

RM 831

R4

1902

RADIOTHÉRAPIE

ET

PHOTOTHÉRAPIE

I. — LA LUMIÈRE.

Depuis les origines de la médecine, l'influence bien-faisante de la lumière solaire a été empiriquement reconnue et utilisée. Depuis environ un siècle seulement, des données positives ont été acquises sur son mode d'action; l'utilisation curative de la lumière artificielle remonte à peine à quelques années. Bien que nous ne sachions, relativement à la nature intime de cette force, rien de plus que de celle des autres formes de l'énergie, nous pouvons considérer comme un des progrès les plus considérables de la science du XIX^e siècle la notion des relations qui l'unissent aux autres modalités : son, chaleur, électricité, mouvement. Ces connaissances ont permis en effet de ne plus considérer les forces comme autant de fluides distincts, jouissant de propriétés spéciales, mais bien comme des effets provenant

d'une même cause et obéissant à un ensemble de lois communes. Les applications de la lumière à la thérapeutique sont une des conséquences les plus utiles de ces découvertes.

Pour les bien faire comprendre, il nous faut exposer les transformations qu'ont subies les théories relatives à l'origine de la lumière.

1. Théorie physique de Newton. — Pendant le XVIII^e siècle, ce fut la théorie de l'émission, due à Newton, qui régna en maîtresse sur la science. L'illustre physicien considérait la lumière comme une véritable substance émanant de certains corps, susceptible de traverser l'espace et d'être absorbée, réfléchie ou réfractée, suivant les milieux qu'elle rencontrait.

2. Théorie de Huyghens. — Dès cette époque cependant, Huyghens, se fondant sur certaines expériences, admit que la lumière est le résultat d'un mouvement ondulatoire rapide de ce milieu très élastique, remplissant les espaces interplanétaires et entourant les atomes des corps, qu'on appelle l'*éther*. Au commencement du XIX^e siècle, les travaux de Fresnel vinrent confirmer la théorie de Huyghens, qu'on appelle *théorie des radiations*. Un peu plus tard, Ampère, en étudiant les actions réciproques des courants électriques, était amené à admettre l'existence de l'*éther* et fondait l'électrodynamique qui fut une des bases des progrès accomplis depuis.

3. Théorie de Faraday. — Faraday, en découvrant la polarisation rotatoire de la lumière, fut mis sur la trace de ses analogies avec l'électricité. Son expérience, très ingénieuse, mérite d'être rappelée ici. On savait déjà que les vibrations transversales de l'*éther*,

qui produisent la lumière, changent très rapidement de direction, lorsqu'on les abandonne à elles-mêmes; mais si on les fait réfléchir sur un miroir ou réfracter dans un milieu approprié, elles s'orientent toutes dans la même direction. C'est à ce phénomène qu'on a donné le nom de *polarisation*. Or, quand on soumet un rayon de lumière polarisée à l'action d'un électro-aimant puissant, la direction des vibrations change et il semble que les molécules d'*éther* tournent sur elles-mêmes. C'est ce phénomène que Faraday désigna sous le nom de *polarisation rotatoire*. Il montre que la lumière se comporte, dans ce cas, comme les gaz électrisés qui sont aussi susceptibles d'être polarisés. Vers la même époque, Helmholtz publia un mémoire sur la *conservation de l'énergie*, resté justement célèbre parce qu'il y apportait les preuves que toutes les fois qu'une force quelconque : mouvement, son, chaleur, lumière, électricité, semble disparaître, elle ne fait que se transformer en une autre modalité de l'énergie qui demeure égale à celle qui lui a donné naissance.

4. Théorie de Maxwell. — La voie était désormais ouverte pour les chercheurs, et les résultats scientifiques et pratiques obtenus aujourd'hui ne sont que la conséquence de ces premières constatations. Cependant, c'est seulement en 1868 que Maxwell exposa sa théorie électro-magnétique de la lumière qui semble aujourd'hui donner la meilleure interprétation des faits connus et permet de comprendre certaines analogies des actions physiques, chimiques, physiologiques et thérapeutiques de la lumière, de l'électricité et des rayons X. A l'aide d'une expérience ingénieuse, ce physicien avait pu apprécier que la

vitesse de l'unité électro-magnétique est sensiblement égale à celle de la lumière. Il en conclut que la lumière pourrait bien être due à des vibrations électro-magnétiques de l'éther, puisque la vitesse de ces dernières, variant de 440 à 770 trillions par

