

---

# Polarisation de la lumière et polarimétrie

---

## Résumé

L'activité optique d'une solution peut nous permettre de déterminer certaines de ces caractéristiques. En effet, la façon dont une substance agit sur la polarisation de la lumière peut nous donner des informations sur sa nature, sa concentration,... Dans cette expérience, nous allons apprendre à utiliser un polarimètre et calculer le pouvoir rotatoire de certaines solutions aqueuses.

---

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Théorie</b>	<b>2</b>
1.1	La lumière et sa polarisation . . . . .	2
1.2	Polariseur . . . . .	3
1.3	Polarisation par double réfraction et dichroïsme . . . . .	4
1.4	Polarisation par réflexion et par diffusion . . . . .	8
1.5	Activité optique . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Manipulations</b>	<b>12</b>
2.1	Principe du polarimètre . . . . .	12
2.2	Le polarimètre à pénombre . . . . .	14
2.3	Technique de mesure de l'angle de rotation . . . . .	15
2.4	Détermination du pouvoir rotatoire ou de la concentration . . . . .	16
<b>3</b>	<b>Plan de travail</b>	<b>16</b>

# 1 Théorie

## 1.1 La lumière et sa polarisation

Depuis les travaux théoriques de Maxwell et les expériences de Hertz à la fin du XIXe siècle, la lumière est décrite par une onde électromagnétique de haute fréquence ( $\nu$  de  $4.3$  à  $7.5 \cdot 10^{14}$  Hz) et par conséquent de courte longueur d'onde ( $\lambda$  de  $700$  à  $400$  nm).

Une onde électromagnétique consiste en la propagation dans l'espace à la vitesse de la lumière d'un champ électrique  $\mathbf{E}^1$  et d'un champ magnétique  $\mathbf{B}$ , vibrant en phase. Les ondes électromagnétiques sont *transversales* : le vecteur du champ électrique  $\mathbf{E}$  et le vecteur du champ magnétique  $\mathbf{B}$  sont perpendiculaires l'un à l'autre et situés dans un plan normal à la direction de propagation. La direction du rayon lumineux de l'optique géométrique correspond à celle du vecteur vitesse de propagation  $\mathbf{k}$ .

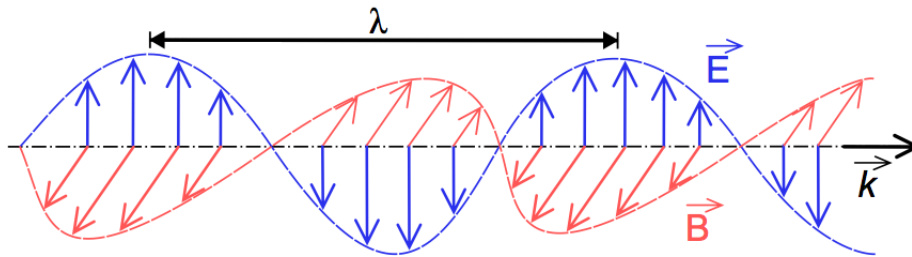


FIG. 1.1: Cliché instantané d'une onde plane polarisée linéairement. Ici  $\mathbf{E}$  est toujours vertical et  $\mathbf{B}$  toujours horizontal ; le plan de polarisation est vertical. L'onde se déplace à la vitesse  $c$  vers la droite <sup>2</sup>

Les ondes électromagnétiques sont caractérisées par leur fréquence  $\nu$  (ou par leur longueur d'onde  $\lambda$ ), par leur vitesse et par leur intensité (ou par leur amplitude). Etant transversales, elles possèdent une propriété supplémentaire : elles sont **polarisées**. Une onde électromagnétique plane est dite *polarisée linéairement* si, lors de la propagation, les vecteurs champs électriques restent dans un même plan ; les vecteurs champs magnétiques restent alors également dans un même plan, perpendiculaire au précédent. Le plan

<sup>1</sup>Les vecteurs sont notés en gras

<sup>2</sup>[http://fr.wikipedia.org/wiki/Polarisation\\_%28optique%29](http://fr.wikipedia.org/wiki/Polarisation_%28optique%29)

formé par le vecteur  $\mathbf{E}$  et la direction de propagation (vecteur  $\mathbf{k}$ ) est appelé *plan de polarisation* (figure 1.1). La direction du vecteur  $\mathbf{E}$  est prise par convention comme *direction de polarisation* de l'onde.

