



HAL
open science

Contribution à l'étude optique des milieux troubles. Relation entre le pouvoir absorbant et la polarisation de la lumière diffusée

A. Boutaric

► **To cite this version:**

A. Boutaric. Contribution à l'étude optique des milieux troubles. Relation entre le pouvoir absorbant et la polarisation de la lumière diffusée. Radium (Paris), 1914, 11 (3), pp.74-81. <10.1051/radium:0191400110307401>. <jpa-00242634>

HAL Id: jpa-00242634

<https://hal.science/jpa-00242634v1>

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.



HAL Authorization

Contribution à l'étude optique des milieux troubles.

Relation entre le pouvoir absorbant et la polarisation de la lumière diffusée.

Par A. BOUTARIC

[Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier, Laboratoire de Physique].

1. — J'ai montré¹ que la transparence de l'atmosphère est liée à la proportion de lumière polarisée contenue dans la lumière diffusée par le ciel, dans le vertical du soleil et à 90°; quand la proportion de lumière polarisée diminue le pouvoir absorbant augmente.

Je me suis demandé si le phénomène observé sur l'atmosphère — que l'on tend à considérer, de plus en plus, comme un milieu trouble — est général. Les modifications qui font diminuer la proportion de lumière polarisée contenue dans la lumière diffusée par un milieu trouble, augmentent-elles, en même temps, le pouvoir absorbant du milieu pour les radiations lumineuses?

Le problème n'a été, à ma connaissance, l'objet d'aucune étude expérimentale ou théorique². J'ai essayé de l'examiner dans quelques cas particuliers.

I. — Milieux troubles constitués par un fin précipité de chlorure d'argent en suspension dans l'eau.

J'ai utilisé tout d'abord, comme milieu trouble,

1. C. BOUTARIC. *Le Radium*, janvier 1914.

2. Ce que l'on sait de précis est fourni par la théorie de Lord Rayleigh. Quand un milieu trouble est constitué par des particules dont les dimensions sont négligeables vis-à-vis de la longueur d'onde : 1° la lumière diffusée à 90° du rayon incident est complètement polarisée : 2° l'intensité de la lumière trans-

mise est donnée par la formule $I = I_0 e^{-\frac{knx}{\lambda^2}}$, I_0 étant l'intensité initiale, n le nombre des particules par centimètre cube, x le chemin traversé, k une constante qui dépend des propriétés du milieu transparent dans lequel on forme la suspension et de celles des particules en suspension.

Quand les particules grossissent on sait aussi que la polarisation cesse d'être complète à 90° du rayon incident.

un précipité très fin de chlorure d'argent en suspension dans l'eau : c'est sur ce précipité que Hurion¹ s'était proposé de vérifier la formule de lord Rayleigh.

2. *Étude de la lumière transmise.* — Pour étudier comment varie l'intensité de la lumière transmise à travers le milieu j'ai employé le dispositif suivant :

La lumière, émise par un bec Auer et concentrée à l'aide d'une lentille, traverse la cuve à faces parallèles dans laquelle on produira le milieu trouble et pénètre dans la moitié supérieure de la fente d'un spectrophotomètre de Glan. La lumière émise par le même bec est envoyée, par l'intermédiaire d'une autre lentille et de deux prismes à réflexion totale, dans la moitié inférieure de la fente du spectrophotomètre. On introduit dans la cuve une solution de chlorure de potassium et on établit l'égalité des deux plages vues dans le spectrophotomètre : soit α_0 la division lue. Par l'addition d'une solution étendue d'azotate d'argent on produit le précipité; on rétablit l'égalité des plages en tournant l'analyseur : soit α la division lue. Si l'on désigne par I_0 l'intensité de la lumière transmise par la cuve avant la production du précipité et par I l'intensité transmise par le milieu trouble on a :

$$\frac{I}{I_0} = \text{tg}^2 \alpha_0 \cot^2 \alpha.$$

3. — La cuve utilisée avait 95 mm. de long et 59 de large. On versait dans la cuve 270^{cc} d'une solution contenant 20^{cc} d'une liqueur saturée de chlorure de potassium. La dissolution dans laquelle on va produire le milieu trouble ne doit être ni trop, ni trop

