La lunette et le collimateur sont en quartz, les tubes ont été modifiés de façon à permettre des variations de foyer considérables, et je reproduis les spectres à l'aide de l'oculaire photographique.

J'ai étudié ainsi, dans le spectre ordinaire du spath d'Islande, les raies ultra-violettes de plusieurs métaux : le magnésium, le zinc, l'ar-

---

(\*) *Philosophical Transactions*, 1862.

gent et le cadmium; on peut mesurer ces raies avec une précision de même ordre que s'il s'agissait de rayons lumineux. Pour donner une idée de l'amplitude considérable des spectres, il me suffira de dire que j'ai obtenu avec l'argent un spectre ultra-violet dont l'étendue angulaire est de 21 degrés, avec un prisme de spath dont l'angle réfringent est de 60 degrés, dans lequel la dispersion du spectre lumineux est peu supérieure à 3 degrés; c'est donc pour le spectre ultra-violet une étendue six fois plus grande. On peut de même, par des tâtonnements méthodiques, mesurer les longueurs d'onde de ces rayons très-réfringibles à l'aide des spectres diffractés par réflexion.

Je ne rapporterai ici que le spectre ultra-violet du cadmium, parce que c'est le seul dont j'ai mesuré les longueurs d'onde; il est dessiné *fig. 4* (\*). Ces expériences sont très-pénibles; il faut douze ou quinze épreuves photographiques pour reproduire avec précision un spectre tout entier, et, quand on veut faire une mesure, il faut plusieurs épreuves d'essai pour amener le réticule au voisinage de la raie cherchée. On comprendra donc que je me sois borné à l'étude complète du cadmium, qui présente les raies les plus intenses. Voici le tableau des différentes raies de ce métal :

RAIES.		INDICES.	RAIES.		INDICES.
Rouge....	1	1,65513	12		1,70779
Vertes....	2	1,66243	13		1,71384
	3	1,66281	14		1,72338
	4	1,66529	15		1,73067
Bleues....	5	1,66864	16		1,73316
	6	1,67028	17		1,74160
Violette ..	7	1,67429	18		1,76078
Spectre ultra-violet.			19		1,76326
			20		1,77499
			21		1,78382
	8	1,68259	22		1,80096
	9	1,69349	23		1,80247
	10	1,69827	24		1,81315
	11	1,70103	25		1,82460

(\*) La raie 8 de ce dessin paraît due à l'air; elle se retrouve dans les spectres obtenus avec d'autres métaux.

Les raies 2 et 3 ressemblent aux raies 2 et 3 du zinc; elles sont très-voisines et paraissent avoir une certaine largeur; il est difficile de les mesurer avec précision.

Les indices des raies du thallium, du bismuth et de l'étain observées dans mon premier Mémoire sont les suivants :

RAIES.	INDICES.
Thallium..... verte...	1,66285
Bismuth..... bleue...	1,66980
Étain..... bleue...	1,67263

*Longueurs d'onde des raies brillantes.*

Voici maintenant les résultats de la mesure des longueurs d'onde de ces différentes raies :

**HYDROGÈNE.**

RÉSEAU N° 4.

RAIES.	1 <sup>er</sup> SPECTRE.	2 <sup>e</sup> SPECTRE.	3 <sup>e</sup> SPECTRE.	MOYENNES.
Rouge.....	0,65618	0,65616	0,65615	0,65617
Bleue.....	0,48606	0,48606	»	0,48606
	—	—	—	
	4 expériences.	4 expériences.	1 expérience.	

Ces deux raies de l'hydrogène sont indiquées par plusieurs physiciens comme coïncidant avec les raies C et F du spectre solaire, les longueurs d'onde déterminées directement ne diffèrent en effet que de  $\frac{1}{5000}$ ; cette différence peut être parfaitement attribuée aux erreurs d'expérience, car les raies de l'hydrogène, malgré leur éclat, ne sont pas aussi faciles à observer que les raies obscures du spectre solaire.

## LITHIUM, CALCIUM.

RÉSEAU N° 4.

