

*ductile et brillant, mais sans formation d'enduit sur le charbon.*

Dans ce cas sont les oxydes ou sels de :

*Étain* (sur le fil de platine l'oxyde d'étain se combine avec la soude avec effervescence),

*Argent,*

*Cuivre,*

*Or.*

**358. Essai au nitrate de cobalt.** — Cet essai, borné aux substances blanches ou incolores, fournit immédiatement quelques renseignements utiles, suivant la coloration qu'elles prennent au contact du sel de cobalt. On humecte légèrement la matière placée sur le charbon avec une goutte de la solution du sel, et on la calcine fortement; on obtient alors :

Un verre bleu avec les.....	{ phosphates.... borates..... et silicates.... }	alcalins.
Une masse bleue non fondue avec	{ l'alumine et plusieurs de ses combinaisons. le phosphate d'alumine et quelques silicates.	
Une masse d'un beau vert avec...	l'oxyde de zinc.	
Une masse bleue verdâtre avec....	l'oxyde d'étain.	
Une masse rouge de chair avec....	la magnésie.	
Une masse grise ou noire avec.....	la strontiane et la chaux.	

## ANALYSE SPECTRALE

359. On a vu ci-dessus que plusieurs substances, notamment les alcalis et les terres alcalines, jouissent de la propriété de communiquer au dard du chalumeau, et aux flammes peu éclairantes en général, des colorations spéciales, souvent caractéristiques.

Toutefois, lorsque plusieurs de ces bases existent simultanément dans un mélange, ce caractère perd beaucoup de sa netteté, et ne fournit plus alors que des résultats incertains. La nouvelle méthode de MM. Kirchhoff et Bunsen, fondée sur l'observation du spectre des flammes ainsi colorées, permet au contraire de déterminer ces bases avec une entière certitude, même quand elles sont mélangées les unes avec les autres.

Ce moyen d'investigation est susceptible de rendre de grands services dans les essais qualitatifs, en permettant de constater, d'une manière aussi sûre qu'expéditive, la présence des moindres traces de corps dont la recherche par les procédés ordinaires nécessite des opérations longues et délicates. C'est ainsi que l'apparition dans le spectre de caractères n'appartenant à aucun métal connu, a conduit MM. Kirchhoff et Bunsen à la découverte de deux nouveaux métaux, le césium et le rubidium, qui se trouvent dans certains produits minéraux en quantité trop minime pour pouvoir être distingués du potassium, dont ils partagent presque toutes les réactions.

Avant de décrire l'appareil servant à ces recherches,



nous rappellerons sommairement les principes sur lesquels est fondée cette nouvelle méthode d'analyse.

**360. Spectre solaire.** — On sait que, lorsqu'un faisceau de lumière solaire pénètre par une fente étroite dans une chambre obscure et tombe sur un prisme, il est non seulement dévié de sa direction primitive, mais qu'il éprouve encore le phénomène de la dispersion. Reçu sur un écran, le faisceau émergent est dilaté dans une direction normale à l'arête du prisme, et présente la série des couleurs (violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge), à laquelle on a donné le nom de spectre.

Il est d'ailleurs facile de comprendre que les couleurs élémentaires, qui concourent à la formation du spectre obtenu de cette manière, ne peuvent pas être pures, mais

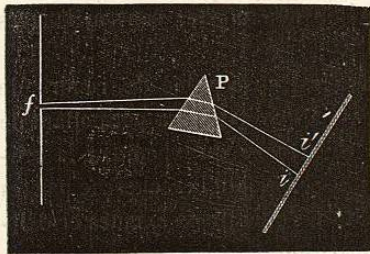


Fig. 111.