1. HURION. *C. R.* 152-1451.

Voici quelques exemples de mesures faites sur des cuves, dans lesquelles un régime stable était atteint, pour différentes couleurs :

Polarisation :

bleu :	0,29	0,26	0,09
jaune :	0,50	»	0,28
rouge :	0,55	0,56	0,59

6. La proportion de lumière polarisée va généralement en décroissant à partir du moment où l'on a produit le précipité; elle décroît d'autant plus vite que la concentration est plus grande.

Cette décroissance peut s'expliquer par les mêmes causes que l'augmentation du pouvoir absorbant, à savoir, le grossissement des grains et, peut-être, simultanément, une augmentation progressive de la masse totale du précipité qui se formerait lentement.

Il semblerait même que la polarisation dût décroître, passer par un minimum qui coïnciderait avec le maximum d'absorption, pour croître ensuite à nouveau. En réalité, il n'en est pas ainsi : on n'observe, ni le minimum, ni la croissance consécutive.

Et il est facile de comprendre pourquoi : quand les grains grossissent et se précipitent l'intensité de la lumière diffusée diminue, mais les quelques grains qui restent en suspension, relativement gros, diffusent une lumière peu polarisée; de plus, il y a toujours une faible quantité de lumière de fluorescence, non polarisée, qui se superpose à la lumière diffusée et qui prend d'autant plus d'importance que l'intensité de cette dernière est plus faible.

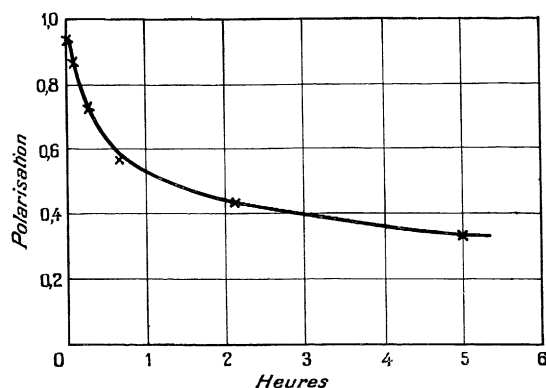
Voici les valeurs de la polarisation mesurées avec un verre bleu, pour un précipité obtenu dans les conditions indiquées précédemment (3), mais en prenant 20 cc d'une solution d'azotate d'argent d'environ 0 gr. 1 par litre :

t	P
0 ^m	0,94
5 ^m	0,87
8 ^m	0,85
16 ^m	0,71
40 ^m	0,57
2 ^h 10 ^m	0,45
2 ^h	0,55

Ces résultats sont portés sur la courbe 2.

C'est, sans doute, à l'influence de la lumière de fluorescence qu'il faut rattacher l'explication d'un phénomène assez curieux que l'on observe avec des solutions très étendues : la proportion de lumière polarisée va d'abord en croissant; elle passe par un maximum et décroît ensuite. En voici quelques

exemples obtenus dans les conditions indiquées (3),



Courbe 2.

mais avec une solution d'azotate d'argent à 0 gr. 1 par litre :

0 cc 5 d'azotate :

t	P
0 ^m	0,65
15 ^m	0,78
20 ^m	0,83
40 ^m	0,85
1 ^h 10 ^m	0,85
3 ^h 40 ^m	0,85
18 ^h	0,85
42 ^h	0,85

1 cc d'azotate :

t	P
0 ^m	0,78
5 ^m	0,89
15 ^m	0,90
25 ^m	0,90
45 ^m	0,90
1 ^h 45 ^m	0,88
2 ^h 15 ^m	0,84
5 ^h 15 ^m	0,79

2 cc d'azotate (Courbe 5, sauf la dernière mesure) :