RAIES.	1 <sup>er</sup> SPECTRE.	2 <sup>e</sup> SPECTRE.	3 <sup>e</sup> SPECTRE.	MOYENNES.
Lithium.... rouge...	0,67057	0,67063	0,67051	0,67057
Calcium.... bleue....	0,42263	0,42248	»	0,42255

## STRONTIUM.

RÉSEAU N° 5.

RAIE.	1 <sup>er</sup> SPECTRE.	2 <sup>e</sup> SPECTRE.	3 <sup>e</sup> SPECTRE.	4 <sup>e</sup> SPECTRE.	5 <sup>e</sup> SPECTRE.	MOYENNE.
Bleue..	0,46048	0,46072	0,46068	0,46076	0,46075	0,46068

## MAGNÉSIUM.

RAIES.	RÉSEAU N° 2.		RÉSEAU N° 3.		RÉSEAU N° 4.		MOYENNES.
	1 <sup>er</sup> spectre.	1 <sup>er</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	1 <sup>er</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	
Vertes... { 1	0,51818	0,51820	0,51815	0,51824	0,51828	0,51818	0,51820
2	»	»	»	»	»	0,51706	0,51706
3	0,51652	0,51650	0,51648	0,51655	0,51657	0,51652	0,51653
Bleue... 4	0,44797	0,44800	0,44786	0,44794	0,44796	0,44794	0,44795

## ARGENT.

RAIES.		RÉSEAU N° 2.			RÉSEAU N° 3.		RÉSEAU N° 4.		MOYENNES
		1 <sup>er</sup> spectre.	1 <sup>er</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	
Vertes..	1	0,54633	0,54631	0,54624	0,54636	0,54627	0,54639	0,54639	0,54633
	2	0,52069	0,52069	0,52058	0,52070	0,52062	0,52069	0,52076	0,52067

## ZINC.

RAIES.		RÉSEAU N° 2.		RÉSEAU N° 3.			RÉSEAU N° 4.		MOYENNES
		1 <sup>er</sup> spectre.	1 <sup>er</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	
Rouge..	1	0,63610	0,63614	»	0,63602	0,63604	0,63605	0,63608	0,63607
Vertes..	2	»	»	»	»	»	0,49232	»	0,49232
	3	»	»	»	»	»	0,49105	»	0,49105
	4	0,48092	0,48089	0,48090	0,48079	0,48091	0,48088	0,48109	0,48090
Bleues..	5	0,47205	»	0,47208	0,47200	0,47210	0,47204	0,47225	0,47206
	6	0,46785	»	0,46783	0,46780	0,46788	0,46782	0,46807	0,46784

## CADMIUM (raies lumineuses).

RAIES.		RÉSEAU N° 2.			RÉSEAU N° 3.		RÉSEAU N° 4.		MOYENNES
		1 <sup>er</sup> spectre.	1 <sup>er</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	1 <sup>er</sup> spectre.	2 <sup>e</sup> spectre.	
Rouge ..	1	»	»	»	0,64370	0,64370	0,64367	0,64372	0,64370
Vertes ..	2	»	»	»	0,53775	0,53771	»	0,53766	0,53771
	3	»	»	»	0,53371	0,53364	0,53365	0,53363	0,53363
	4	0,50852	0,50841	0,50829	0,50846	0,50839	0,50849	0,50845	0,50844
Bleues ..	5	0,47984	0,47981	»	0,47986	0,47977	0,47998	0,47994	0,47986
	6	0,46771	»	»	0,46765	0,46757	0,46761	0,46773	0,46765
Violette .	7	0,44134	»	»	0,44145	»	0,44166	0,44135	0,44145

## CADMIUM (raies ultra-violettes).

## RÉSEAU N° 4.

*Premier spectre. — Réseau perpendiculaire sur les rayons incidents.*

RAIES.	PAR TRANSMIS- SION.	PAR RÉFLEXION.		MOYENNES.
8	»	0,39856	»	0,39856
9	0,36035	0,36087	0,36105	0,36075
10	0,34639	0,34651	»	0,34645
11	0,34029	0,34023	0,34047	0,34030
12	0,32875	»	»	0,32875
17	»	0,27421	0,27447	0,27434
18	»	0,25742	0,25730	0,25735
23	»	0,23226	0,23140	0,23183
24	»	»	0,22656	0,22656
25	»	»	0,22171	0,22171

L'accord des expériences que renferme le dernier tableau est moins satisfaisant que dans ceux qui précèdent, il n'y a pas lieu de s'en étonner; toutefois l'erreur semble porter seulement sur le quatrième chiffre, excepté pour les trois dernières raies, où le troisième chiffre n'est qu'approché.

