



A. RIGHI. - Sur les oscillations électriques de petite longueur d'onde et sur leur emploi dans la production des phénomènes analogues aux principaux phénomènes de l'optique (Memorie della R. Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna, série V, t. IV, p. 107-210; 1894)

G. Sagnac

► **To cite this version:**

G. Sagnac. A. RIGHI. - Sur les oscillations électriques de petite longueur d'onde et sur leur emploi dans la production des phénomènes analogues aux principaux phénomènes de l'optique (Memorie della R. Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna, série V, t. IV, p. 107-210; 1894). J. Phys. Theor. Appl., 1897, 6 (1), pp.76-81. 10.1051/jphystap:01897006007600 . jpa-00240144

HAL Id: jpa-00240144

<https://hal.science/jpa-00240144>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

A. RIGHI. — Sur les oscillations électriques de petite longueur d'onde et sur leur emploi dans la production des phénomènes analogues aux principaux phénomènes de l'optique (*Memorie della R. Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna*, série V, t. IV, p. 107-210; 1894).

M. Righi a réalisé un ensemble imposant d'expériences, sur le modèle des principales expériences d'optique, au moyen d'oscillations électriques dont les longueurs d'onde descendent jusqu'à $2^{\text{cm}},6$, ce qui permet d'affaiblir les effets de diffraction et de diminuer les dimensions des appareils ⁽¹⁾.

Oscillateur. — Pour produire des oscillations électriques de faible période, M. Righi réalise un oscillateur avec deux sphères métalliques voisines, de $0^{\text{cm}},8$, de $3^{\text{cm}},75$ ou de 8 centimètres de diamètre, donnant respectivement des longueurs d'onde de $2^{\text{cm}},6$, de $10^{\text{cm}},6$ ou de $20^{\text{cm}},6$.

Pour obtenir des effets intenses, il est indispensable de faire éclater l'étincelle qui réunit les deux sphères dans un liquide isolant, l'huile de vaseline ⁽²⁾.

A l'exemple de Toepler ⁽³⁾, M. Righi excite l'oscillateur par une machine à influence.

Les condensateurs de la machine sont supprimés.

Les conducteurs principaux de la machine sont reliés à deux sphères placées dans l'air de part et d'autre des deux sphères de l'oscillateur, plongées en partie dans l'huile. Les deux étincelles qui éclatent dans l'air entre les sphères de la machine et les sphères de l'oscillateur servent seulement à charger celles-ci et n'ont pas d'influence sensible sur les oscillations mêmes.

La ligne des centres des sphères coïncide avec la ligne focale d'un miroir cylindro-parabolique formé d'une lame de cuivre. L'ensemble du miroir et de l'oscillateur peut tourner d'un angle quelconque mesurable sur un cercle divisé.

Les ondes cylindriques divergentes que donne directement l'oscillateur sont négligeables à une certaine distance vis-à-vis des ondes planes que donne leur réflexion sur le miroir. On peut donc avoir

⁽¹⁾ La longueur d'onde minimum obtenue par Hertz et par ses continuateurs était d'environ 66 centimètres.

Depuis les expériences de Hertz, on avait concentré les radiations électromagnétiques par des lentilles (Lodge et Howard, *Phil. Mag.*, t. XXVIII, p. 48; 1889), et l'on avait fait quelques expériences sur la réflexion par des réseaux de fils métalliques, mais l'analogie des vibrations électriques et lumineuses n'avait pas été poussée plus loin.

⁽²⁾ MM. de la Rive et Sarasin ont indiqué cet artifice et ont choisi l'huile d'olive comme liquide isolant (*Comptes Rendus*, t. CXV, p. 439; 1892).

⁽³⁾ TOEPLER, *Wiedemann's Annalen*, t. XLVI, p. 306; 1892.

une onde plane, formée de vibrations électriques polarisées de direction connue et variable à volonté.

Résonnateurs. — Une couche d'argent déposée sur verre est séparée en deux par un sillon au diamant qui met le verre à nu sur une largeur très faible descendant jusqu'à $\frac{1}{1000}$ de millimètre.