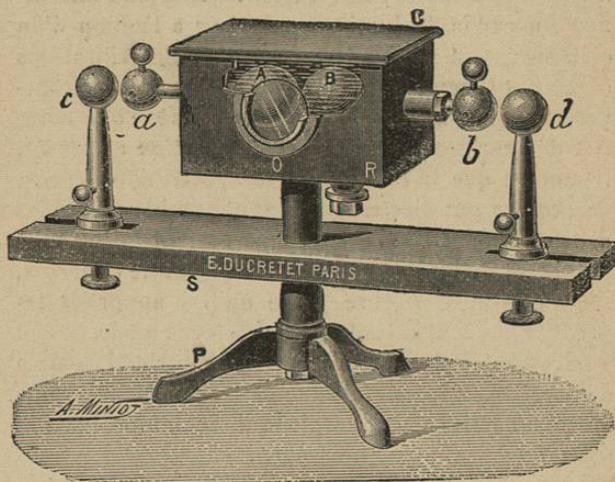


Fig. 1. — Résonnateur de Herz.

A et B, boules intérieures entre lesquelles éclate l'étincelle résonnante. — C, caisse résonnante. — a, b, c, d, bornes de prise de courant. — O, orifice pour regarder l'étincelle résonnante. — R, écrou de réglage. — S, socle. — P, pied.

seconde, est la même que celle des radiations visibles du spectre.

Pour donner à cette théorie, si séduisante par sa simplicité et sa correction mathématique, l'appui de l'expérience, il fallait obtenir des vibrations électriques encore plus rapides que celles de Maxwell.

Herz y parvint en 1888. Le point de départ de ses recherches fut basé sur un mémoire dans lequel Helmholtz avait noté que la décharge des condensateurs électriques n'est pas brusque, comme on l'avait pensé d'abord, mais que, au contraire, elle se fait par une série d'oscillations dont la durée est très courte; Federsen l'a trouvée inférieure à un dix-millionième de seconde. Herz établit que quand on fait décharger une forte bobine de Ruhmkorff dans des excitateurs dont les boules sont assez rapprochées, il se produit, entre ces dernières, une série de vibrations qui se propagent dans l'air environnant. En mettant dans le voisinage de ces excitateurs un appareil qu'il nomma *résonnateur* (fig. 1), il put obtenir de celui-ci des vibrations de même vitesse que celles de la bobine. Il démontra aussi que, si l'appareil peut recevoir et transmettre les vibrations, il est capable, dans certaines conditions, de les absorber. Grâce à cet instrument, il put se convaincre que, comme la lumière, la vibration électro-magnétique se propage en ligne droite, que, de plus, elle suit les mêmes lois de réflexion et de réfraction; enfin, en mesurant sa vitesse, il la trouva égale à celle de la lumière. Ces résultats ont été depuis confirmés par Lecher et Tumlitz. On peut donc admettre actuellement que l'hypothèse de Maxwell correspond à la réalité des faits et que la lumière et l'électricité sont, sinon une même force, du moins deux modalités très voisines de l'énergie.

D'ailleurs, celles-ci ont encore physiquement d'autres analogies. Presque toujours la lumière s'accompagne d'un certain degré de chaleur et, bien que certaines expériences de Moore aient montré qu'on

pouvait avec l'électricité obtenir de la lumière froide, dans les conditions ordinaires, qui sont celles de la photothérapie, les radiations lumineuses et les radiations calorifiques sont presque toujours unies. Mais il est encore deux propriétés de la lumière que l'électricité possède aussi : la première, c'est de provoquer dans certains corps un éclat verdâtre particulier qui ressemble à la teinte du fluor vu dans l'obscurité, d'où son nom de *fluorescence* ; la seconde, c'est de communiquer à d'autres corps une luminescence analogue à celle du phosphore, d'où son nom de *phosphorescence*.

La fluorescence diffère de la phosphorescence par le caractère qu'elle a de durer seulement pendant le temps que le corps fluorescent est exposé à l'action lumineuse ou électrique, tandis que la phosphorescence persiste pendant quelques moments après que cette action a cessé. Ekeloff avait signalé ce fait en 1889 à la Société de physique. En mettant un petit tube à gaz raréfié entre les bornes d'un résonateur de Herz, il vit le tube s'éclairer quand il était placé dans un endroit où se propageaient des vibrations électriques suffisamment rapides qui étaient recueillies par le résonateur. Ce résultat fut encore dépassé par Tesla avec les courants à haute fréquence. En reliant l'une des tiges de l'excitateur à une grande plaque métallique isolée du sol par un pied de verre, on crée sur cette plaque un champ électrique puissant et animé de vibrations aussi rapides que les courants qui lui donnent naissance. Ces vibrations se propagent à travers l'air, et, si on approche de la plaque des tubes de Gesler, de Crookes ou de Tesla en les tenant à la main, on les