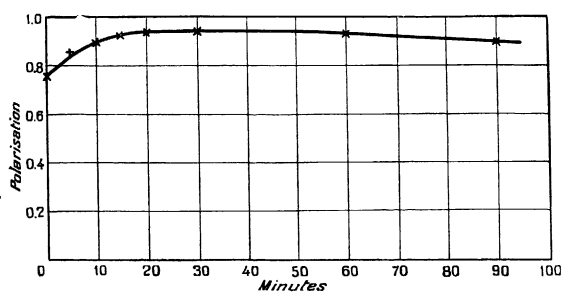
t	P
0 ^m	0,75
5 ^m	0,85
10 ^m	0,89
20 ^m	0,95
50 ^m	0,92
60 ^m	0,92
1 ^h 50 ^m	0,90
24 ^h	0,79

5 cc d'azotate :

t	P
0 ^m	0,91
5 ^m	0,95
10 ^m	0,95
20 ^m	0,94
1 ^h	0,95
1 ^h 50	0,91
4 ^h 45	0,77
28 ^h	0,71

Pour une quantité d'azotate plus grande, le phénomène devient régulier : la décroissance a lieu à partir du moment où l'on a produit le précipité.

L'accroissement anormal du début constaté dans les cas précédents doit tenir à ce que la lumière de fluorescence perd de son importance relative à me-



Courbe 5.

sure que les particules, devenant plus grosses ou plus nombreuses, l'intensité de la lumière qu'elles diffusent va en augmentant.

7. Relations entre la polarisation et l'absorption. — En opérant sous des températures pas trop différentes et avec les mêmes quantités de chlorure de potassium et d'azotate d'argent on obtient des milieux très bien comparables entre eux : les valeurs obtenues dans différentes expériences pour la polarisation et pour l'absorption en fonction du temps sont très voisines.

J'ai donc mesuré : 1° l'intensité de la lumière transmise à des intervalles de temps déterminés dans plusieurs séries d'expériences dont j'ai pris la moyenne ; 2° la proportion de la lumière polarisée aux mêmes intervalles dans des solutions identiques.

Voici, résumés en des tableaux, les résultats obtenus.

Solution 1

t	$\frac{I}{I_0}$ ($\lambda = 649$)	$\frac{I}{I_0}$ ($\lambda = 527$)	P (bleu)
2 min.	0,868	0,688	0,896
5 —	0,856	0,688	—
10 —	0,786	0,591	—
50 —	0,681	0,455	—
60 —	0,601	0,402	—

Solution 2

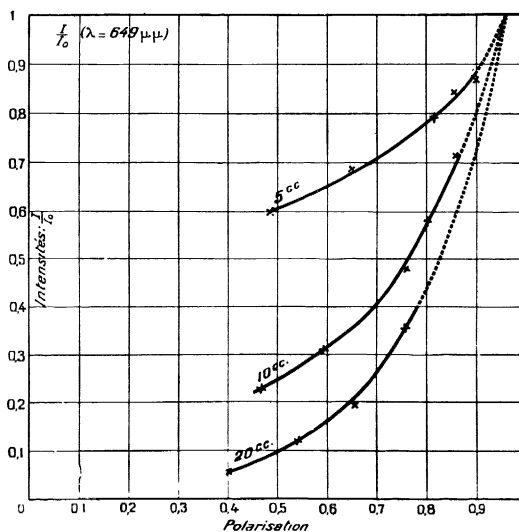
t	$\frac{I}{I_0}$ ($\lambda = 649$)	$\frac{I}{I_0}$ ($\lambda = 527$)	P (bleu)
2 min	0,711	0,498	0,875
5 —	0,578	0,556	0,799
10 —	0,476	0,258	0,755
50 —	0,510	0,144	0,585
60 —	0,257	0,115	0,495

Solution 3

t	$\frac{I}{I_0}$ ($\lambda = 649$)	$\frac{I}{I_0}$ ($\lambda = 527$)	P (bleu)
2 min.	0,557	0,115	0,755
5 —	0,498	0,042	0,656
10 —	0,126	0,022	0,555
51 —	0,055	0,011	0,395

Les valeurs de $\frac{I}{I_0}$ en fonction de la polarisation ont été représentées sur les courbes 4 et 5.