On peut remarquer que la longueur d'onde diminue très-lentement, malgré les variations considérables des indices. Comme la longueur d'onde de la raie A est environ égale à 0,76, et que la dernière raie observée du cadmium a pour longueur d'onde 0,22, on voit que les radiations accessibles aux mesures exactes forment presque deux octaves.

Je vais résumer dans un tableau général les résultats de toutes ces expériences, en tenant compte de celles qui ont déjà été faites avec le réseau n° 1, et rapportées dans mon premier Mémoire. J'indique aussi pour chaque raie le degré d'approximation auquel elle me paraît déterminée.

SUBSTANCES.	RAIES.	LONGUEUR d'onde.	DEGRÉ d'approximation.
HYDROGÈNE . . . . .	Rouge . . . . .	0,65617	0,00010
	Bleue . . . . .	0,48606	0,00010
LITHIUM . . . . .	Rouge . . . . .	0,67057	0,00005
	Bleue . . . . .	0,46020	0,00010
CALCIUM . . . . .	Bleue . . . . .	0,42255	0,00010
STRONTIUM . . . . .	Bleue . . . . .	0,46068	0,00010
THALLIUM . . . . .	Verte . . . . .	0,53488	0,00005
MAGNÉSIIUM . . . . .	Vertes . . . . .	0,51820	0,00002
		0,51706	0,00005
		0,51655	0,00002
	Bleue . . . . .	0,44795	0,00003
ARGENT . . . . .	Vertes . . . . .	0,54635	0,00003
		0,52071	0,00003
BISMUTH . . . . .	Bleue . . . . .	0,47212	0,00005
ÉTAIN . . . . .	Bleue . . . . .	0,45233	0,00005
ZINC . . . . .	Rouge . . . . .	0,63607	0,00003
	Vertes . . . . .	0,49232	0,00008
		0,49105	0,00008
		0,48090	0,00005
		0,47206	0,00003
	Bleues . . . . .	0,46785	0,00003
CADMIUM . . . . .	Rouge . . . . .	0,64370	0,00003
	Vertes . . . . .	0,53771	0,00008
		0,53363	0,00008
		0,50844	0,00003
	Bleues . . . . .	0,47986	0,00005
		0,46765	0,00005
	Violettes . . . . .	0,44145	0,00005
		0,39856	0,00010
	Ultra-violettes . . . . .	0,36075	0,00020
		0,34645	0,00010
		0,34030	0,00010
		0,32875	0,00020
		0,27434	0,00020
		0,25742	0,00020
		0,23183	0,00030
		0,22656	0,00050
		0,22171	0,00100

*Longueur d'onde de la raie D.*

Dans tout ce qui précède j'ai adopté, pour longueur d'onde de la raie D, le nombre 0,5888 qui a été déduit des expériences de Fraunhofer. Mon but principal n'était pas de déterminer les longueurs d'onde en valeur absolue; mais comme mes expériences fournissent un moyen facile de contrôler la valeur adoptée pour la raie D, je n'ai pas cru devoir le passer sous silence.

M. Dumoulin, successeur de M. Froment, s'est mis pour cela à ma disposition avec une extrême obligeance. Il a construit deux micromètres sur verre, l'un avec la grande machine à diviser de M. Froment, l'autre avec une petite machine qui sert à diviser de petites longueurs. Ces deux micromètres, superposés et examinés au microscope, ont été trouvés parfaitement identiques, ce qui montre que les deux vis micrométriques sont exactement rapportées à la même unité.

Les micromètres étant plus larges que la couche striée des réseaux, on plaçait un micromètre sur un réseau et on trouvait facilement la largeur de ce dernier en observant quelles divisions coïncidaient avec les traits extrêmes du réseau.

Les mesures ont porté sur les réseaux désignés par les nos 1, 3, 4, 5, 6, et elles ont été faites à la température de 15 ou 16 degrés centigrades.

