

227. Découpez une bande de papier blanc ayant 5^{cm} de long sur 5^{mm} de large, collez-la sur une feuille de papier noir, et observez-la à travers le prisme.

La bande de papier doit être vivement éclairé. En se plaçant à la distance convenable, on voit un spectre solaire. Cette expérience est importante pour les observations ultérieures.

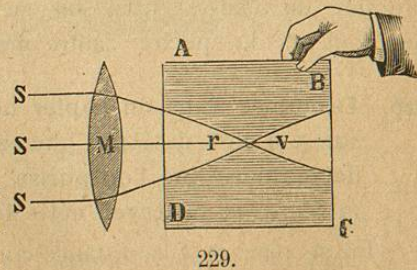
228. Recevez sur la lentille les rayons du soleil, derrière la lentille placez un écran blanc, et observez le cercle lumineux qui s'y produit quand l'écran est placé soit en deça soit au delà du foyer.

Quand l'écran est entre la lentille et le foyer, le cercle lumineux est bordé de jaune ou de rouge; il est bordé de bleu quand l'écran est au delà du foyer. L'explication de ce phénomène réside dans la différence de réfrangibilité entre les divers rayons colorés. Nous devons bien remarquer que notre lentille a un foyer différent pour chaque espèce de rayons. Les rayons violets sont les plus déviés, leur foyer est donc plus voisin de la lentille que celui des rayons rouges. La distance entre ces deux foyers s'appelle *aberration chromatique* ou *aberration de réfrangibilité*. C'est pour cela que nous avons observé sur les bords du cercle d'abord des rayons rouges, puis des rayons violets.

Les appareils d'optique bien soignés ont, au lieu d'une lentille convergente ordinaire, une combinaison de lentilles qui corrige l'aberration chromatique. Cet ensemble de lentilles est appelé *lentille achromatique*.

229. Recevez sur la lentille les rayons du soleil; derrière la lentille et parallèlement à l'axe principal, tenez un écran blanc, et observez-y les bandes colorées. (V. la fig.)

La figure montre la disposition de l'expérience. *ABCD* est l'écran blanc. Les couleurs se montrent très vives. Dans l'expérience précédente, le jaune et le rouge se voient difficilement parce que l'œil est ébloui par l'éclat du disque éclairé.



229.

230*. Pour bien observer l'aberration chromatique, recevez sur la lentille les rayons du soleil, et au foyer placez un miroir renvoyant les rayons sur la lentille. En tenant, à grande distance, devant une moitié de la lentille, une feuille de papier blanc (non transparent), on y voit un demi-cercle coloré.

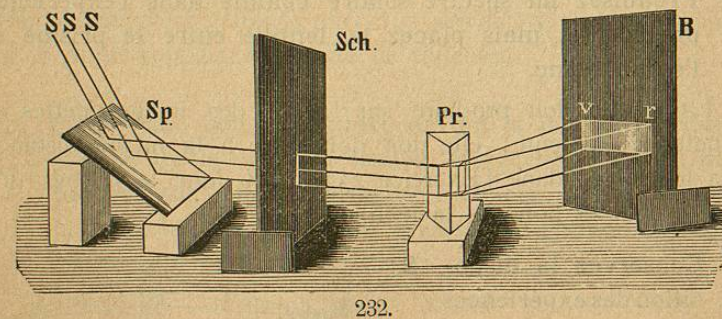
En plaçant bien le miroir, on obtient sur le papier un demi-cercle présentant un spectre complet depuis le rouge jusqu'au violet. Comparez l'Exercice 197.

231. Dirigez au moyen du miroir les rayons du soleil sur le prisme placé verticalement, et recevez sur un écran blanc le spectre qui se produit.

Ce n'est qu'une autre forme de l'Exercice 223. On s'arrangera de manière à faire tomber le spectre dans la partie la plus sombre de la chambre. Il n'est pourtant pas nécessaire d'y faire l'obscurité complète.

232. Conservez la disposition de l'expérience précédente, mais placez entre le prisme et le miroir un écran noir percé d'une ouverture en fente. (V. la fig.)