qu'elles sont au contraire forcément mélangées les unes avec les autres. En effet, chacun des faisceaux de lumière simple, contenus en nombre infini dans la lumière blanche, donne sur l'écran, dans l'ordre des réfrangibilités, une image  $ii'$  uniformément colorée mais élargie de la fente  $f$  (fig. 111), par suite du défaut de parallélisme des rayons solaires. Comme toutes ces images sont réunies dans un espace limité, dépendant du pouvoir dispersif du prisme  $P$ , elles se superposent en partie et donnent nécessairement

un spectre continu, dans lequel les couleurs, au lieu d'être distinctes et tranchées, sont fondues insensiblement depuis le rouge jusqu'au violet. Il est évident que ces images, dont l'étendue dépend de la largeur de la fente, se superposent d'autant moins que celle-ci sera plus déliée. On aurait donc un spectre dont les couleurs seraient très pures, s'il était possible d'employer une fente extrêmement étroite. Mais, cette condition ne pouvant être remplie sans diminuer considérablement l'intensité de l'image, on a eu recours à une disposition particulière qui permet, à la fois, d'obtenir un spectre brillant, et d'isoler suffisamment les couleurs élémentaires.

Cette disposition consiste à placer immédiatement après le prisme une lentille achromatique  $L$  à long foyer (fig. 112),

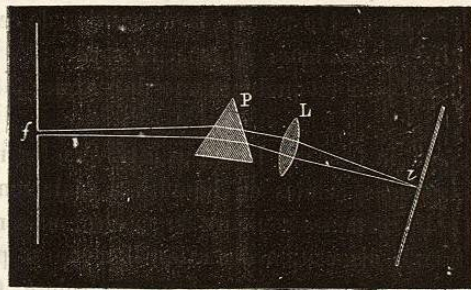


Fig. 92.

à une distance de la fente  $f$  au moins égale au double de la distance focale. Avec de la lumière homogène on obtiendrait ainsi, au foyer conjugué, une image nette et brillante  $i$ , dont la largeur serait d'autant moindre que la lentille serait plus éloignée de la fente. Il résulte de là, qu'avec une fente relativement assez large (1 millimètre environ), on



obtient un spectre dans lequel les couleurs élémentaires sont à peine superposées.

**361. Raies de Fraunhofer.** — Le spectre obtenu dans ces conditions ne paraît plus continu, mais présente, parallèlement à la fente, des lignes obscures, connues sous le nom de raies de Fraunhofer. Ces raies, dues à l'absence dans la lumière solaire de certaines couleurs élémentaires, sont irrégulièrement distribuées dans l'étendue du spectre; mais chacune d'elles, occupant une place fixe et déterminée, devient dès lors un point de repère invariable.

Fraunhofer a choisi parmi les raies des différentes couleurs celles qui s'y distinguent le mieux, et sont par suite les plus faciles à retrouver. Il les a désignées, en allant du rouge au violet, par les lettres A, B, C, D, E, F, G et H. Le n° 1 de la figure 118 montre la disposition de ces raies dans les diverses couleurs du spectre solaire; les lettres *a*, *b*, etc., y représentent quelques-unes de ces raies de second ordre.

Le passage du faisceau lumineux à travers les milieux colorés diaphanes, solides ou liquides, a seulement pour effet d'affaiblir certaines couleurs du spectre, mais ne modifie en rien la disposition des raies. Il n'en est plus de même lorsque le faisceau traverse un gaz coloré, tel que le gaz hyponitrique, les vapeurs d'iode, etc. Dans ce cas, certaines couleurs élémentaires étant complètement absorbées, on voit apparaître dans le spectre beaucoup de raies nouvelles, dont le nombre et la disposition varient avec la nature du gaz interposé.

**362. Spectres de diverses sources lumineuses.** — La lumière que réfléchissent la lune et les planètes donne des

spectres présentant exactement les mêmes raies obscures que celles qui appartiennent au spectre solaire direct. Il n'en est point ainsi pour les spectres que donnent les étoiles; les raies obscures ne s'y trouvent ni en même nombre ni disposées de la même manière.

Les différences sont encore plus tranchées avec les lumières artificielles. Les spectres des corps incandescents (platine, chaux, etc.) sont entièrement continus. Ceux des flammes, sans présenter les raies fines de la lumière solaire, se font remarquer par la présence de bandes obscures mal définies et par l'apparition de raies brillantes.