Il a fallu vérifier d'abord si le nombre des traits de ces différents réseaux était bien exactement le nombre indiqué par le constructeur. Pour le réseau n° 1 j'ai pris la peine de compter tous les traits, comme je l'ai dit dans mon premier Mémoire, et deux expériences m'ont donné le même nombre 2519. Il y a donc 2518 intervalles. M. Dumoulin a compté les traits du réseau n° 6, et vérifié que le nombre 601 est exact. Au lieu de compter les traits des autres réseaux, ce qui eût été très-pénible, on superposait les deux réseaux 5 et 6, les faces striées en regard l'une de l'autre, et, en les examinant au microscope, on faisait coïncider les premiers traits; on observait alors que les traits étaient en coïncidence de deux en deux, et que les deux séries s'arrêtaient en même temps. Il en résulte que les deux réseaux ont exactement la même largeur et que le réseau n° 5 contient bien 1201 traits. On a vérifié de la même façon les nombres de traits des réseaux 4 et 3. Le

réseau n° 2 n'a pas été mesuré, parce qu'on n'y a observé que des spectres irréguliers.

Dans le cours des expériences qui font l'objet de ce Mémoire, j'ai fréquemment mesuré la déviation de la raie D dans les différents spectres de ces cinq réseaux. Toutes les mesures que je fais intervenir ici ont été faites à la cave, avec la lumière du sel marin volatilisé, et à une température sensiblement constante de 12 ou 13 degrés centigrades.

Dans les séries relatives aux spectres réguliers d'un même réseau, j'ai cherché la moyenne du nombre

$$\frac{1}{n} \sin \frac{\Delta}{2},$$

$n$  étant le rang du spectre observé,  $\Delta$  la déviation minimum. On en déduit la longueur d'onde par la formule

$$\lambda = 2\varepsilon \frac{1}{n} \sin \frac{\Delta}{2}.$$

Je dois faire une observation relativement au réseau n° 1. M. Froment avait autrefois mesuré la largeur de ce réseau et m'avait donné le nombre 5<sup>mm</sup>, 714. Ce résultat diffère de celui qu'on trouvera dans le tableau, et M. Dumoulin a pris soin de répéter plusieurs fois cette mesure. Il y a là une discordance fâcheuse; j'ignore d'ailleurs quelle méthode avait employée M. Froment.

RÉSEAUX.	LARGEUR de la couche striée.	NOMBRE des intervalles de traits.	$\frac{1}{n} \sin \frac{\Delta}{2}$ .	LONGUEUR d'onde de la raie D.
N° 1.....	<sup>mm</sup> 5,699	2518	0,130315	0,58988
N° 3.....	6,7685	2400	0,104425	0,5890
N° 4.....	6,768	1800	0,078303	0,58884
N° 5.....	6,768	1200	0,052192	0,58873
N° 6.....	6,768	600	0,026096	0,58873

Le nombre donné pour le réseau n° 1 est relatif au spectre que l'on peut observer sans changer le point de la lunette; la différence de ce résultat avec les suivants et les irrégularités du réseau me déterminent à n'en pas tenir compte pour la question qui nous occupe.

Le nombre déduit du réseau n° 3 est relatif au deuxième spectre : nous avons vu que le premier n'est pas observable.

Le réseau n° 4 est celui qui paraît offrir le plus de garanties, parce qu'il est plus régulier que ceux qui précèdent et plus dispersif que ceux qui suivent.

Les quatre derniers nombres ont pour moyenne 0,58882, et chacun d'eux diffère de la moyenne de moins de deux unités du quatrième chiffre, ce qui donne une erreur relative d'environ  $\frac{1}{5000}$ . Ces expériences paraissent donc confirmer avec une extrême précision la valeur 0,5888, qui a été déduite des mesures de Fraunhofer.