voit s'illuminer brillamment, sans que l'opérateur éprouve aucune sensation, bien qu'il soit parcouru par un courant électrique intense. Si on interpose entre la plaque vibrante et le tube un écran métallique relié au sol par un fil conducteur, le tube ne s'éclaire pas, tandis que des écrans de bois ou d'ébonite, placés dans les mêmes conditions, n'arrêtent pas la vibration et le tube s'éclaire. On a constaté que les rayons X aussi sont arrêtés par les corps métalliques et traversent le papier, le bois et les corps organisés.

L'électricité et la lumière ont donc des propriétés physiques identiques.

5. Relations de la lumière et de l'électricité avec les autres formes de l'énergie. — Nous allons montrer maintenant quelques-unes de leurs relations avec les autres formes de l'énergie, notamment la chaleur et l'action chimique.

Les mouvements vibratoires lumineux de l'éther (qu'on appelle aussi des radiations ou des rayons) se transmettent, dans certaines circonstances, soit aux molécules des corps minéraux, soit à celles des corps organisés et ils se transforment en donnant naissance à des effets nouveaux, physiques, chimiques ou psychiques. Supposons, par exemple, un fil de platine placé dans une chambre obscure et intercalé dans le circuit d'une pile dont on peut faire à volonté varier l'intensité. Plaçons près de ce fil un papier photographique sensibilisé et une pile thermo-électrique dont le galvanomètre sera placé en dehors de la chambre obscure. Lançons un faible courant dans le fil : celui-ci reste invisible et le papier photographique n'est pas impressionné ; cependant, la main

approchée perçoit une légère sensation de chaleur qui va croître en même temps que grandit l'intensité du courant. Le galvanomètre de la pile thermo-électrique, dont l'aiguille se dévie de plus en plus, témoigne aussi que le fil de platine dégage de la chaleur. Bientôt le fil prend une couleur rouge sombre et devient visible; à mesure que l'incandescence augmente, les sensations optiques et calorifiques deviennent plus fortes; enfin, quand elle atteint le rouge blanc, le papier photographique est à son tour impressionné. Ainsi l'électricité a pu se transformer en chaleur, en lumière, enfin en action chimique. Elle a provoqué deux sensations. Cette expérience prouve en même temps que la chaleur peut exister en dehors de la lumière; d'autres établissent aussi l'existence d'actions chimiques en dehors de toute participation de la lumière et de l'électricité. La chaleur, la lumière, l'action chimique ont donc une existence propre, indépendante, dans certaines conditions, des autres modalités de l'énergie. Mais elles se trouvent réunies quand la lumière est produite par des corps incandescents, comme le soleil, ou les sources de lumière artificielle, flammes de bougie, d'huile, de pétrole, de gaz divers, lampes électriques à incandescence ou à arc, et c'est ce qui est intéressant pour le médecin, parce que, suivant la nature de la source lumineuse, la richesse relative de chacune de ces forces est différente; ceci est facile à comprendre par une courte explication physique.

6. Composition du spectre. — Quand on fait passer un faisceau de rayons lumineux à travers un prisme, les diverses radiations qui composent le

faisceau subissent dans le prisme un degré spécial de déviation et elles se rangent dans un certain ordre, constituant ce qu'on appelle le *spectre*. En deçà du rouge, existent les premières radiations calorifiques; elles accompagnent les radiations lumineuses dans la zone qui s'étend du rouge au vert; là elles sont remplacées par les radiations chimiques ou actiniques qui occupent, avec la lumière, toute la région du violet et sont encore contrôlables au delà dans une certaine étendue qui constitue la zone de l'ultra-violet. La localisation de chacune de ces variétés de radiations dans le spectre tient à ce qu'elles présentent chacune des constitutions ou *longueurs d'onde* différentes: les radiations calorifiques sont les plus longues; les lumineuses tiennent le milieu, les actiniques sont les plus courtes. A cette dernière catégorie appartiennent aussi les rayons X.

7. Radiations calorifiques, lumineuses, chimiques. — Il est de plus possible, à l'aide de certains artifices, d'utiliser, en même temps que les radiations lumineuses, soit les radiations calorifiques, soit les chimiques, et c'est là la base de la photothérapie, car ces associations ou dissociations sont loin d'être indifférentes, tant au point de vue physique, qu'au point de vue biologique et thérapeutique.