Ce dernier phénomène acquiert bien plus d'intensité pour le spectre de la lumière électrique. Les raies brillantes qu'on y observe sont dues à la présence d'une substance volatilisée. On a reconnu, en effet, qu'en plaçant un métal entre les charbons qui servent d'électrodes, on obtient des raies brillantes nouvelles, dont la couleur et la disposition varient pour les divers métaux, mais se reproduisent toujours avec une rigoureuse identité pour un même métal. Il était donc permis de penser que ces raies brillantes provenaient de la superposition, au spectre continu des charbons incandescents, d'un spectre particulier à ces métaux qui, au lieu d'être continu, serait formé de couleurs plus ou moins vives, séparées par de larges intervalles obscurs. C'est là ce que démontre l'observation du spectre produit par le passage de l'étincelle entre des électrodes exclusivement métalliques. On reconnaît ainsi que les divers métaux sont caractérisés par une ou plusieurs raies brillantes, dont la couleur et la position sont parfaitement constantes pour chaque métal particulier.



Malgré leur extrême netteté, ces caractères spécifiques ne pouvaient être utilisés dans les recherches analytiques, à cause des difficultés d'expérimentation. Il fallait donc trouver un moyen plus facile de produire et d'observer ces spectres; c'est ce que MM. Kirchhoff et Bunsen ont réalisé d'une manière aussi élégante qu'ingénieuse, pour tous les métaux dont les combinaisons sont susceptibles de se volatiliser dans les flammes.

363. **Spectromètre.** — L'appareil primitif de MM. Kirchhoff et Bunsen se compose d'une boîte A (fig. 113), noircie

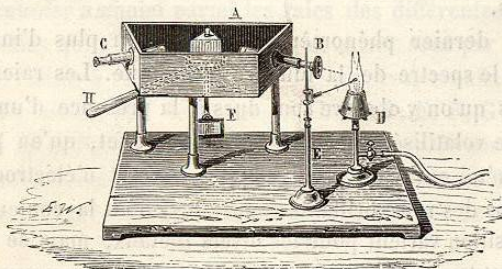


Fig. 113.

intérieurement, reposant sur trois pieds. L'une des parois verticales porte une petite lunette B dont l'oculaire est remplacé par un disque de laiton muni d'une fente verticale placée au foyer de l'objectif. C'est devant cette fente qu'on met la lampe D, de manière que l'axe de la lunette rencontre le bord de la flamme; un support E maintient un peu au-dessous de cet axe un fil de platine chargé de la perle de sel à examiner (voy. 342, p. 368). Comme les raies brillantes que l'on cherche à observer sont d'autant plus apparentes que la flamme est plus chaude et moins éclairante, il convient

d'employer pour ces essais le brûleur à gaz connu sous le nom de bec de Bunsen (14, p. 23). Au centre de l'appareil, et en face de la lunette B, se trouve un prisme d'un angle de 60 degrés, supporté par un disque mobile autour d'un axe vertical, qui se termine, au dessous de la boîte, par un miroir F; le levier H permet de donner un mouvement de rotation à cet axe. En face du miroir on dispose une lunette servant à lire l'image réfléchie d'une échelle horizontale placée à une petite distance. Enfin, sur une autre paroi de la boîte, se trouve une lunette C munie d'un fil vertical et disposée de manière à recevoir les rayons émergeant du prisme.

L'objectif de la lunette B sert de collimateur; il a pour effet de rendre parallèles les rayons qui traversent la fente, et, par suite, de donner un spectre net avec un appareil de petites dimensions. Quant au prisme, il doit avoir un pouvoir dispersif considérable; le mieux est d'employer pour ses recherches un prisme creux rempli de sulfure de carbone. La lunette C, dont le grossissement doit être faible, sert à observer les différentes parties du spectre; on les amène successivement sur le fil vertical de l'oculaire, en faisant tourner le prisme au moyen du levier H. Si, pour chaque position du prisme, on observe la division de l'échelle horizontale qui coïncide avec le réticule de la lunette placée vis-à-vis du miroir, on pourra mesurer les distances des diverses lignes brillantes d'un spectre, et les rapporter aux raies de Fraunhofer qui servent de repère.