La fente aura 5^{cm} de long sur 5^{mm} de large. On peut prendre à volonté la distance de la fente au prisme; les détails se trouveront en disposant l'expérience. Naturellement on préservera



232.

autant que possible l'écran blanc de toute lumière étrangère, sans qu'il soit toutefois nécessaire de faire obscurité complète. — Au commencement, on laissera le prisme de côté, de sorte que les rayons du soleil tombent directement de la fente sur l'écran blanc. L'image qu'ils y forment n'est sensiblement un rectangle

que pour une faible distance entre l'écran et la fente (Exercice 128). Dans la figure, on a, pour plus de clarté, négligé les apparences lumineuses expliquées dans l'Exercice 128. En réalité, le spectre paraît arrondi à droite et à gauche. — Il est bon de diminuer la largeur de la fente pendant le cours de l'expérience.

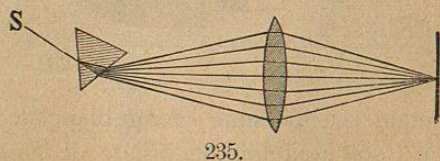
233. Conservez la disposition de l'expérience précédente, mais placez la lentille entre le prisme et la fente.

La fente doit se trouver entre le foyer et le double de la distance focale. Il se produit alors sur l'écran blanc une image faiblement agrandie de la fente; il faudra la trouver d'abord. On placera ensuite le prisme dans la position de déviation minimum (Exercice 173). L'écran sera à peu près perpendiculaire à la direction des rayons qu'il reçoit; sa distance au prisme doit être telle que les rayons parcourent pour arriver à l'écran un trajet aussi long qu'auparavant. Nous devons considérer qu'il part de la fente des rayons ayant les teintes les plus diverses. La fente forme donc sur l'écran une image rouge, une autre orangée, une jaune, etc. Plus ces images de la fente deviennent nettes sur l'écran, plus le spectre se voit distinctement, puisqu'il n'est que la réunion de toutes ces images colorées de la fente, images qui sont en partie superposées et en partie juxtaposées. L'Exercice 233 fournit la meilleure disposition pour produire un spectre solaire bien pur.

234. Produisez un spectre solaire comme dans l'expérience précédente, mais placez la lentille entre le prisme et l'écran blanc.

La lentille doit produire sur l'écran des images nettes et distinctes de la fente; elle doit donc être à la même distance de la fente que dans l'Exercice 233; c'est donc le prisme qu'il faut déplacer et non pas la lentille.

235. Conservez la disposition des expériences précédentes, mais donnez à la lentille et à l'écran blanc une position telle que les divers rayons colorés se réunissent juste sur l'écran en y formant une bande blanche. (V. la fig.)



Si la lumière blanche est composée de rayons diversement colorés, la réunion de ces rayons colorés doit donner de nouveau du blanc. C'est cette conséquence qu'il s'agit d'établir par l'expérience. Ce n'est donc pas une image de la fente qu'il faut produire sur l'écran, mais une image de l'endroit où commence la décomposition de la lumière solaire. (V. l'Exercice 226.) Cet endroit se trouve sur la face du prisme qui est tournée du côté de la fente. On placera donc la lentille à une distance de cette face égale à deux fois la distance focale, et l'écran se placera à la même distance derrière la lentille. La fente ne doit pas être large, afin que la lentille embrasse tous les rayons colorés. Si l'on tient l'écran non au point de concours des rayons mais plus loin de la lentille, le spectre reparaît, mais renversé, parce que les rayons colorés se sont croisés à leur point de concours avant de tomber sur l'écran. — Comparez encore ceci avec l'Exercice 225.

236. Dirigez au moyen du miroir les rayons solaires sur le prisme tenu verticalement, et, avec la lentille, réunissez les rayons qui sortent du prisme de manière à recomposer la lumière blanche.

La disposition de l'expérience se déduit des explications données aux nos 231 et 235. On obtient, au point de concours des rayons, une image de la face du prisme où commence la dispersion des rayons colorés. On peut coller sur cette face (celle tournée vers le soleil) un corps servant de point de repère, par exemple une bande étroite de tulle fin.

237. Placez une bougie allumée devant la lentille, au double environ de la distance focale, et recevez l'image de la flamme sur un écran blanc. Placez alors le prisme entre la lentille et l'écran, et observez l'image que donne maintenant la flamme.

L'image de la flamme paraît colorée sur les bords, tout comme si l'œil la voyait directement à travers le prisme. (V. l'Exercice 224, succession des couleurs.)