Cependant je ne dois pas terminer ce sujet sans déclarer que la question n'est pas résolue d'une manière définitive. Il y a sans doute un grand intérêt à connaître exactement la valeur d'une longueur d'onde, car les physiciens pourraient s'en servir pour comparer leurs différentes mesures ; mais pour arriver à donner un nombre certain il faut connaître rigoureusement la valeur du mètre auquel on a comparé le réseau, et mesurer les déviations dans des conditions de température bien définies. Il y a là des difficultés expérimentales d'une nature toute spéciale. Dans les expériences qui viennent d'être rapportées, les déviations et les réseaux ont été mesurés à des températures différentes ; on comprend bien que, par suite de l'incertitude qui règne sur la valeur exacte de l'unité de mesure, il était inutile de faire les corrections qu'entraînent ces différences de température.

---

*Rapport fait à l'Académie des Sciences sur un Mémoire de*  
M. MASCART, *relatif à la détermination des longueurs d'onde.*  
Commissaires : MM. Pouillet, Edmond Becquerel, Foucault,  
Regnault, Fizeau rapporteur (\*).

Un seul Mémoire, inscrit sous le n° 1, a été envoyé au concours avec cette épigraphe : *La simplicité des méthodes est une garantie de la précision des mesures.*

---

(\*) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* (séance du 11 mars 1867).

Ce travail important et plein d'intérêt a fixé de suite l'attention de vos Commissaires, et leur a paru répondre d'une manière très-satisfaisante au programme proposé par l'Académie; dans le but de justifier devant elle cette appréciation favorable, nous allons présenter un exposé succinct de l'état de la question et des progrès réalisés par l'auteur de ce Mémoire.

On sait que pour la lumière comme pour le son, la longueur d'onde est une certaine longueur considérée dans le sens de la propagation, et correspondant à deux points où les mouvements vibratoires sont semblables, la demi-longueur d'onde correspondant à deux points où les mouvements vibratoires sont opposés. Cette longueur est plus ou moins grande, suivant la couleur de la lumière ou le degré de gravité des sons; mais elle est fixe pour chaque variété de vibrations se propageant dans le même milieu, en sorte qu'elle peut être employée à caractériser et à définir, soit un son en particulier, soit un rayon de lumière d'une certaine couleur.

En ne considérant ici que la lumière, les physiciens s'accordent aujourd'hui à regarder les divers rayons élémentaires qui la composent comme ne différant entre eux d'une manière essentielle que sous le rapport de la longueur d'onde; en sorte que cette longueur étant connue et mesurée avec précision pour un rayon donné, toutes les propriétés physiques de ce rayon sont, par là même, déterminées comparativement à celles d'un autre rayon d'une longueur d'onde différente. On voit ainsi que la longueur d'onde est un nombre constant et caractéristique de chaque variété de rayons lumineux, soit que les rayons se rapportent à l'une des sept couleurs principales du spectre solaire, soit qu'ils appartiennent à ces parties extrêmes et obscures du spectre, où l'œil ne peut les apercevoir qu'incomplètement, et où leur présence se révèle surtout par des phénomènes particuliers d'actions chimiques, de phosphorescence, de fluorescence ou d'élévation de température.

Cependant une difficulté considérable se présente dans la détermination précise de ces longueurs d'onde; leurs dimensions sont, en effet, si petites, qu'elles dépassent à peine un demi-millième de millimètre pour les rayons jaunes. Un peu plus grandes pour les rayons rouges et décroissant d'une manière continue jusqu'aux rayons violets du spectre, ces longueurs restent toujours d'une petitesse extrême.

Malgré cette circonstance défavorable, les physiciens ont trouvé dans plusieurs phénomènes lumineux remarquables les moyens de fixer avec une certaine précision les valeurs numériques des longueurs d'onde. Les anneaux des lames minces de Newton, les franges d'interférence d'Yong, celles des miroirs de Fresnel et plusieurs autres phénomènes analogues, ont fourni des déterminations assez exactes et concordantes; mais c'est principalement le phénomène des réseaux de Fraunhofer qui a donné lieu aux mesures les plus satisfaisantes, surtout parce qu'elles ont été rapportées à des rayons bien définis par les lignes fines ou raies du spectre solaire.