364. La disposition qui vient d'être décrite laisse cependant beaucoup à désirer en ce qui concerne la détermination des positions relatives des raies, mais il est facile de



donner à ces mesures une grande précision en modifiant l'appareil, comme l'indique la figure 114. Le plus grand côté

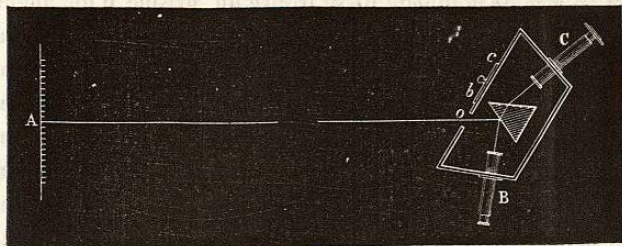


Fig. 114.

de la boîte porte une ouverture *o*, qui peut être fermée avec un obturateur *bc* glissant dans une rainure; en face de cette ouverture, et à une distance de 3 à 4 mètres, se trouve une règle divisée éclairée par une bougie. Lorsqu'une raie brillante a été amenée sur le réticule de la lunette d'observation *B*, on fait glisser l'obturateur, de manière à démasquer l'ouverture *o*; on voit alors, par réflexion sur la surface d'émergence du prisme, l'image de la règle, et on détermine aisément la division avec laquelle coïncide la raie que l'on observe. On obtiendra une image nette de la règle en tirant convenablement l'oculaire de la lunette *B*; il faudra seulement, pour mettre le spectre au foyer, rapprocher dans le même rapport le collimateur *C* de la fente, afin que celle-ci paraisse située à la même distance que la règle. Bien que les rayons qui émanent de la fente soient un peu divergents, on obtient ainsi des spectres d'une grande netteté; d'ailleurs ces conditions sont à peu près celles dans lesquelles opérait Fraunhofer<sup>1</sup>.

1. Cette disposition ingénieuse est due à MM. DIACON et MOITESSIER, qui se sont occupés, dans mon laboratoire, de ces intéressantes recher-

365. *Spectroscope à lunette horizontale* — M. Steinheil, de Munich, a construit, sur les indications de MM. Kirchhoff et Bunsen, un appareil perfectionné bien préférable pour les recherches à celui qui vient d'être décrit. Ce nouvel appareil se compose d'un pied qui porte un disque sur lequel sont fixés le prisme de flint, et les trois tubes de lunette mobiles autour du prisme. L'un des tubes est muni, à son extrémité voisine du prisme, d'une lentille ayant pour objet de rendre parallèles les rayons émis par la lumière à étudier; à l'autre extrémité il porte le diaphragme à fente mobile, qui réduit le faisceau de rayons à une dimension convenable. Cette fente n'est libre qu'à moitié; sa partie, inférieure est recouverte par un petit prisme de verre qui sert à envoyer au prisme intérieur, par une réflexion totale, les rayons provenant d'une seconde source placée latéralement, tandis que les rayons émis par la première source traversent directement la partie supérieure de la fente. Cette disposition permet à l'observateur d'apercevoir dans la lunette dirigée sur le prisme deux spectres, l'un au-dessus de l'autre, et de comparer la position relative de leurs raies. Un autre tube est muni, du côté du prisme, d'une lentille, et, du côté opposé, d'une échelle micrométrique placée au foyer de la lentille et éclairée par une lumière extérieure. L'image de l'échelle, réfléchiée par la face d'émergence du prisme, se voit dans la lunette et peut être amenée au parallélisme

ches lorsqu'ils ont eu connaissance du mémoire de MM. KIRCHHOFF et BUNSEN, publié dans les *Annales* de Poggendorf.