238. Dirigez au moyen du miroir les rayons du soleil sur la lentille placée de telle sorte que son axe principal soit perpendiculaire à l'une des faces du prisme tenu

verticalement; faites varier la distance du prisme à la lentille, et observez sur un écran blanc les phénomènes qui se produisent.

Quand le prisme se trouve entre le foyer et la lentille, il se forme sur l'écran, pourvu qu'il soit à la place voulue, une série d'images colorées du soleil ou un spectre solaire. — Cet Exercice prête à des observations variées.

239. Produisez le spectre de la flamme d'une bougie en opérant comme au n° 233.

Dans l'Exercice 233 la source lumineuse était le soleil, ici ce sera la flamme de la bougie. On placera donc la bougie derrière l'écran à fente, en opérant comme précédemment pour tout le reste. — En comparant le spectre obtenu avec celui du soleil, on remarque aussitôt que, dans le spectre de la flamme de la bougie, la fente produit moins d'images bleues et violettes que dans le spectre solaire, c'est-à-dire que la lumière de la bougie contient moins de rayons bleus et violets que la lumière solaire.

De même que nous venons d'obtenir le spectre de la flamme de la bougie, nous pourrions produire celui d'autres corps lumineux. Nous trouverions ainsi que les spectres de tous les corps *solides* incandescents sont à peu de chose près semblables entre eux. Ils contiennent toutes les couleurs dans le même ordre, du rouge au violet, et ne se distinguent que par la largeur plus ou moins grande occupée par chaque teinte. (Nous savons par l'Exercice 101 que les flammes des bougies, des lampes à l'huile et du gaz doivent leur pouvoir éclairant à la présence de nombreuses particules de carbone incandescent. C'est pourquoi toutes ces flammes ont à peu près le même spectre.) — Il en est tout autrement du spectre d'un gaz ou d'une vapeur incandescente. De nombreuses recherches ont montré que chaque vapeur incandescente a un spectre bien déterminé et qui lui est exclusivement propre. Ainsi, par exemple, le spectre de la vapeur du sodium montre toujours, à une place déterminée, une ligne jaune brillante; celui de la vapeur du lithium, à une autre place également déterminée, deux lignes rouges brillantes, etc. Donc, si nous soumettons un corps contenant du sodium à une chaleur telle qu'il se vaporise et que cette vapeur devienne incandescente et par suite lumineuse, le spectre de cette vapeur doit montrer la

raie jaune brillante du sodium, en même temps que les spectres des vapeurs des autres éléments du corps. Ainsi, du spectre d'un corps nous pouvons déduire avec certitude la nature des éléments de ce corps. Ce procédé est connu sous le nom d'*Analyse spectrale*. — L'Exercice suivant en donnera une idée très élémentaire.

240. Recherchez par l'analyse spectrale si le sel de cuisine contient du sodium.

Nous devons transformer par la chaleur le sel en vapeur incandescente et produire un spectre de la lumière ainsi obtenue. Pour cela, le mieux serait de saupoudrer de sel la mèche d'une lampe à alcool. Mais la flamme d'une bougie peut suffire. Mettons donc un peu de sel sur la mèche, plaçons la bougie derrière l'écran à fente, et considérons la fente à travers le prisme. Nous voyons un spectre composé de deux autres spectres superposés, savoir le spectre de la flamme de la bougie et celui du sel. (Le premier étant très intense, nous ne pouvons voir le second à moins de prendre des précautions spéciales. On se placera de côté par rapport à la fente; quelques essais feront trouver le reste.) Nous connaissons le premier spectre; dans le second, nous sommes immédiatement frappés par la raie jaune brillante du sodium. Nous savons donc maintenant que le sel de cuisine contient réellement du sodium. Ce résultat concorde avec celui de l'analyse chimique: celle-ci montre en effet que le sel de cuisine est une combinaison de chlore et de sodium.

Les couleurs spectrales.

241. Disposez l'expérience comme au n° 232, et placez alors la lentille entre le prisme et l'écran blanc dans une position telle qu'il se produise sur l'écran une image de la fente d'abord rouge, puis jaune, puis verte, etc.

La distance de la lentille à la fente doit être environ le double de la distance focale. Il ne doit d'abord tomber sur la lentille que des rayons rouges. Si cela est trop difficile à réaliser, couvrez plutôt la lentille d'une feuille de papier noir portant une ouverture en fente. Laissez alors entrer successivement par la fente sur la lentille les rayons rouges, jaunes,

verts, etc. Il ne faut pas oublier que la distance entre la fente et l'écran blanc doit être au moins égale à quatre fois la distance focale.