Pour chaque solution, quelle que soit la longueur



Courbe 4

d'onde, les points obtenus se placent sur une même courbe d'absorption, montrant que la polarisation diminue en même temps que l'intensité de la lumière transmise.

Mais les courbes d'absorption obtenues dans ces conditions ne sont pas identiques, la valeur de la polarisation d'autant plus grande que l'absorption est plus faible. On peut

expliquer ces résultats en montrant que le nombre de particules qui diffusent la lumière

dans la théorie de Lord Rayleigh. Toutes les particules, même celles qui sont de petites dimensions vis-à-vis de la longueur d'onde, diminuent l'intensité de la lumière transmise : quand on opère sous des concentrations plus fortes, l'augmentation du nombre des particules de petites dimensions est une cause d'affaiblissement de l'intensité. Or, ces mêmes particules, quel que soit leur nombre, diffuseraient de la

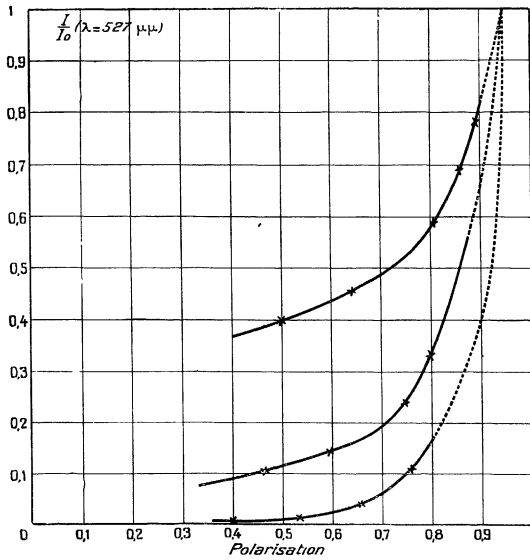
sivement :

$$\begin{aligned} \text{Log } \frac{I}{I_0} &= -\frac{h x}{\lambda^n}; \\ \lambda^n \left(-\text{Log } \frac{I}{I_0} \right) &= \text{const}; \\ n \log \lambda + \text{Log} \left(-\text{Log } \frac{I}{I_0} \right) &= \text{const}. \end{aligned}$$

On peut d'ailleurs remplacer les logarithmes népériens par les logarithmes vulgaires et écrire :

$$n \log \lambda + \log \left(-\log \frac{I}{I_0} \right) = \text{const}.$$

Si l'on construit une courbe en portant en abscisses $\log \lambda$ et en ordonnées $\log \left(-\log \frac{I}{I_0} \right)$ les points doivent se disposer sur une droite dont le coefficient angulaire donne, au signe près, la valeur de n .



Courbe 5.

lumière complètement polarisée; leur présence n'influe pas sur la polarisation. De deux milieux troubles présentant la même polarisation, celui qui contient le plus de particules de faibles dimensions sera donc le plus absorbant. Cette considération permet d'interpréter aisément les courbes obtenues si l'on fait la remarque que les milieux constitués par le précipité de chlorure d'argent ne sont certainement pas homogènes et contiennent des grains de grosseurs différentes.