MM. DIACON et MOITESSIER ont encore trouvé de l'avantage à rendre la lunette *B* mobile autour de l'axe du prisme; on peut alors placer facilement le prisme et la lunette dans la position la plus favorable à l'observation de certaines raies, position qui n'est pas la même pour les parties extrêmes du spectre.



avec le spectre que l'on observe. Ce micromètre est une photographie, réduite au quinzième environ, d'une échelle divisée en millimètres; les traits de division, qui se détachent en noir sur un fond blanc, apparaissent en clair sur un fond noir dans la photographie. Le prisme et les objectifs sont abrités de la lumière extérieure au moyen d'un tambour de cuivre noirci en dedans, ou bien avec un écran de drap noir. Quand tout est en ordre, on voit l'image de l'échelle raser le spectre dont on veut déterminer les raies. Si l'on connaît déjà par une observation préalable la position des raies de Fraunhofer, par rapport aux divisions de l'échelle, il est facile de rapporter au spectre solaire les raies brillantes du spectre que l'on étudie. C'est en opérant ainsi que MM. Kirchhoff et Bunsen ont pu fixer la position exacte des raies spécifiques des métaux alcalins et alcalino-terreux; chacune de ces raies est rapportée sur une échelle dont les divisions correspondent à celles du micromètre de leur appareil.

Ces dispositions sont réalisées dans le spectroscopie à lunette horizontale construit par M. Duboscq. La figure 115 représente cet appareil, dont on fait un fréquent usage dans les laboratoires lorsqu'il s'agit d'appliquer la spectroscopie aux observations délicates de l'analyse chimique.

T est un prisme en flint : il est couvert d'une boîte percée d'ouvertures en face des lunettes A, B et C; cette boîte a pour objet d'éliminer tout rayon provenant de la lumière diffuse. B est une lunette faisant collimateur; elle porte une fente dont le degré d'ouverture se règle avec une vis; cette fente, étant au foyer de la lentille de la lunette, rend parallèles les rayons qui tombent sur le prisme. La lunette D permet de viser cette fente au travers du prisme; elle reçoit

un mouvement de rotation autour de la verticale qui passe par le prisme, de façon à ce qu'on puisse viser à volonté les différentes parties de l'image spectrale. La lunette R projetée dans l'oculaire l'image d'un micromètre qui donne nettement les distances comparatives des raies du spectre. Le micromètre étant éclairé par transparence par la flamme d'une bougie, son image est réfléchiée dans la lu-

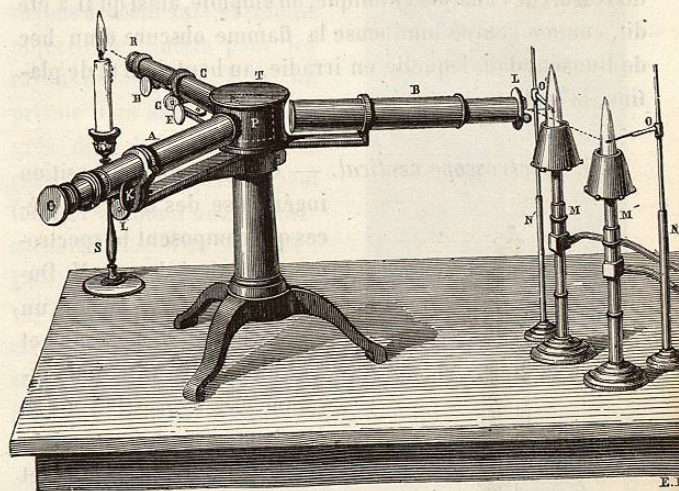


Fig. 115.

nette d'observation A par la surface antérieure du prisme placé en T; de cette façon, l'image spectrale s'étend sur celle du micromètre. A l'extrémité du collimateur B se trouve, en face de la fente, dont il couvre la moitié, un petit prisme en verre faisant fonction de miroir.