Quand ce résonnateur reçoit des oscillations électriques, les deux bords du sillon sont réunis par de petites étincelles qu'on observe avec un oculaire. La production de ces étincelles très courtes est favorisée par le fait qu'elles éclatent le long de la surface du verre.

On s'arrange de manière que l'étincelle du résonnateur ne voie pas celle de l'excitateur.

Le résonnateur et l'excitateur doivent être accommodés. Ce n'est pas le synchronisme qui donne les meilleurs résultats. Ainsi pour déceler les vibrations de $2^{\text{cm}},6$ de longueur d'onde, M. Righi emploie de préférence un résonnateur dont la longueur d'onde propre est $0^{\text{cm}},9$.

Le résonnateur est placé, comme l'excitateur, suivant la ligne focale d'un miroir parabolique, qui concentre sur lui les ondes planes reçues et peut l'entraîner dans son mouvement de rotation. La sensibilité des résonnateurs permet alors de déceler des vibrations électriques, ayant par exemple $10^{\text{cm}},6$ de longueur d'onde, jusqu'à plus de 20 mètres, c'est-à-dire à plus de 190 longueurs d'onde de distance de l'excitateur.

Les étincelles usent rapidement les résonnateurs ; mais il est facile de préparer un assez grand nombre de résonnateurs avec une même plaque de verre argenté ; ils sont alors assez peu différents pour être substitués les uns aux autres dans une même série d'expériences.

Un résonnateur peut servir :

1° Pour définir la *direction des vibrations* par l'orientation même du résonnateur, quand les étincelles sont maximum, ou, pratiquement, par la bissectrice des deux orientations pour lesquelles les étincelles disparaissent ;

2° Pour définir, en valeur relative, l'*amplitude vibratoire*. L'amplitude est proportionnelle, d'après M. Righi, au cosinus de l'angle dont il faut, pour éteindre les étincelles, faire tourner le résonnateur, à partir de la direction des oscillations reçues ;

3° Pour reconnaître une *vibration circulaire*, quand la rotation du

résonnateur n'a pas d'influence sur ces étincelles ; ou une *vibration elliptique*, quand cette rotation montre un maximum et un minimum des étincelles ;

4° Pour reconnaître la position d'un *maximum* ou d'un *minimum d'interférence* ou de *diffraction*. Le résonnateur est alors employé sans miroir parabolique ; mais, pour ne pas trop diminuer l'intensité des étincelles, on place une étroite bande de cuivre à un quart de longueur d'onde en arrière du résonnateur.

Expériences d'interférence. — L'expérience de Hertz sur les *ondes stationnaires* peut se réaliser avec une pièce de dix centimes comme miroir réfléchissant.

L'expérience des *miroirs de Fresnel* ⁽¹⁾ a été réalisée avec la longueur d'onde de 10^m,6, en supprimant les miroirs paraboliques de l'excitateur et du résonnateur. Les miroirs de Fresnel sont représentés par deux lames métalliques verticales carrées de 40 centimètres de côté faisant un angle bien inférieur à 180°, car il faut ici diminuer la largeur de l'interfrange jusqu'à la demi-longueur d'onde environ, afin d'obtenir quelques franges (quatre maximum) dans le champ commun aux deux miroirs.

L'expérience de *Fresnel avec un seul miroir* se réalise bien plus facilement qu'en optique, parce qu'il n'est pas ici besoin d'opérer sous une incidence rasante :

On opère le plus souvent sous une incidence inférieure à l'incidence principale. Alors, quand la vibration électrique est dans le plan d'incidence, on a un maximum d'étincelle dans le plan du miroir. L'expérience analogue de la frange centrale blanche n'est pas réalisable en optique avec le miroir unique de Fresnel, mais seulement avec les trois miroirs de Fresnel.

L'expérience du *biprisme* a été réalisée très nettement avec un bloc de soufre.

Applications des interférences :

1° *Mesure des longueurs d'onde.* — On peut mesurer la longueur d'onde par un déplacement parallèle de l'un des deux miroirs, comme dans l'expérience de *Fizeau et Foucault* ⁽²⁾ avec les miroirs de Fresnel.