8. Variation de l'intensité transmise avec la longueur d'onde. — D'après Lord Rayleigh l'intensité de la lumière transmise par un milieu trouble dont les particules seraient de faibles dimensions vis-à-vis les longueurs d'onde est donnée par la formule :

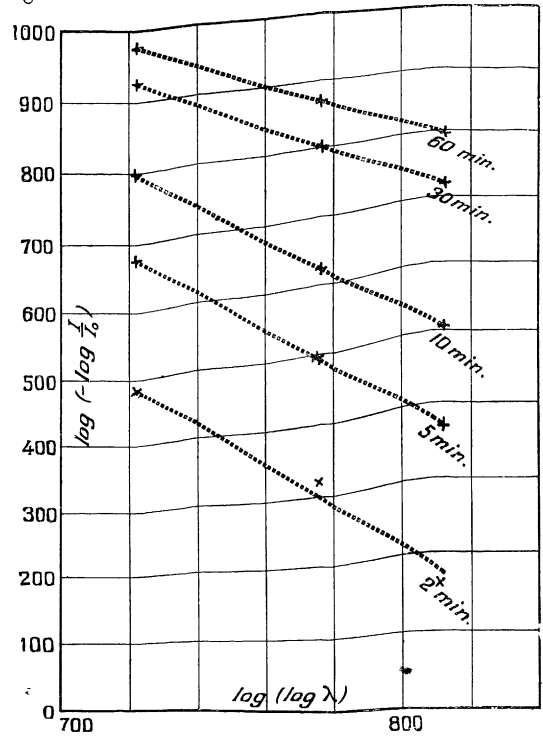
$$I = I_0 e^{-\frac{h x}{\lambda^n}}.$$

Je me suis proposé de vérifier si, pour les suspensions de chlorure d'argent, une expression de la forme :

$$I = I_0 e^{-\frac{h x}{\lambda^n}}.$$

pouvait convenir.

L'équation précédente peut se transformer pour permettre un calcul aisé de l'exposant n . On a succes-



Courbe 6.

Voici, par exemple, pour les solutions 2 les valeurs de $\log \left(-\log \frac{I}{I_0} \right)$ obtenues pour les diverses longueurs d'onde à des instants différents.

solution 2

t	$\lambda = 640$	$\lambda = 597$	$\lambda = 527$	n
2 min	171	526	482	5.55
5 —	377	501	675	5.55
10 —	509	625	795	5.18
50 —	714	800	926	2.55
60 —	796	866	965	1.99

1. La connaissance de la valeur absolue des logarithmes n est pas nécessaire.

Les courbes 6 montrent que les points représentatifs, aux différents instants, se placent bien sur des droites. La seule divergence notable se produit pour les points obtenus 2 minutes après la formation du précipité. Mais à ce moment le précipité évolue très rapidement, et une erreur de quelques secondes sur le moment où l'on fait l'observation est suffisante pour expliquer la divergence : quelques précautions que l'on prenne, en effet, pour faire les mesures au moment voulu il faut toujours un certain temps, variable avec l'état de fatigue de l'œil, pour amener les deux plages à l'égalité.

(Dans le tracé des courbes on a adopté deux échelles différentes pour les abscisses et les ordonnées afin d'éviter des dimensions exagérées.)

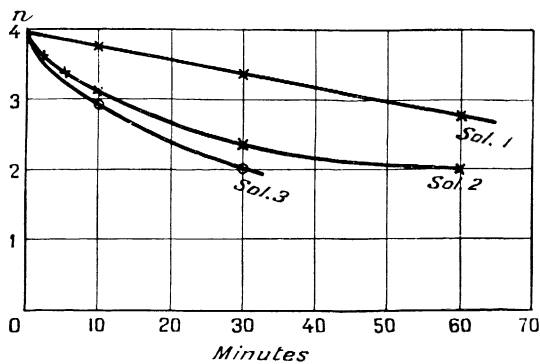
Les valeurs de n indiquées dans la dernière colonne ont été obtenues en utilisant de deux en deux les trois observations.