On peut réfléchir, au moyen de ce prisme, les rayons solaires ou ceux d'une autre source lumineuse, lesquels, pé-



nétrant par la même fente que ceux de la source initiale, donnent un second spectre que l'on voit, dans la lunette, en même temps que le premier : il est placé au-dessus ou au-dessous, suivant une position rigoureusement parallèle; on peut donc, ainsi, comparer les parties de même réfrangibilité de deux sources lumineuses.

Pour effectuer à l'aide de cet appareil les observations du ressort de l'analyse chimique, on emploie, ainsi qu'il a été dit, comme source lumineuse la flamme obscure d'un bec de Bunsen, dans laquelle on irradie, au bout d'un fil de platine, la matière à examiner.

366. *Spectroscope vertical.* — Grâce à une disposition ingénieuse des diverses pièces qui composent le spectromètre décrit ci-dessus, M. Duboscq a pu construire un appareil simple, élégant et très commode pour l'observation. Les figures 115 et 116 représentent, la première l'ensemble de l'appareil, et la deuxième sa coupe suivant l'axe vertical.

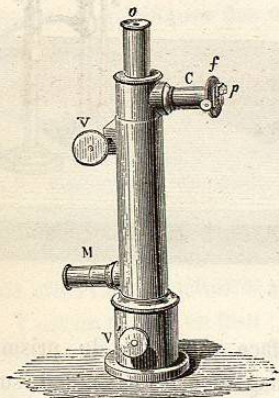


Fig. 116.

Dans le cylindre C se trouve un prisme à hypoténuse d'un angle de 45 degrés; il a pour objet de renvoyer verticalement de haut en bas les rayons lumineux qui ont traversé la fente *f*. Cette fente est munie, comme dans le spectromètre de M. Steinheil, d'un petit prisme *p*, permettant d'in-

roduire par une réflexion totale la lumière d'une flamme latérale. En L est une lentille achromatique placée de façon que la fente *f* soit à son foyer principal; cette lentille fonctionne à la fois comme collimateur pour le faisceau de rayons descendants, et comme objectif de lunette pour les rayons décomposés. P est un prisme d'un angle de 30 degrés dont la face inférieure est argentée; ce prisme peut tourner autour d'un axe horizontal au moyen du bouton V'. Le rayon *ab*, émané de la fente, se réfléchit verticalement de haut en bas, traverse la lentille L et tombe en *c* sur le prisme P; là, il se rétracte suivant *cc'*, arrive perpendiculairement sur la face inférieure, parcourt le même chemin *c'c* dans l'intérieur du prisme, et prend à l'émergence la direction *ce*. Par suite de ce double passage, le rayon éprouve exactement la même dispersion qu'à travers un prisme ordinaire d'un angle de 60 degrés. Le rayon décomposé est observé au moyen d'un oculaire négatif à deux lentilles *o* et *o'*, muni d'un diaphragme *d* qui porte un réticule. La monture de l'oculaire est disposée pour recevoir un manchon dans lequel se trouve un prisme, au moyen duquel on peut observer le spectre en regardant dans une direction horizontale; une crémaillère munie d'un bouton V permet de mettre

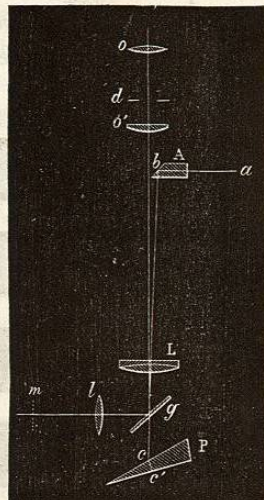


Fig. 117.