Dans le modèle classique, la direction du champ électrique  $\mathbf{E}$  d'une onde lumineuse est donnée par la direction d'oscillation de la charge électrique responsable de l'émission de lumière. Les atomes et les molécules d'une source macroscopique de lumière oscillent ou rayonnent indépendamment les uns des autres dans toutes les directions. La lumière qui se propage dans *une* direction consiste donc en une succession de *trains d'ondes* indépendants (chacun étant produit par un oscillateur) dont les plans de polarisation sont orientés aléatoirement autour de la direction de propagation (émission incohérente). La durée d'émission d'un oscillateur élémentaire, et par conséquent la durée de vie d'un train d'onde, est d'environ  $10^{-9}$  secondes. Pour l'oeil humain, dont la résolution temporelle n'est que de 0.1 seconde environ, tout se passe comme si une grande quantité de plans de polarisation existaient simultanément (figure 1.2). Ce faisant, lorsque des atomes ou molécules rayonnent indépendamment les uns des autres, on dit que la lumière émise n'est pas polarisée. Cependant, pour une durée d'observation ultracourte, toute lumière est intrinsèquement polarisée.

## 1.2 Polariseur

Il est possible de donner un état de polarisation à une onde primitivement non polarisée. Certains milieux ne transmettent que les composantes des trains d'ondes incidents dont le vecteur  $\mathbf{E}$  vibre parallèlement à une direction déterminée, direction qui sera la direction de polarisation du rayon émergent. De tels milieux sont dits polariseurs (figure 1.2).

Plaçons un second polariseur, appelé *analyseur*, à la suite du premier. Si l'amplitude du champ électrique de la lumière polarisée à la sortie du polariseur est  $E_0$ , l'amplitude à la sortie de l'analyseur sera  $E = E_0 \cos \theta$  où  $\theta$  est l'angle entre les directions de polarisation du polariseur et de l'analyseur. Comme l'intensité est proportionnelle au carré de l'amplitude, l'intensité  $I$  à la sortie de l'analyseur sera :

$$I = I_0 \cos^2 \theta \quad (\text{Loi de Malus})$$

où  $I_0$  est l'intensité à la sortie du polariseur. L'intensité sera maximum si les directions de polarisation du polariseur et de l'analyseur sont parallèles.

Elle sera nulle (aucune lumière ne sort de l'analyseur) si  $\theta = 90^\circ$ , c'est-à-dire si les polariseurs sont croisés.

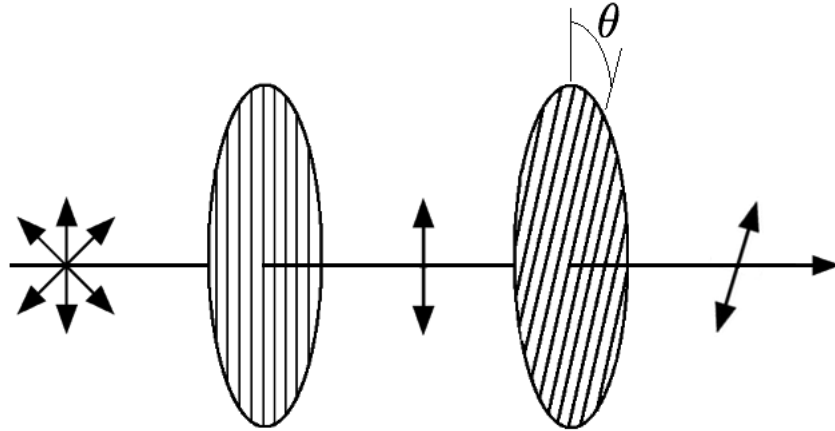


FIG. 1.2: Polariseur et analyseur : Après l'analyseur, seule la composante parallèle à la direction de polarisation de ce dernier subsiste. Si les polariseurs sont croisés ( $\theta = 90^\circ$ ), aucune lumière n'est transmise.

### 1.3 Polarisation par double réfraction et dichroïsme

Les liquides, les solides amorphes (verres) et les solides cristallins offrant une symétrie cubique sont optiquement isotropes : la vitesse de la lumière (donc aussi l'indice de réfraction) ne dépend pas de la direction de propagation à l'intérieur de la substance.

D'autres solides cristallins, calcite ou spath d'Islande par exemple, sont anisotropes. Ces cristaux sont *biréfringents*. En effet, un faisceau de lumière non polarisée qui tombe sur une face d'un cristal de calcite est dédoublé. Les deux faisceaux réfractés sont polarisés linéairement et leurs plans de polarisation sont perpendiculaires (figure 1.3). Un des faisceaux suit la loi habituelle de la réfraction, c'est le rayon ordinaire. Pour ce rayon, l'indice de réfraction a une valeur constante. L'autre faisceau, appelé rayon extraordinaire, n'obéit pas à cette loi ; l'indice de réfraction dépend de la direction de propagation et varie entre  $n_o$  et l'indice extraordinaire  $n_e$ . En général, le rayon extraordinaire n'est pas dans le plan d'incidence ; il est dévié même si l'angle d'incidence est

nul (l'angle d'incidence est l'angle entre la direction d'incidence et la normale à la surface frappée, au point d'incidence, ces deux directions définissant le plan d'incidence).