Des calculs analogues pour les diverses concentrations ont donné les résultats suivants :

t	Valeurs de n .		
	Sol. 1.	Sol. 2.	Sol. 5.
2 min.	2,8 (?) ¹	5,55	5,56
5 —	3,54 (?) ¹	5,55	3,25
10 —	5,77	5,18	3,96
50 —	5,58	2,55	2,09
60 —	2,80	1,99	"

Ces résultats sont représentés sur les courbes 7 :

1° Les trois courbes coupent sensiblement l'axe des ordonnées au point $n = 4$. Donc, au moment où



Courbe 7.

le précipité se forme, il faut admettre que ses dimensions sont suffisamment faibles vis-à-vis des longueurs d'onde pour que la loi qui exprime l'absorption soit celle de Lord Rayleigh :

2° La valeur de n diminue à mesure que les grains grossissent.

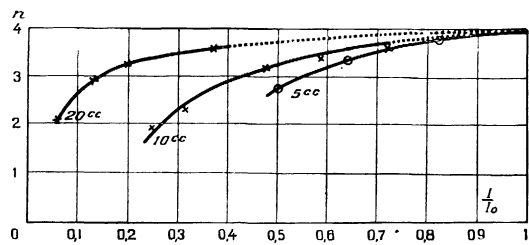
1. Les valeurs de l'intensité transmise et l'erreur d'observation peut être

On a représenté sur les courbes 8 la variation des valeurs obtenues pour n en fonction de l'intensité transmise. Les courbes, très régulières, passent sensiblement par le point :

$$\frac{I}{I_0} = 1, \quad n = 4,$$

ce qui vérifie à nouveau que pour des grains de très faibles dimensions, l'absorption étant très faible, n est égal à 4.

D'ailleurs les courbes s'étagent. Pour une même valeur de $\frac{I}{I_0}$ n diminue avec la concentration. Il est facile de s'expliquer pourquoi à égalité d'intensité



Courbe 8.

transmise, les grains doivent être plus gros pour de faibles concentrations ; d'où une valeur de n plus faible.

II. — Milieux troubles constitués par une suspension de résine.

9. — Si l'on projette dans l'eau quelques gouttes d'une solution de résine dans l'alcool on obtient un précipité opalescent qui, à la longue, vire au blanc. Le milieu trouble évolue beaucoup plus lentement que celui obtenu avec le chlorure d'argent. Pour de très faibles concentrations il est sensiblement stationnaire.

On pouvait donc ici faire les mesures de polarisation immédiatement après celles d'intensité et sur la même cuve.

Voici les résultats obtenus en versant dans l'eau des quantités croissantes de solution de résine dans l'alcool.

1 cc

pas de changement appréciable avec le temps :

$$\frac{I}{I_0} = 0,844 \quad P = 0,954$$

2

$$\frac{I}{I_0} = 0,812 \quad P = 0,912$$

5 cc			
a)	$t = 0$	$\frac{I}{I_0} = 0,678$	$P = 0,898$
b)	$t = 0$	$\frac{I}{I_0} = 0,671$	$P = 0,885$
	$t = 24^h$	"	$P = 0,852$
(évolution très lente)			
4 cc			
	$t = 0,611$		$P = 0,887$
5 cc			
a)	$t = 0$	$\frac{I}{I_0} = 0,586$	$P = 0,885$
	$t = 1^h$	"	0,855
b)	$t = 0$	$\frac{I}{I_0} = 0,570$	
	$t = 1^h$	0,422	$P = 0,848$
c)	$t = 0$	$\frac{I}{I_0} = 0,600$	$P = 0,860$
d)	$t = 0$	$\frac{I}{I_0} = 0,590$	
	50 ^m	0,470	
	60 ^m	0,594	$P = 0,875$
10 cc			
a)	$t = 0$	$\frac{I}{I_0} = 0,545$	$P = 0,845$
b)	$t = 1^m$	$\frac{I}{I_0} = 0,525$	
	10 ^m	0,275	
	60 ^m	0,458	
	2 ^h	0,091	$P = 0,679$
	5 ^h	"	0,580
15 cc			
	$t = 1^m$	$\frac{I}{I_0} = 0,197$	
	5 ^m	0,166	
	5 ^m	0,155	
	10 ^m	0,151	
	57 ^m	0,076	
	60 ^m	0,055	$P = 0,610$

Les résultats obtenus ont été représentés sur la courbe 9 qui, pour de faibles concentrations, se confond avec une droite.