tro duire par une réflexion totale la lumière d'une flamme latérale. En L est une lentille achromatique placée de façon que la fente *f* soit à son foyer principal; cette lentille fonctionne à la fois comme collimateur pour le faisceau de rayons descendants, et comme objectif de lunette pour les rayons décomposés. P est un prisme d'un angle de 30 degrés dont la face inférieure est argentée; ce prisme peut tourner autour d'un axe horizontal au moyen du bouton V'. Le rayon *ab*, émané de la fente, se réfléchit verticalement de haut en bas, traverse la lentille L et tombe en *c* sur le prisme P; là, il se rétracte suivant *cc'*, arrive perpendiculairement sur la face inférieure, parcourt le même chemin *c'c* dans l'intérieur du prisme, et prend à l'émergence la direction *ce*. Par suite de ce double passage, le rayon éprouve exactement la même dispersion qu'à travers un prisme ordinaire d'un angle de 60 degrés. Le rayon décomposé est observé au moyen d'un oculaire négatif à deux lentilles *o* et *o'*, muni d'un diaphragme *d* qui porte un réticule. La monture de l'oculaire est disposée pour recevoir un manchon dans lequel se trouve un prisme, au moyen duquel on peut observer le spectre en regardant dans une direction horizontale; une crémaillère munie d'un bouton V permet de mettre



les images exactement au foyer. Enfin, M est une cylindre dans lequel se trouve en *l* une lentille achromatique; à l'autre extrémité, et au foyer de la lentille *l*, est une échelle micrométrique *m* éclairée par une lumière placée en de-

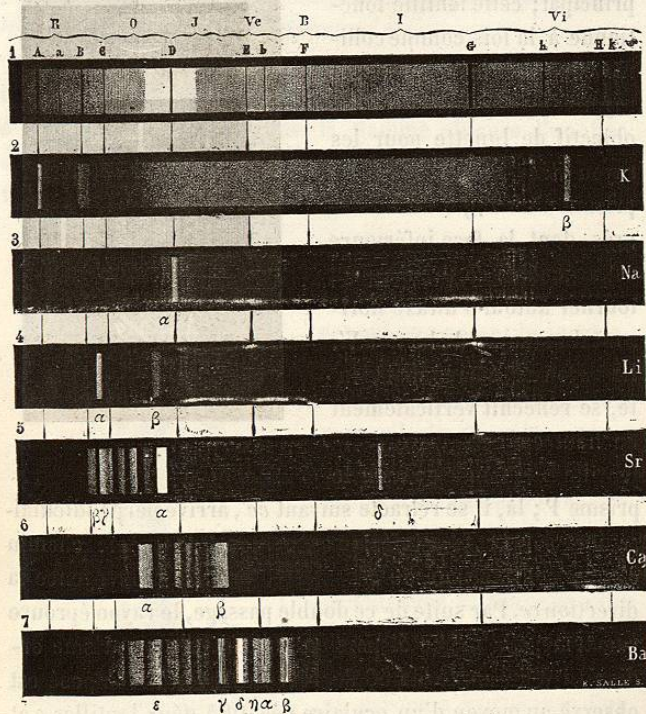


Fig. 118

hors; l'image de cette échelle est reçue sur une glace non étamée *g*, inclinée à 45 degrés; de là, elle est renvoyée verticalement de bas en haut, et vient se projeter sur toute l'étendue du spectre.

367. Les spectres reproduits dans la figure 118 sont ceux que l'on observe avec une fente d'une largeur telle qu'on ne puisse distinguer parmi les raies obscures du spectre solaire que les plus apparentes. Si la fente était plus étroite, certaines raies, représentées comme simples, pourraient se dédoubler. Les spectres des différents métaux dont nous avons à parler sont précédés du spectre solaire, n° 1. Les raies de Fraunhofer ont été prolongées dans toute l'étendue de la figure, afin que l'on puisse facilement déduire la couleur des lignes brillantes d'après la position qu'elles occupent.

Nous allons maintenant examiner les spectres qui caractérisent les métaux alcalins et alcalino-terreux. Il est à remarquer que le spectre donné par un composé est d'autant plus intense que la température de la flamme est plus élevée, et que de toutes les combinaisons d'un même métal, c'est la plus volatile qui, pour une même flamme, produit les raies les plus brillantes. L'expérience démontre d'ailleurs que la nature du principe électro-négatif d'une substance n'a pas d'influence sensible sur la position des raies du spectre correspondant à chaque métal.