Mais il vaut mieux réaliser le *dispositif employé par M. Michel-*

(1) BOLTZMANN (*Wiedemann's Annalen*, t. XL, p. 399 ; 1890) n'avait réalisé cette expérience qu'imparfaitement et avec de grandes longueurs d'onde.

(2) FIZEAU et FOUCAULT, *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XXVI, p. 318, 1849.

son pour comparer au mètre les longueurs d'onde de la lumière ⁽¹⁾ :

Les ondes planes fournies par l'oscillateur traversent une lame de paraffine inclinée à 45°, se réfléchissent normalement sur deux miroirs parallèles, se réfléchissent en revenant sur la lame de paraffine, puis se réunissent au foyer du miroir parabolique qui porte le résonnateur. Si l'un des miroirs plans parallèles est déplacé d'un quart de longueur d'onde à partir du plan de l'autre, les étincelles disparaissent ; 6 déplacements successifs ont donné 6 maximum et 6 minimum, les 4 premiers très nets. Chaque décharge oscillante des deux sphères de l'excitateur renferme donc au moins 6 oscillations complètes avec la période propre au résonnateur.

2° *Mesure des indices de réfraction.* — Avec le dispositif précédent, on interpose la lame diélectrique d'épaisseur l normalement aux rayons, devant l'un des deux miroirs disposés dans le même plan. Les étincelles s'affaiblissent ou disparaissent ; on rétablit le maximum primitif en déplaçant l'un des deux miroirs de d ; l'indice de réfraction n de la lame est donné par : $2d = (n - 1) l$.

Cette méthode a donné 1,43 pour l'indice de la paraffine et 1,87 pour celui de soufre (2,06 est l'indice optique moyen pour la raie B).

Interférences des lames minces. — Pour le verre, la réflexion des oscillations électriques présente des singularités inexplicables. Mais la paraffine et le soufre montrent des phénomènes complètement d'accord avec les phénomènes de l'optique.

L'extinction des étincelles du résonnateur dans la réflexion sur une lame de minceur convenable de paraffine (phénomène analogue à la *tache noire de Newton*) fait place à une réapparition des étincelles quand on place une lame de soufre derrière la paraffine (phénomène analogue à la *tache blanche d'Young*).

Phénomènes de diffraction. — Au moyen d'un oscillateur et d'un résonnateur sans miroirs paraboliques, M. Righi a vérifié les lois de la diffraction d'une onde cylindrique recouverte d'écrans partiels (expériences de Fresnel reprises par Billet et Soret) et les lois de la diffraction par un bord rectiligne.

En promenant une lame diélectrique sur une onde plane, M. Righi a observé dans les effets de diffraction des singularités qu'il interprète en supposant que le diélectrique est le siège d'un phénomène de résonnance.

(1) Alb.-A. MICHELSON, *Phil. Mag.*, 3^e série, t. XXXIV, p. 280 ; 1892 ; *Journal de Physique*, 2^e série, t. VII, p. 444, 1888, et 3^e série, t. III, p. 9, 1894.

Réflexion par les diélectriques ⁽¹⁾. — La réflexion des ondes planes sur la face antérieure d'une lame prismatique de soufre ou de paraffine permet de vérifier plusieurs conséquences des formules de Fresnel relatives à la réflexion de la lumière; en particulier, la relation $\operatorname{tg} I = n$ donne pour l'incidence breustérienne sur le soufre, dont l'indice n est mesuré par les interférences :

$$I = 61^{\circ}52';$$

l'expérience a donné 60° à 64° .

Réfraction. — Des *prismes* de soufre ou de paraffine donnent des indices comparables à ceux que la méthode interférentielle donne avec une bien plus grande précision.

Le *déplacement latéral* par une lame diélectrique à faces parallèles est constaté.

La *concentration* des radiations suivant une ligne focale est obtenue avec des *lentilles* plan-cylindriques.

L'*affaiblissement par transmission* à travers une lame de soufre est trouvé égal à 0,85; les formules de Fresnel donnent 0,83 d'après la valeur observée de l'indice de réfraction.