L'association des radiations calorifiques, lumineuses et chimiques se fait suivant certaines conditions dont il y a lieu aussi de tenir compte dans les applications médicales.

Tyndall a démontré que les radiations calorifiques, que l'on trouve dans la zone infra-rouge, augmentent de nombre et d'amplitude à mesure que viennent s'y adjoindre les rayons lumineux de la première por-

tion du spectre et cela nous explique pourquoi les sources de chaleur lumineuses développent de plus hautes températures que celles qui fournissent de la chaleur obscure. Cela nous explique aussi pourquoi les divers corps incandescents fournissent une inégale quantité de chacune des variétés de radiations. Si nous prenons comme type la lumière solaire, nous y trouvons une répartition qui n'est jamais égale, parce que les radiations calorifiques lumineuses peuvent être arrêtées en chemin par la vapeur d'eau répandue dans l'atmosphère, qui les transforme en chaleur obscure. Les flammes de l'huile, du pétrole, du gaz d'éclairage, des lampes électriques à incandescence contiennent une proportion relativement élevée des radiations calorifiques, tandis que celles de la lumière oxydrique, de l'acétylène, des lampes électriques à arc, surtout quand elles sont actionnées par des courants alternatifs, sont plus riches en radiations chimiques. Toutes ces radiations obéissent aux mêmes lois relativement à leur mode de propagation, de réflexion, de réfraction; mais elles sont absorbées d'une façon inégale, suivant les milieux qu'elles traversent. Si en effet on fait tomber sur un corps quelconque un faisceau de lumière et que ce corps soit doué d'un pouvoir réflecteur et diffusif très grand, il absorbera et transformera peu de rayons. Il en est ainsi pour les métaux polis, qui réfléchissent les radiations calorifiques et lumineuses sans s'échauffer beaucoup et pour le verre blanc qui se laisse traverser à peu près complètement. Certains gaz, l'air en particulier, sont aussi très transparents pour la lumière, les radiations chimiques et les radiations calorifiques,

ce qui explique pourquoi sur les montagnes élevées l'air reste frais, tandis que la peau peut ressentir l'effet des radiations chimiques du soleil, se traduisant tout d'abord par une sensation de picotement plus ou moins intense et ensuite par un érythème à caractères particuliers sur lequel nous reviendrons. Mais quand l'air est chargé de vapeur d'eau, la majeure partie des radiations calorifiques sont absorbées par elle et ne parvient plus au sol.

8. Analogies des rayons ultra-violets, de l'effluve électrique et des rayons X. — La chaleur lumineuse, appelée encore *rayonnante* ou *radiante*, est identique, comme nature, à la chaleur obscure; elle ne se transmet pas aux corps voisins de la même façon. La chaleur obscure en effet se transmet surtout par conduction, la chaleur lumineuse par rayonnement. Comme la lumière, elle traverse les milieux raréfiés et le vide, se diffuse ou se réfléchit; elle peut aussi être absorbée et transformée en énergie, mécanique ou chimique, conformément aux lois de la transformation de l'énergie, et provoquer ainsi des réactions physiologiques que nous aurons à utiliser. C'est justement en vertu du phénomène de l'absorption que les rayons infra-rouges n'impressionnent pas la rétine, parce que les milieux de l'œil étant peu diathermanes, 8 à 9 p. 100 seulement de ces rayons parviennent à la rétine. Il se peut aussi que leur longueur d'onde soit trop grande pour impressionner les extrémités nerveuses qui remplissent cette membrane. Pour les rayons ultra-violets, il se produit un phénomène inverse; ils parviennent en totalité dans le fond de l'œil, mais leur longueur d'onde étant inférieure à 392 μ , les nerfs ne sont pas im-

pressionnés. Il se produit, pour ceux-ci, ce qu'on observe pour les autres avec les ondulations électriques de haute fréquence; d'Arsonval a en effet démontré que, quand on fait passer dans les nerfs sensibles, des ondulations électriques dont le nombre ne dépasse pas 10000 par seconde, elles sont perçues; mais si on augmente leur rapidité pour arriver à 100 000 par seconde, la sensation ne se produit plus, et cependant ces courants provoquent dans l'organisme des effets calorifiques et chimiques énergiques.

Les rayons X, dont la longueur d'onde est de beaucoup inférieure à 392μ , ne sont pas directement perçus par l'œil et la sensation optique n'est obtenue que grâce à la faculté qu'ont ces rayons de déterminer la fluorescence dans certains corps comme le platino-cyanure de baryum.