368. **Potassium.** — Les sels de potasse donnent naissance à un spectre presque continu (fig. 118, n° 2), qui ne présente que deux raies brillantes caractéristiques : l'une  $\alpha^1$ , située dans le rouge sombre, correspond exactement à la raie obscure A du spectre solaire; l'autre  $\beta$ , violette, cor-

1. Les raies brillantes des spectres des divers métaux se désignent, dans l'ordre de leur intensité décroissante, par les lettres  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ..., placées à côté du symbole de chaque métal. Ainsi, on représente par K $\alpha$  la raie la plus brillante du potassium.



respond également à une raie de Fraunhofer. Il existe en outre une troisième raie très faible, située dans le rouge et coïncidant avec la raie obscure B.

L'hydrate de potasse, et tous les sels de potasse à acides volatils (chlorure, bromure, iodure, carbonate, sulfate), donnent cette réaction, qui est encore sensible pour un milliègne de milligramme de chlorure de potassium.

369. **Sodium.** — Le spectre de ce métal est remarquable par la présence d'une raie unique  $\alpha$ , à bords bien tranchés et d'un grand éclat (fig. 118, n° 3); elle est située dans le jaune et correspond exactement à la double raie D de Fraunhofer.

Cette réaction, qui est d'une extrême sensibilité, s'observe avec tous les composés du sodium, mais elle est surtout intense avec les sels à acides volatils. Un trois-millionième de milligramme de chlorure de sodium donne encore une raie nettement perceptible; aussi apparaît-elle dans la plupart des essais au spectroscope, car l'air atmosphérique et les corps qui y ont séjourné contiennent presque toujours des traces de chlorure de sodium.

370. **Lithium.** — Les sels de lithium, susceptibles de se volatiliser dans la flamme, donnent naissance à deux raies bien limitées (fig. 118, n° 4): l'une  $\alpha$ , d'un beau rouge et très brillante, est comprise entre les raies B et C de Fraunhofer, l'autre  $\beta$ , très faible, est située dans la partie orangée du spectre.

La réaction du lithium, presque aussi sensible que celle du sodium, s'observe facilement avec tous les sels de lithine à acides volatils; l'œil perçoit nettement la raie  $Li\alpha$  produite

dans la flamme par la présence d'un cent-millième de milligramme de carbonate de lithine. Cette sensibilité a permis de démontrer ce fait inattendu que le lithium est un des corps le plus généralement répandus dans la nature.

371. **Strontium.** — Les raies brillantes qui composent le spectre du strontium sont au nombre de huit, à savoir: six rouges, une orangée et une bleue (fig. 118, n° 5).

Les raies les plus caractéristiques, sous le double rapport de la position et de l'intensité, sont: la raie orangée  $\alpha$ , qui est placée à côté de la raie du sodium, la raie bleue  $\delta$ , et les deux raies rouges  $\beta$  et  $\gamma$ , dont la dernière coïncide avec la raie C de Fraunhofer.

Les sels de strontiane à acides volatils sont les seuls qui produisent cette réaction, qui est d'ailleurs assez sensible pour permettre de constater la présence, dans la flamme, d'un cent-millième de milligramme de chlorure de strontium.

372. **Calcium.** — Ce métal donne un spectre formé de plusieurs raies comprises entre le rouge et le vert (fig. 118, n° 6). Deux d'entre elles sont surtout caractéristiques, une large raie orangée  $\alpha$ , située plus près du rouge que  $Sr\alpha$  du strontium, et une belle raie verte  $\beta$ . Indépendamment de ces raies, on voit encore, lorsque la coloration de la flamme est intense, une raie bleue très pâle comprise entre les raies  $Sr\delta$  du strontium et  $K\beta$  du potassium.

Parmi les combinaisons du calcium, celles à acides très volatils sont les seules qui donnent immédiatement la réaction; le sulfate et le carbonate ne la produisent qu'au bout de quelque temps; elle n'a pas lieu pour les sels à acides