Les indices  $n_o$  et  $n_e$  sont les indices principaux de réfraction d'un cristal (uniaxe). Certains cristaux biréfringents plus complexes (cristaux biaxes) requièrent trois indices de réfraction, aucun rayon ne suit alors la loi de la réfraction.

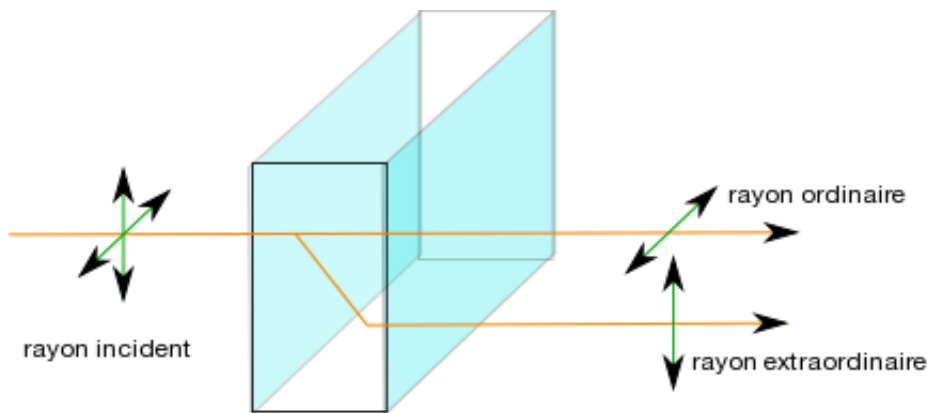


FIG. 1.3: Cristal biréfringent : Ici le rayon incident tombe perpendiculairement sur la surface du cristal ; en conséquence, le rayon ordinaire n'est pas dévié. Si l'on tourne le cristal, le rayon extraordinaire tourne autour du rayon ordinaire. Les deux rayons sont polarisés linéairement, leurs directions de polarisation étant perpendiculaires.

Les cristaux biréfringents permettent de fabriquer de petits polariseurs. Le prisme de Nicol (ou simplement Nicol) est un bon polariseur utilisé dans les polarimètres. Il est formé d'un cristal de spath (calcite naturelle  $\text{CaCO}_3$ ) taillé et coupé comme le montre la figure 1.4. Les deux parties du cristal sont ensuite collées par une substance d'indice de réfraction assez élevé (baume du Canada, par exemple). Lorsque l'on éclaire le prisme de Nicol, le rayon ordinaire subit une réflexion sur la surface de séparation cristal-baume et est dévié hors du cristal. Le rayon extraordinaire est, par contre, réfracté et traverse la seconde partie du cristal. Il se propage à peu près selon l'axe du Nicol. Le plan de polarisation est défini par la petite diagonale de la section du prisme (figure 1.4a, image en coupe).

La biréfringence, qui existe naturellement dans les milieux anisotropes, peut

être créée artificiellement dans les milieux isotropes, par exemple, par un champ électrique extérieur (effet Kerr) ou par des forces extérieures produisant un état de contraintes anisotropes. Ces anisotropies sont détectables dans un milieu transparent en lumière polarisée. Elles apparaissent sous forme de franges diversement colorées car la biréfringence est accompagnée, comme la réfraction, d'un effet de dispersion. Le phénomène de photoélasticité est couramment utilisé pour analyser les contraintes dans des modèles de structures mécaniques.

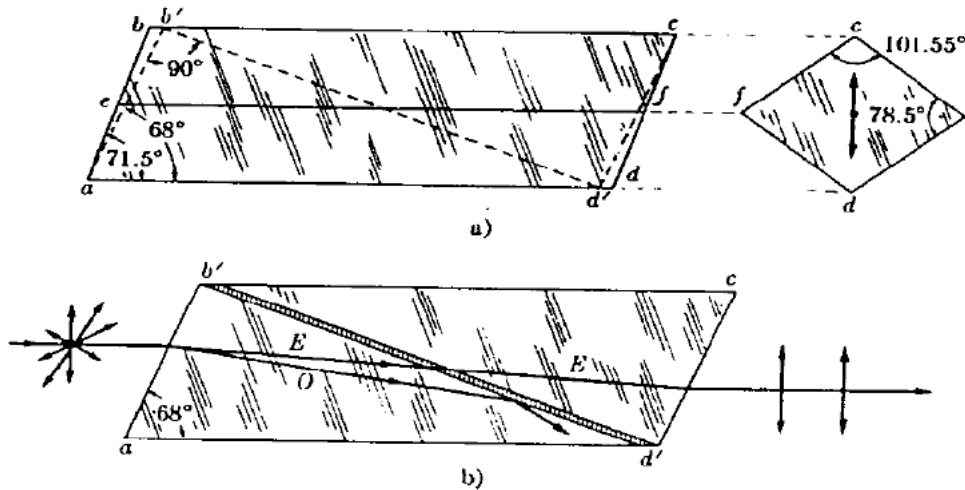


FIG. 1.4: Cristal de calcite et prisme de Nicol : a) Cristal de calcite naturel, appelé spath d'Islande ( $\text{CaCO}_3$ ). b) Prisme de Nicol ; le cristal de spath est coupé puis recollé à l'aide de baume du Canada. Les indices de réfraction valent : Spath d'Islande :  $n_0 = 1.66$  et  $n_e = 1.49$  Baume du Canada :  $n = n_0 = n_e = 1.55$