Mais toutes les radiations : lumineuses, électriques ou rayons X, dont la longueur d'onde est inférieure à 500μ , possèdent la propriété chimique de réduire les sels d'argent et par conséquent sont susceptibles de donner des images photographiques et de provoquer dans les organismes des réactions chimiques de même nature pour chacune d'elles. Le fait fut démontré, dès le milieu du siècle dernier, pour la lumière, et c'est de là que naquirent la daguerréotypie et la photographie. Boudet (de Paris) le fit pour les effluves électriques en 1884. Il reproduisit en effet sur un papier sensible, à l'aide des effluves d'une machine statique, les images gravées sur des médailles posées sur ce papier dans l'obscurité; cela démontrait en même temps que l'énergie électrique pouvait traverser les corps opaques, mais on ne tira

pas alors parti de cette dernière constatation. Plus récemment, Leduc (de Nantes) a montré au Congrès de l'Avancement des Sciences de Boulogne qu'on pouvait, à l'aide des radiations violettes et ultra-violettes émanant des effluves des machines électrostatiques, reproduire dans l'obscurité sur papier sensible l'image d'un cliché photographique ordinaire; enfin Röntgen, dès la découverte des rayons X, nota leur pouvoir photo-chimique. L'identité d'action de ces diverses modalités de l'énergie sur les sels minéraux est donc complète.

9. Définitions de la photothérapie et de la radiothérapie. — Nous verrons ces analogies se reproduire pour les réactions auxquelles elles donnent naissance dans les corps organisés; mais ces prémisses nous permettent maintenant de définir en quoi consistent la photothérapie et la radiothérapie.

La *photothérapie* est la branche de la thérapeutique relative aux applications de la lumière avec ses triples propriétés calorifique, éclairante et chimique, employées seules ou associées.

La *radiothérapie* comprend les applications des propriétés chimiques des rayons X à la cure de certaines maladies.

Il résulte de ces deux définitions que les indications de la photothérapie sont plus étendues que celles de la radiothérapie et que, dans un certain nombre de cas, on pourra utiliser indistinctement l'un ou l'autre de ces deux moyens thérapeutiques.

Nous verrons, par la suite, que, dans la photothérapie, on a presque toujours utilisé la lumière solaire ou la lumière électrique. Cela tient à ce que les diverses sources de la lumière artificielle en usage

aujourd'hui sont inégalement riches en radiations de diverses natures. Les flammes de gaz, d'huile, de pétrole, d'alcool sont, si on les compare à la lumière solaire, beaucoup plus riches en radiations calorifiques, qu'en radiations chimiques; les lampes électriques à incandescence ou à arc produit par un courant continu s'en rapprochent davantage. Les lumières très blanches, comme celles des lampes oxyhydriques, des becs à acétylène et des lampes électriques à arc actionnées par un courant alternatif fournissent une quantité considérable de radiations chimiques et sont relativement pauvres en chaleur.

Aussi pourrait-on les employer de même que la lumière fournie par les becs Auer, ou autres systèmes à incandescence pour certaines applications. Mais les lampes électriques sont plus facilement réglables, d'un maniement plus simple; elles brûlent peu ou pas l'air ambiant, ne répandent ni fumées, ni gaz délétères; c'est ce qui explique pourquoi on les a en général préférées à toutes les autres sources lumineuses.

II. — ACTION PHYSIOLOGIQUE DE LA LUMIÈRE ET DES RAYONS X.

1. *Influence de la lumière blanche sur les plantes, les animaux, l'homme.* — L'action biologique exercée par la lumière sur les êtres organisés est considérable et complexe, son mécanisme est, sous certains rapports, encore incomplètement élucidé. En dehors du rôle joué dans le phénomène de la vision par les rayons lumineux, nous ne possédons aujourd'hui qu'un petit nombre de données positives sur la part qui revient aux actions calorifiques, éclairantes et chimiques dans les actes de la vie; elles sont cependant suffisantes pour fournir une base sûre aux applications thérapeutiques.

Pendant la première moitié du XIX^e siècle, l'attention des savants fut surtout attirée par les réactions que présentent les êtres organisés soumis à l'influence de la lumière solaire, telle qu'elle nous parvient à travers l'espace.

2. *Action des différentes radiations du spectre.* — Depuis, on a cherché à déterminer la part de chacune des variétés de radiations, en éliminant, au moyen de divers artifices, tantôt les rayons calorifiques, tantôt les rayons chimiques et on a pu établir ainsi que la lumière blanche était susceptible de provoquer une triple réaction: calorifique, chimique, et sensitivo-motrice; cette dernière se transformant, chez l'homme, en une double perception consciente de chaleur et de lumière.