242. Disposez l'expérience comme au n° 241, interceptez les rayons rouges et orangés, et réunissez, en une image de la fente, les autres rayons colorés.

Il faut placer la lentille dans une position telle que tous les rayons tombent sur elle, à l'exception des rayons rouges et orangés. On interceptera ces derniers en tenant sur leur trajet une bande de papier noir. On recevra sur l'écran l'image de la fente. Cette image paraîtra verte.

- 243*. La disposition étant la même que dans les expériences précédentes, interceptez les rayons verts, et réunissez, en une image de la fente, les autres rayons colorés.

Il faut placer la lentille dans une position telle que tous les rayons tombent sur elle. On interceptera les rayons verts en tenant sur leur trajet une bande de papier noir de largeur convenable. L'image de la fente paraît rouge.

- 244*. La disposition étant la même que dans les expériences précédentes, interceptez les rayons depuis le violet jusqu'au bleu, et réunissez, en une image de la fente, les autres rayons colorés.

L'image de la fente paraît jaune. Si l'on interceptait les rayons jaunes, l'ensemble des autres couleurs donnerait une image bleue.

Deux couleurs qui, par leur réunion, forment du blanc s'appellent *couleurs complémentaires*. Tels sont le rouge et le vert, le jaune et le bleu.

245. Dirigez, au moyen du miroir, les rayons du soleil sur le prisme en les faisant passer par la fente de l'écran noir, et recevez sur un écran blanc le spectre qui se produit. Alors, au moyen de la glace sans enduit, dirigez sur les autres couleurs du spectre d'abord les rayons rouges, puis les rayons violets.

On obtient ainsi différents mélanges de deux couleurs. Rouge et violet donnent du pourpre; rouge et bleu, du rose;

rouge et vert, du jaune-pâle; rouge et jaune, de l'orangé; violet et jaune donnent du rose; violet et vert, du bleu-pâle; violet et bleu, de l'indigo. — Il s'agit ici des couleurs du spectre, qui sont des couleurs simples. Les matières colorantes ordinaires ne donnent par leur mélange que des teintes plus ou moins voisines de celles indiquées ci-dessus.

Absorption. Couleurs des corps.

246. Pratiquez dans une feuille de papier noir une fente rectiligne de 5^{cm} de long, et, à travers cette fente, faites passer une bande de papier coloré, large de 5^{cm}. Vous aurez ainsi, sur un fond noir, une bande colorée de 5^{cm} de haut, dont vous pouvez modifier la largeur à volonté. Observez cette bande à travers le prisme.

On donnera d'abord à la bande colorée une largeur de 5^{mm}, et on l'observera en se plaçant aux distances les plus diverses; la bande doit être bien éclairée. On voit un spectre dans lequel manquent, suivant la couleur du papier, certaines couleurs isolées, de sorte que leur place paraît noire. Si l'on observe, par exemple, une bande de papier indigo, ce sont principalement l'indigo et le violet qui apparaissent dans le spectre; on voit en outre quelques bandes rouges et vertes séparées par des bandes noires. Explication: La bande indigo n'est pas lumineuse par elle-même, puisqu'on ne peut la voir dans une chambre obscure. Nous ne la voyons que lorsqu'elle est éclairée par une source lumineuse quelconque. D'après les explications données au n° 133, la surface d'aucun corps ne renvoie complètement au dehors toute la lumière qui l'éclaire. C'est même uniquement par suite de ce fait que nous pouvons voir les corps qui ne sont pas lumineux par eux-mêmes. Une surface qui renvoie toute la lumière qui tombe sur elle, c'est-à-dire un miroir parfait, est invisible en elle-même. Quand nous croyons voir la surface d'un miroir, nous nous faisons illusion; nous ne voyons en réalité que le cadre du miroir et peut-être quelques corpuscules adhérents à sa surface, poussière, vapeur d'eau, etc. — Les rayons du soleil tombent donc sur la bande de papier indigo qui est ainsi éclairée par toutes les couleurs du spectre solaire. Or, la lumière réfléchie ne se compose, d'après notre examen au

moyen du prisme, que des rayons bleus et violets avec quelques rayons rouges et verts; la matière colorante dont le papier est enduit doit donc avoir retenu les rayons jaunes et la plupart des rayons rouges et verts. On dit qu'elle les a *absorbés*, et cette propriété des corps s'appelle *pouvoir d'absorption*. En regardant à travers le prisme la bande colorée, nous voyons un *spectre d'absorption*.