Lorsqu'on regarde de loin une fente lumineuse avec une lunette au devant de laquelle on a placé un réseau formé, soit de fils parallèles équidistants et très-rapprochés, soit de traits d'une grande finesse régulièrement gravés sur une glace, on observe une image blanche centrale comme si le réseau n'existait pas, mais de plus, à droite et à gauche de cette image, on aperçoit plusieurs spectres colorés dans lesquels on peut distinguer les lignes fixes ordinaires. Si la lunette est montée sur un cercle divisé, on peut mesurer les angles de déviation des principaux rayons, et, les mesures étant supposées prises sur le premier spectre, on obtient immédiatement la longueur d'onde d'un rayon en multipliant, suivant la formule de M. Babinet, le sinus de l'angle de déviation par la distance qui sépare les milieux de deux traits contigus du réseau.

Bien que les déterminations effectuées par Fraunhofer au moyen de cette méthode fussent considérées comme excellentes et certainement les meilleures que la science possédât jusqu'à ce jour, il était cependant désirable qu'elles fussent vérifiées par de nouvelles observations très-précises, et surtout qu'elles fussent étendues à un certain nombre de nouveaux rayons visibles ou invisibles qui n'ont été découverts et étudiés que dans ces derniers temps. Tel est, en effet, le but que s'est proposé l'auteur du Mémoire n° 1, en se livrant aux longues et consciencieuses recherches dont nous allons rapporter les résultats les plus saillants.

On peut signaler d'abord dans les premiers chapitres la démonstration d'une propriété remarquable des réseaux découverte par l'auteur. Voici en quoi elle consiste : lorsqu'on observe par transmission à tra-

vers un réseau de plus en plus incliné sur le rayon incident, et dans le plan de diffraction, la déviation des spectres diminue d'abord, puis reste un instant constante pour augmenter ensuite. Il y a donc là *un minimum de déviation* tout à fait analogue au minimum de déviation observé par Newton dans les spectres réfractés par les prismes de verre. L'auteur explique par des formules élégantes toutes les circonstances du phénomène, et fait voir de plus que c'est en observant ce minimum de déviation que les mesures deviennent les plus simples et les plus rigoureuses.

Plusieurs chapitres du Mémoire sont consacrés à la description et à l'étude des appareils d'observation. C'étaient principalement un goniomètre construit avec une grande perfection par MM. Brunner, et des réseaux variés au nombre de six, tracés sur verre au diamant par M. Nobert de Barth.

Muni de ces moyens d'observation, et après s'être entouré de toutes les précautions qui pouvaient assurer l'exactitude des résultats, l'auteur a repris d'une manière complète la détermination des longueurs d'onde des principaux rayons du spectre solaire, bien définis par les lignes fixes de Fraunhofer.

On remarque ensuite des séries d'observations spéciales faites sur les rayons particuliers émis par les flammes sous l'influence de corps divers réduits en vapeur. On sait que MM. Kirchhoff et Bunsen ont montré que, dans ces circonstances, il y a des rayons caractéristiques de certaines substances, et que, sur ce principe, ils ont fondé une méthode d'une délicatesse extrême, propre à déceler la présence de divers corps simples ou composés. Les propriétés de ces rayons doivent donc intéresser à la fois les chimistes et les physiciens; et la détermination de leurs longueurs d'onde, pour la plupart tout à fait inconnues, est certainement un résultat très-important du nouveau travail. Les observations rapportées dans le Mémoire comprennent les spectres de l'hydrogène, du lithium, du calcium, du strontium, du magnésium, de l'argent, du zinc et du cadmium. Mais ce qui présente un intérêt au moins égal, et ce qui montre peut-être encore mieux l'habileté de l'auteur, c'est d'avoir pu aborder avec succès la mesure des longueurs d'onde des rayons ultra-violets, c'est-à-dire de ces radiations si nombreuses et si variées douées de réfrangibilités plus grandes que le vio-

let, et qui s'étendent, dans certains cas, à une distance considérable au delà du spectre visible.

La manière dont ces rayons sont distribués, ainsi que leurs propriétés physiques si singulières, avaient été déjà signalées et étudiées principalement par M. Edmond Becquerel. Mais leurs longueurs d'onde n'avaient pas encore été mesurées par la méthode si précise des réseaux. On possédait seulement une première détermination obtenue par M. Esselbach, au moyen d'une méthode différente, celle des spectres à bandes d'interférence.