Certains cristaux anisotropes absorbent les rayons ordinaires et extraordinaires dans des proportions très différentes. Un rayon lumineux se propageant à travers une épaisseur assez grande d'un tel cristal devient progressivement polarisé puisqu'un des rayons finit par être complètement absorbé (figure 1.5). Ce phénomène est appelé *dichroïsme*. L'absorption dépend également de la fréquence de la lumière, c'est pourquoi un cristal dichroïque éclairé par une lumière blanche apparaît différemment coloré selon la direction d'observation.

Le dichroïsme est utilisé dans des plaques polarisantes produites par la firme Polaroid. Les plaques Polaroid ont tout d'abord été fabriquées avec de petits cristaux dichroïques alignés et pris en sandwich entre deux plaques de Celloïd.

Actuellement, les plaques Polaroid sont constituées de grandes molécules de polymères alignées par étirement. On peut les comparer à des grilles formées de barres parallèles qui ne laisseraient passer que les ondes dont la direction de vibration est parallèle aux barreaux.

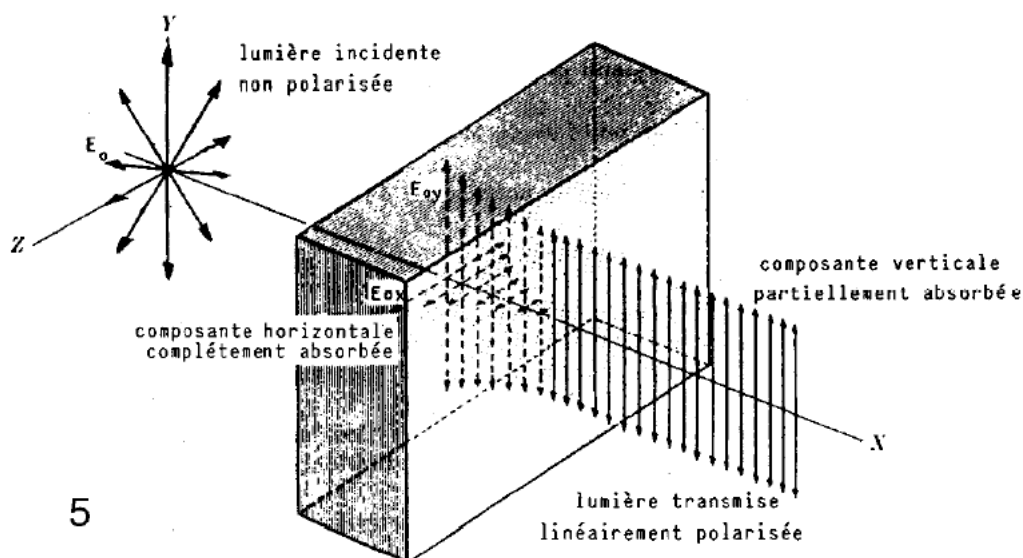


FIG. 1.5: Dichroïsme : L'onde incidente pénétrant dans la substance est séparée en un rayon ordinaire et un rayon extraordinaire. Après avoir traversé une certaine épaisseur de substance, l'un des rayons est entièrement absorbé ; la lumière émergente est alors polarisée.

Le dichroïsme est le moyen le plus simple et le meilleur marché pour produire la lumière polarisée. Il est à remarquer que toute matière plastique transparente, formée par étirement, polarise (au moins partiellement) la lumière. On peut s'en rendre compte en plaçant un morceau de Cellophane avant ou après un polariseur.



### 1.4 Polarisation par réflexion et par diffusion

Les ondes lumineuses réfléchies sont partiellement ou totalement polarisées. Une onde est partiellement polarisée lorsque dans une direction de vibration particulière, l'amplitude du champ  $\mathbf{E}$  est plus grande que dans les autres directions. La lumière réfléchie est totalement polarisée si l'angle d'incidence et les indices de réfraction des deux milieux sont tels que le rayon réfracté et le rayon réfléchi forment entre eux un angle droit (loi de Brewster). Dans ce cas, le vecteur  $\mathbf{E}$  associé au rayon réfléchi ne vibre que parallèlement à la surface sur laquelle se fait la réflexion (figure 1.6).