L'allure générale de la courbe s'explique parfaitement : quand on introduit dans un volume d'eau déterminé une certaine quantité de solution alcoolique de résine, le précipité qui prend naissance renferme un nombre déterminé de particules : parmi ces particules, certaines, de trop petites dimensions, tout en diminuant l'intensité transmise sont sans influence sur la polarisation : d'autres, plus grosses, agissent à la

fois sur la lumière transmise et la polarisation. Si la quantité de solution de résine utilisée augmente il est tout naturel que l'absorption exercée par le milieu trouble s'accroisse, en même temps que diminue la polarisation.

Conclusions.

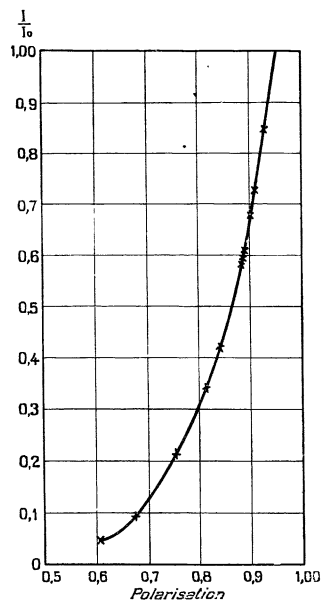
10. — Pour un milieu trouble dont les particules en suspension grossissent la masse totale des grains étant constante ou croissante — modifications qui se produisent, sans doute, avec le temps, dans une suspension de chlorure d'argent correspondant à une concentration donnée

— la quantité de lumière transmise et la polarisation varient dans le même sens ; entre elles existe une relation traduite par une courbe d'allure régulière.

Si le nombre des particules de grosseurs différentes augmente dans un même rapport — cas du précipité de mastic — la polarisation et l'intensité de la lumière transmise varient encore dans le même sens.

Mais pour des milieux de constitution quelconque il peut arriver qu'à égalité de polarisation on ait des absorptions différentes — cas de précipités de chlorure d'argent correspondant à diverses concentrations. — Un milieu trouble très riche en particules de faibles dimensions vis-à-vis les longueurs d'onde pourra diffuser une lumière très fortement polarisée tout en exerçant une absorption considérable sur les rayons lumineux qui le traversent. S'il est constitué, au contraire, par un petit nombre de grosses particules, la polarisation de lumière diffusée pourra être très faible alors que l'intensité lumineuse sera à peine affaiblie par transmission.

Les considérations précédentes précisent la nature des renseignements que pourra fournir l'étude de la polarisation d'un milieu trouble, par exemple l'atmosphère, sur l'absorption qu'il exerce, sur les radiations. Si les modifications qui surviennent dans le milieu trouble portent sur des particules ayant des dimensions notables vis-à-vis de la longueur d'onde, une augmentation du nombre de ces particules ou de leur grosseur produira une diminution parallèle de l'intensité transmise et de la polarisation. Si les modifications portent sur des particules de faibles dimensions vis-à-vis de la longueur d'onde la conclusion



Courbe 9.

précédente ne subsiste pas une augmentation du nombre ou de la grosseur des particules (supposées toujours petites vis-à-vis de λ) laisserait la polarisation inaltérée et augmenterait l'absorption (théorie de Lord Rayleigh).

De très nombreuses mesures faites sur l'atmosphère m'ont montré que le pouvoir absorbant varie toujours

en sens inverse de la polarisation. On semble-t-il, légitimement conclure, que les occupations dont l'atmosphère est le siège et qui se traduisent par leur effet sur la polarisation et le pouvoir absorbant portent sur des particules dont les dimensions sont, au moins, de l'ordre des $\frac{1}{10}$ de λ .

Manuscrit reçu le 12 mars 1911