Que deviennent les radiations absorbées, quel effet produisent-elles? Pour répondre à cette question, nous devons nous rappeler la nature de la lumière. Elle consiste en mouvements vibratoires de l'éther (v. l'Exercice 127); l'impression des diverses couleurs correspond à des différences de vitesse dans ces mouvements vibratoires. Ainsi, dans l'extrême rouge, chaque molécule d'éther vibre 395 billions de fois par seconde; dans un rayon de la lumière jaune du sodium (Exercices 239 et 240), 509 billions; dans l'extrême violet, 763 billions de fois. Dans la lumière absorbée, ces mouvements vibratoires des molécules de l'éther peuvent mettre en vibration les plus petites parcelles de la matière colorante. Ces nouvelles vibrations se propagent à leur tour, et nous pouvons ou bien 1^o les percevoir de nouveau comme lumière, ou bien 2^o les sentir sous forme de chaleur, ou enfin 3^o les observer dans certains effets chimiques. La lumière produite par la transformation de radiations absorbées quelconques s'observe dans les phénomènes de *fluorescence* et de *phosphorescence*. La chaleur due aux radiations lumineuses absorbées se constate à la surface de tous les corps exposés aux rayons du soleil. Les actions chimiques des radiations lumineuses sont employées dans la production des images photographiques. C'est encore à ces actions que sont dus, dans les parties vertes des plantes, la plupart des phénomènes de la végétation.

Avec le papier bleu, nous observons le 2^e et le 3^e effet de l'absorption, en ce que le papier s'échauffe et qu'avec le temps il change de couleur (il blanchit).

247. Recevez sur la lentille les rayons du soleil, et derrière la lentille tenez, près du foyer, un morceau de papier coloré. Examinez alors quel est le papier qui commence le premier à prendre feu.

C'est le papier le plus foncé, c'est-à-dire le papier indigo, violet ou noir, qui commence le premier à se carboniser;

l'inflammation du papier est un phénomène d'absorption. Le papier rouge, jaune ou vert réfléchit principalement les rayons rouges, jaunes ou verts; or ce sont précisément ceux dont l'action calorifique est la plus forte.

Un corps exposé aux radiations lumineuses s'échauffe évidemment d'autant plus qu'il peut absorber plus de radiations d'espèces différentes. Un corps qui absorbe toute la lumière incidente nous paraît noir. Une surface noire et rugueuse exposée aux rayons lumineux s'échauffera donc plus que toute autre et émettra des rayons de chaleur. Le rayon de chaleur provient, comme le rayon de lumière, de vibrations de l'éther; souvent un même mouvement vibratoire sera à la fois lumineux et calorifique. Ainsi, par exemple, un rayon rouge est perçu par l'œil comme lumière et par le toucher comme chaleur. C'est ainsi, comme nous l'avons vu plus haut, qu'un même mouvement peut provoquer en nous deux sensations différentes suivant qu'il est perçu par l'œil ou par l'oreille.

Les vibrations de l'éther les plus énergiques dans leur action calorifique sont invisibles; nous ne pouvons plus les percevoir par la vue, mais seulement par le toucher. C'est qu'elles ne sont plus assez rapides: leur nombre de vibrations est inférieur à 400 billions par seconde.

248. Placez sur une feuille de papier noir une bande de papier coloré ayant 2^{cm} de haut et 5^{mm} de large; immédiatement au-dessus, dans le prolongement, mettez une bande de papier blanc de mêmes dimensions. Considérez alors à travers le prisme la bande, moitié colorée, moitié blanche, qui a en tout 4^{cm} de haut sur 5^{mm} de large.

On obtient deux spectres superposés, celui du papier blanc et celui du papier coloré. Le papier blanc renvoyant également tous les rayons lumineux, le premier spectre est un spectre solaire, auquel nous pouvons comparer le spectre d'absorption. Les bandes de papier doivent être bien éclairées.

249. Examinez au moyen du prisme les couleurs de différents corps (soie, pétale de fleur, feuille d'étain.).

On découpera dans une feuille de papier noir une fente de 5^{cm} de haut sur 5^{mm} de large, et l'on placera derrière cette fente