La polarisation de la lumière réfléchie est à l'origine de l'efficacité des lunettes de soleil Polaroid. Les verres polarisants sont en effet orientés de telle manière qu'ils absorbent complètement la lumière polarisée horizontalement, donc spécialement la lumière réfléchie par les surfaces horizontales (surface d'un lac par exemple).

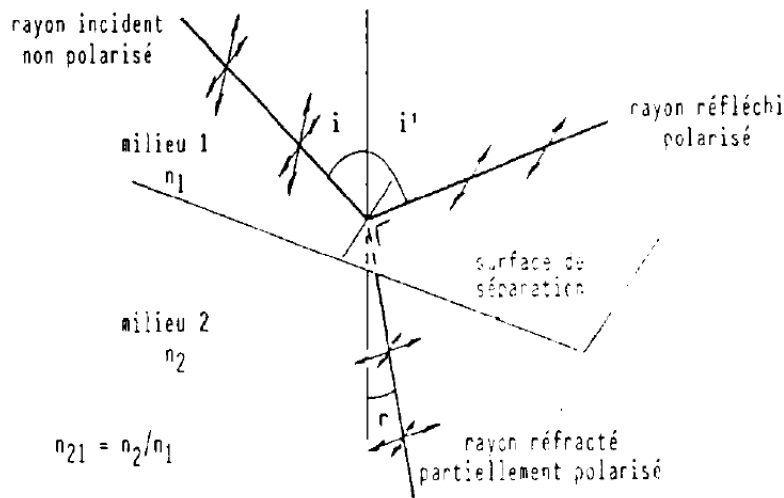


FIG. 1.6: Polarisation par réflexion : Lorsque l'angle d'incidence est tel que les rayons réfracté et réfléchi sont perpendiculaires, le rayon réfléchi est complètement polarisé. Les lois de la réflexion et de la réfraction montrent alors que  $\tan i = n_{21}$  (loi de Brewster).

Un faisceau de lumière incident sur un milieu matériel excite les atomes

du milieu ; ceux-ci se dés excitent en émettant des ondes secondaires dans toutes les directions. L'émission latérale par rapport à la direction de l'onde incidente est appelée diffusion. La diffusion est particulièrement observable dans les milieux gazeux. La lumière diffusée exactement perpendiculaire aux rayons lumineux excitateurs présente la particularité d'être totalement polarisée ; elle ne l'est que partiellement dans les autres directions.

La diffusion explique la couleur bleue du ciel et la couleur rouge-orange des couchers du soleil. Les molécules de l'atmosphère diffusent en effet la lumière solaire de façon prépondérante dans les hautes fréquences lumineuses (bleu, violet). Comme toute lumière diffusée, la lumière provenant du ciel est polarisée ; les abeilles, sensibles à la polarisation de la lumière, s'en servent pour s'orienter.

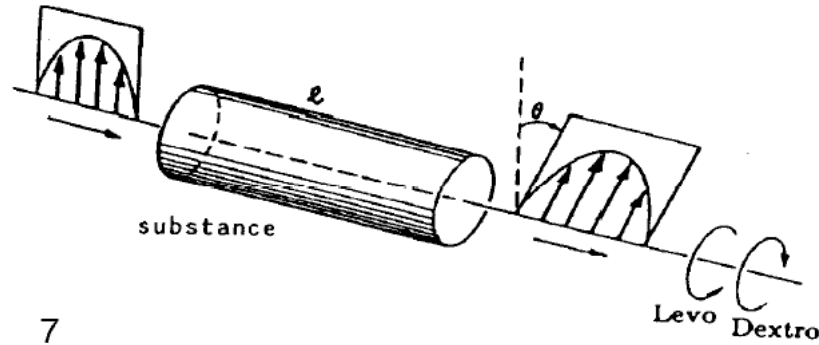
## 1.5 Activité optique

Lorsqu'un rayon de lumière linéairement polarisé traverse une substance dite *optiquement active*, il conserve sa polarisation mais son plan de polarisation subit une rotation d'angle  $\theta$  autour de la direction de propagation. L'angle de rotation est proportionnel à l'épaisseur de substance traversée et dépend de la nature de cette dernière. La substance est appelée dextrogyre ou lévogyre selon que la rotation a lieu dans le sens des aiguilles d'une montre (rotation à droite) ou dans le sens contraire (rotation à gauche) pour un observateur recevant le rayon.

Certaines substances, comme le quartz, ne sont optiquement actives qu'à l'état solide ; lors d'une fusion ou d'une dissolution, cette propriété disparaît. L'activité optique dépend donc de l'arrangement cristallin asymétrique de ces matières. D'autres substances, comme la térébenthine ou le sucre, sont optiquement actives dans tous les états, ainsi qu'en solution. Dans ce cas, c'est l'asymétrie des molécules elles-mêmes qui est responsable de l'activité optique.