Les difficultés que présentaient ces mesures délicates n'ont pu être surmontées par l'auteur qu'au moyen de plusieurs artifices ingénieux décrits dans le Mémoire, et que nous ne pouvons que mentionner ici. Il convient cependant de citer comme essentiel un petit appareil désigné par l'auteur sous le nom d'*oculaire photographique*. C'est une petite glace recouverte de collodion sensibilisé, glace que l'on peut substituer à l'oculaire de la lunette, en la plaçant derrière les fils du réticule; on peut, par ce moyen, mesurer les déviations des rayons invisibles avec une exactitude peu inférieure à celle qu'on obtient pour les rayons visibles.

L'auteur a effectué ces mesures sur les spectres ultra-violets de la lumière solaire et de la lumière du cadmium. Ce dernier spectre est surtout remarquable en raison de l'étendue extraordinaire occupée par les radiations invisibles.

Les longueurs d'onde obtenues dans cette région vont en diminuant d'une manière continue depuis  $0^{\text{mm}},0003967$  (raie H) jusqu'à  $0^{\text{mm}},0002217$  (rayons extrêmes). La valeur de ce décroissement a été comparée par l'auteur aux accroissements de réfraction des mêmes rayons lorsqu'ils traversent un prisme de spath d'Islande; il ressort de cette comparaison que pour ces rayons les plus réfrangibles une faible variation dans la longueur d'onde correspond à un accroissement considérable de l'indice de réfraction. Ce résultat, appuyé de données numériques précises, ne peut manquer de contribuer aux progrès de la théorie de la dispersion. On peut remarquer qu'il est bien d'accord avec la dispersion rapidement croissante du rouge au violet dans les spectres réfractés, ainsi qu'avec les déterminations antérieures relatives aux rayons calorifiques obscurs situés à l'extrémité opposée du spectre,

dans la région ultra-rouge. Là, en effet, les longueurs d'onde varient très-rapidement pour des changements relativement très-faibles dans les indices.

L'auteur fait observer que les ondes les plus courtes,  $0^{\text{mm}},00022$ , comparées aux ondes les plus longues des rayons visibles,  $0^{\text{mm}},00076$  (raie A), forment dans l'échelle des vibrations une étendue de près de deux octaves, dont le rapport est 1 : 4; on peut ajouter que cette étendue dépasserait trois octaves, dont le rapport est 1 : 8, si l'on considérerait les ondes les plus longues,  $0^{\text{mm}},00190$ , des derniers rayons calorifiques obscurs qui ont pu être observés.

Enfin, dans une dernière partie, l'auteur expose les observations spéciales qu'il a faites pour rapporter au mètre toutes les mesures données dans le Mémoire. Il montre qu'il suffisait, pour atteindre ce but, de mesurer directement en fractions de l'unité métrique une seule longueur d'onde, celle de la raie D par exemple, celle de tous les autres rayons se trouvant alors, d'après la méthode, elle-même exprimée en fractions de la même unité.

Le résultat final obtenu par l'auteur est  $0^{\text{mm}},0005888$  pour la longueur d'onde de la raie D rapportée au millimètre.

Ce nombre concorde exactement avec celui que les physiciens avaient adopté d'après Fraunhofer, tout en souhaitant depuis longtemps qu'il pût être soumis à un contrôle aussi direct et aussi rigoureux. On pourra donc l'employer désormais avec une sécurité plus grande encore dans les applications nombreuses auxquelles se prête si bien la lumière jaune du sodium, particulièrement pour la mesure d'autres longueurs très-petites.

En résumé, le Mémoire n° 1 est certainement le travail le plus approfondi et le plus satisfaisant qui ait été fait depuis Fraunhofer, relativement aux longueurs d'onde des divers rayons qui composent la lumière. De l'avis de tous vos Commissaires, ce travail révèle chez son auteur des connaissances théoriques distinguées et une grande habileté expérimentale. On pouvait souhaiter, sans doute, qu'il eût employé quelque autre méthode d'observation concurremment avec celle des réseaux. Cependant son Mémoire a fait faire à la question des progrès si considérables, que votre Commission s'est trouvée unanime pour lui décerner le prix.