La *polarisation par réfraction* est très nettement constatée : une pile de 7 ou 8 lames de paraffine, entre l'oscillateur et le résonnateur munis de leurs miroirs paraboliques, peut éteindre les vibrations perpendiculaires au plan de réfraction.

Réflexion totale. — L'indice étant supérieur à $\sqrt{2}$ pour le soufre et la paraffine, des prismes rectangles isocèles de ces substances réfléchissent totalement les radiations électro-magnétiques qui tombent normalement à l'une des faces de l'angle droit. Si deux pareils prismes sont rapprochés par leurs faces hypoténuses, la réflexion totale cesse dès qu'ils sont à une distance d'environ une demi-longueur d'onde, comme cela se produit pour la lumière dans des conditions analogues.

La réflexion totale se fait à l'intérieur d'une baguette de paraffine comme celle de la lumière dans une veine liquide.

Une vibration électrique qui tombe, polarisée à 45° du plan d'incidence, sur un *parallélépipède* de soufre, peut, après deux réflexions totales intérieures, sortir polarisée circulairement (expérience analogue au *parallélépipède de Fresnel*). On peut avoir le même résultat avec trois réflexions totales dans la paraffine.

(1) Voir pour les premières expériences à ce sujet: TROUTON, *Nature*, t. XXXIX, n° 1008, p. 393, et KLEMENCIC, *Wiener Berichte*, janvier 1891, p. 109.

M. Righi remarque qu'un rayon de force électrique polarisé circulairement est un champ tournant qui se propage dans la direction de son axe ; mais il n'a pu obtenir sur un pareil rayon les effets ordinaires des champs tournants.

Réflexion métallique. — On étudie comme pour les diélectriques l'intensité de la réflexion, et la rotation du plan de polarisation.

On peut avoir une vibration circulaire sous une incidence voisine de l'incidence principale qui est de 81° pour le cuivre (il est pour la lumière de 71° pour le rouge, et 67° pour le violet, d'après Jamin). Le parallépipède de soufre à deux réflexions totales permet de rétablir la polarisation rectiligne.

Les *propriétés du bois* ⁽¹⁾ sont analogues à celles d'un réseau de fils, représentés ici par les fibres du bois. Une vibration incidente devient elliptique par transmission, si elle n'est pas parallèle ou perpendiculaire aux fibres. Si l'épaisseur est assez grande, la vibration parallèle aux fibres est absorbée, et le phénomène est comparable à celui que présente une tourmaline.

Le mémoire se termine par l'étude *des ondes secondaires émises par les résonnateurs* en activité et *des actions mutuelles* qui s'ensuivent entre deux résonnateurs voisins.

Les phénomènes présentés par le bois mis à part, il manque, dans ce bel ensemble d'expériences, la réalisation des phénomènes de double réfraction rectiligne ou circulaire. Mais, pour les phénomènes qui ne sont pas liés aussi intimement à la structure moléculaire et même pour la réflexion métallique, les vibrations électriques présentent les propriétés que l'on peut s'attendre à trouver à des vibrations lumineuses de longueurs d'onde égales à 5.000 fois au moins celles de la lumière verte. C'est la première fois que la plupart des propriétés de la lumière, connues depuis Fresnel, sont étendues systématiquement aux vibrations électriques découvertes par Hertz ⁽²⁾.

G. SAGNAC.

(1) M. Mack a, de son côté, mis en évidence certaines des propriétés du bois étudiées antérieurement par M. Righi. Voir à ce sujet : Mack (*Wiedemann's Annalen*, t. LIV, p. 342-351, 1895. *Journal de Physique*, 3^e série, t. IV, p. 567, 1895), et la réclamation de priorité de M. Righi (*Wiedemann's Annalen*, t. LV, p. 380 ; 1895).

(2) M. Lebeden a ultérieurement expérimenté avec des longueurs d'onde de 6 millimètres seulement ; il a pu constater la double réfraction du soufre et polariser les vibrations électriques avec des nicols de soufre (*Wiedemann's Annalen*, t. LVI, p. 1 ; 1895. *Journal de Physique*, 3^e série, t. IV, p. 568 ; 1895).