La compréhension exacte (et quantitativement vérifiable) de l'origine de l'activité optique est difficile. Cependant une explication qualitative peut être donnée. Les molécules des substances optiquement actives en solution, possèdent une structure que l'on peut schématiquement assimiler à une hélice (figure 1.7). Une hélice présente la particularité de ne pas être identique à son image dans un miroir (pas de symétrie par réflexion) (figure 1.9).

Prenons une molécule d'axe  $y$  en forme d'hélice droite (figure 1.9) sur la-



7

FIG. 1.7: Rotation du plan de polarisation dans une substance optiquement active (ici substance dextrogyre).

quelle arrive un rayon lumineux linéairement polarisé selon l'axe. Le champ électrique incident fait osciller les charges de la molécule le long de l'hélice. Le courant ainsi créé rayonne à son tour une onde électromagnétique linéairement polarisée selon l'axe  $y$ . Cependant les charges accélérées étant contraintes à se mouvoir le long de la spirale, elles possèdent aussi un mouvement selon l'axe  $z$  lorsqu'elles montent et descendent selon l'axe  $y$ . Un courant montant pénètre dans le papier en 2 et en sort en 1. On pourrait supposer que, globalement, un tel courant n'émette pas de radiation selon  $z$  puisque les courants en 1 et en 2 sont de sens contraires. Cependant, en 3 après la molécule, les composante selon  $z$  du champ  $\mathbf{E}$  émis en 1 et en 2 ne se compensent pas car le rayonnement émis en 1 doit parcourir un chemin plus long (dimension de la molécule). Il en résulte un déphasage qui fait apparaître une composante selon  $z$  du champ  $\mathbf{E}$  rayonné.

La direction du champ  $\mathbf{E}$  résultant est ainsi modifiée par une rotation autour de l'axe  $x$ . On peut se convaincre, en étudiant les différentes orientations possibles de la molécule et leur conséquence sur le champ rayonné, que la rotation s'effectuera toujours dans le même sens (dextrogyre pour une molécule en forme d'hélice droite), bien que l'angle de rotation du champ rayonné  $\mathbf{E}$  varie, selon l'orientation, entre zéro et un maximum.

Il existe deux types d'hélices, hélice gauche et hélice droite (figure 1.9), qui correspondent aux deux types de substances optiquement actives, lévogyre et dextrogyre. Comme, pour une substance donnée, il y a toujours un très

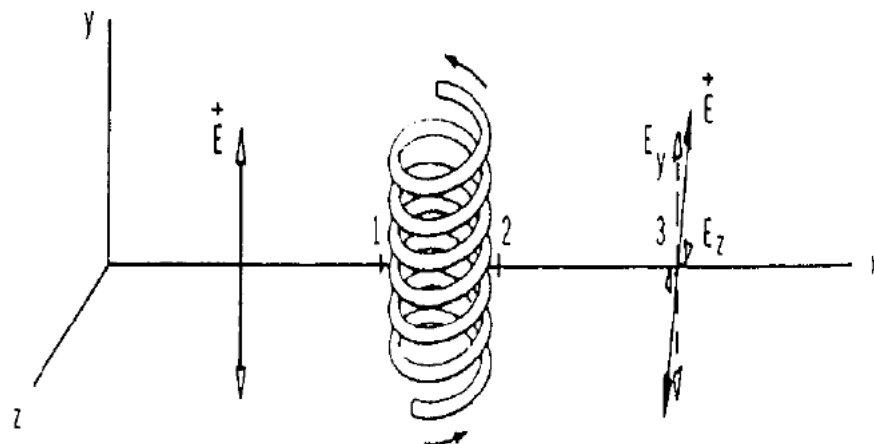


FIG. 1.8: Représentation d'une molécule d'une substance active (dextrogyre) en solution.

grand nombre de molécules dans chaque orientation possible, l'angle de rotation (moyen) est précisément déterminé. Si la lumière traverse une épaisseur  $l$  de matière, on définit le *pouvoir rotatoire spécifique ou activité spécifique*  $\alpha$  (en  $^{\circ}/\text{m}$ ) par la relation suivante :

$$\theta = \alpha l \quad (1.1)$$

Pour une substance optiquement active en solution, la définition de l'activité optique diffère légèrement car on observe que l'angle de rotation dépend d'une part de l'épaisseur  $l$  du liquide traversé par le rayon lumineux, et d'autre part du nombre de molécules actives par unité de volume, donc de la concentration  $\kappa$  (en  $\text{kg}/\text{m}^3$ ) de la solution. La relation qui lie l'angle de rotation  $\alpha$  du plan de polarisation et (en  $^{\circ}\text{m}^2\text{kg}^{-1}$ ) devient :

$$\theta = \alpha \kappa l \quad (1.2)$$

Connaissant  $\alpha$ , il est donc possible de déterminer la concentration  $\kappa$  d'une solution par mesure de l'angle de rotation du plan de polarisation  $\theta$  (saccharimétrie).

L'angle de rotation du plan de polarisation dépend fortement de la fréquence de la lumière incidente, donc de la couleur (voir les tables). Aussi existe-t-il

une dispersion de la lumière par activité optique ou dispersion rotatoire et le pouvoir rotatoire spécifique dépend de la fréquence de la lumière. Pour une mesure de précision et pour de grands angles de rotation, une source de lumière monochromatique est nécessaire, le plus souvent en lumière jaune-orangée. Le pouvoir rotatoire des solutions dépend aussi de la température; il diminue avec l'augmentation de cette dernière. Dans les tables, les pouvoirs rotatoires spécifiques sont donnés en général pour la raie jaune D du sodium et à 20 °C.

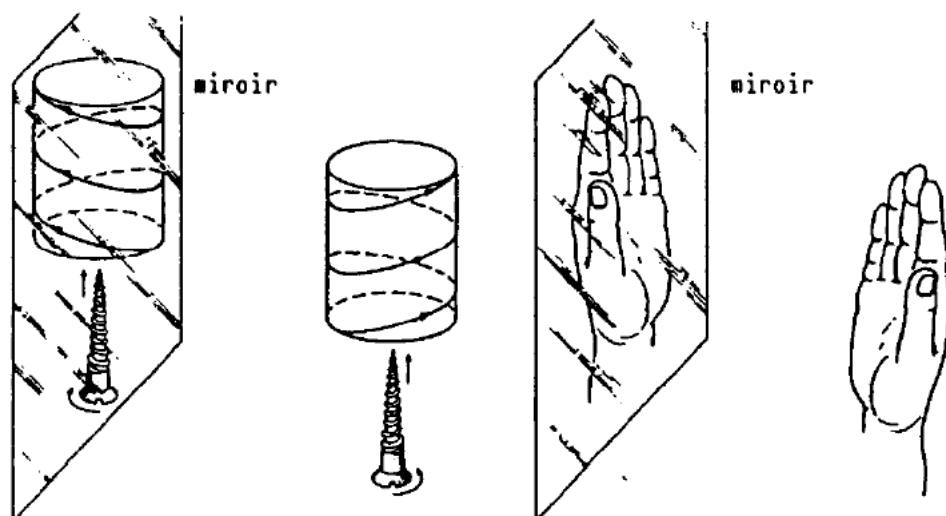


FIG. 1.9: L'image dans un miroir d'une hélice droite (ou d'une vis) est une hélice gauche. L'image dans un miroir de la main droite est la main gauche.

## 2 Manipulations

### 2.1 Principe du polarimètre

Le polarimètre est un appareil qui permet la mesure de l'angle de rotation du plan de polarisation d'un faisceau lumineux traversant une substance optiquement active. Il est ainsi possible de déterminer le pouvoir rotatoire

spécifique d'une substance ou la concentration d'une solution.

La réalisation la plus simple du polarimètre consiste à placer la substance à analyser entre deux polariseurs, le polariseur proprement dit et l'analyseur. Les polariseurs sont en général des prismes de Nicol, plus lumineux et plus précis que les plaques Polaroid.

Le faisceau de lumière provenant d'une source externe est tout d'abord rendu parallèle par une lentille convergente, puis il est polarisé par le polariseur dont l'orientation est fixe. La lumière traverse ensuite la substance et atteint l'analyseur qui est mobile autour de l'axe de l'appareil, axe confondu avec la direction du faisceau lumineux. Une échelle permet le repérage de la position angulaire de l'analyseur. La lumière est observée par une lunette mise au point par déplacement de l'oculaire : En l'absence de substance ou pour

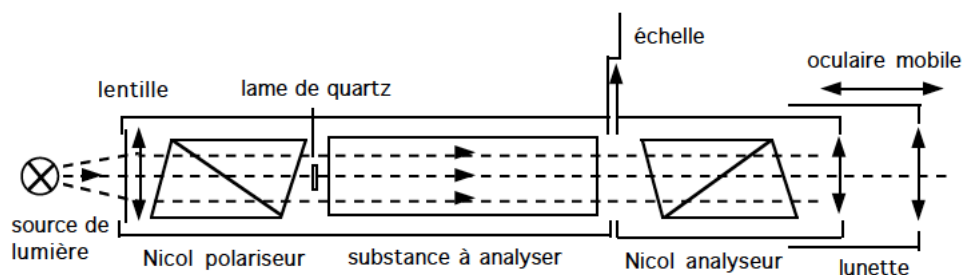


FIG. 2.1: Schéma du polarimètre.

une substance inactive, on obtient l'extinction (pas de lumière à la sortie de l'appareil) si l'analyseur est placé en position exactement croisée avec le polariseur (position du zéro de l'appareil). Il existe évidemment deux positions d'extinction à  $180^\circ$  l'une de l'autre.

Pour un polarimètre réglé sur une position d'extinction, l'introduction d'une substance optiquement active entre les deux Nicols change l'orientation du plan de polarisation à l'entrée de l'analyseur : de la lumière réapparaît. La rotation de l'analyseur nécessaire pour rétablir la position d'extinction fournit l'angle de rotation  $\theta$  (la rotation doit permettre de retomber sur la position d'extinction précédente et non sur celle située à  $180^\circ$ ).

## 2.2 Le polarimètre à pénombre

La détermination des positions exactes d'extinction est peu précise, car il y a toujours des lumières parasites, le minimum de luminosité est imparfaitement déterminé par l'oeil et près de l'extinction, l'intensité ne varie que lentement (loi de Malus). Aussi utilise-t-on plutôt le polarimètre à pénombre dans lequel on remplace la détermination de positions d'extinction par la détermination de positions d'égal éclaircissement de deux ou trois pages lumineuses voisines observées simultanément.

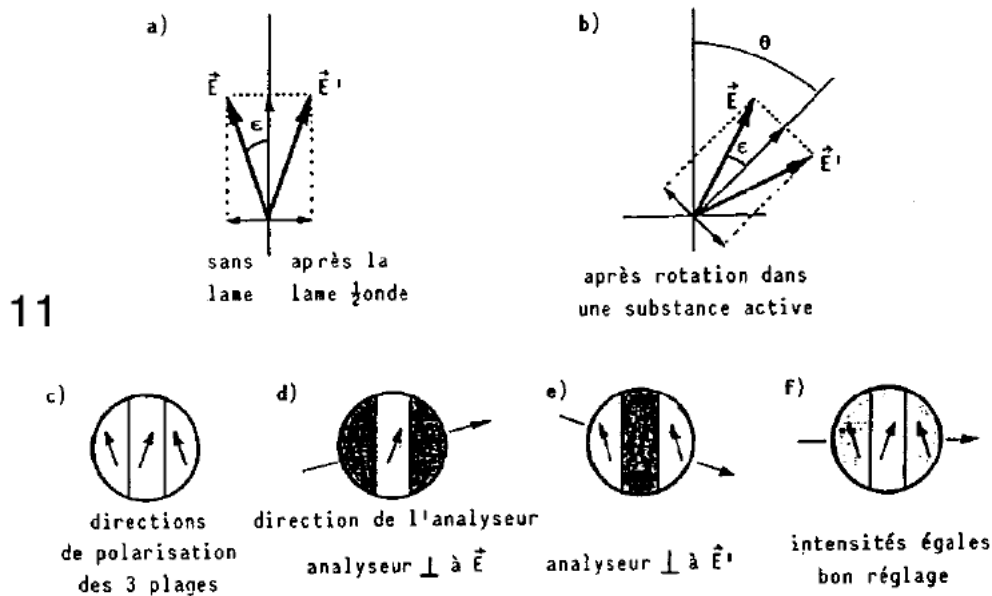


FIG. 2.2: a) la lame de quartz retarde la composante horizontale de  $\mathbf{E}$  (composante lente) de  $\lambda/2c$ , ce qui correspond à une demi-période ou à un angle de  $180^\circ$ , b) la substance fait tourner les deux directions  $\mathbf{E}$  et  $\mathbf{E}'$  du même angle  $\theta$ , c) image des trois pages avec les directions de polarisation, d), e), f) : diverses images de réglages.

Dans le polarimètre utilisé, une lame de quartz d'épaisseur bien déterminée par rapport à la longueur d'onde de la lumière utilisée - lame demi-onde - est placée au centre du champ lumineux de l'appareil après le polariseur

(figure 2.1). Le champ est ainsi divisé en trois parties (figure 2.2). Une lame demi-onde est une lame à retard taillée de telle manière que la direction de polarisation de la lumière à la sortie de la lame se déduit de celle d'entrée par symétrie par rapport à l'axe vertical (figure 2.2a). Si la direction de polarisation du polariseur fait un angle  $\epsilon$  avec la verticale, il y a deux directions de polarisation symétriques dans les plages centrale et latérale (figure 2.2c).

Lorsque l'analyseur est réglé de façon que sa direction de polarisation soit normale à  $\mathbf{E}$  (figure 2.2d), les plages latérales sont obscures et la plage centrale éclairée. La rotation de l'analyseur d'un angle  $2\epsilon$  inversera ce contraste (figure 2.2e). La position intermédiaire à mi-chemin entre ces deux positions (direction de polarisation de l'analyseur normale à l'axe de symétrie) correspond alors à une position d'éclairement égal et minimum des trois plages (figure 2.2f). C'est la position cherchée.

A travers une substance optiquement active, les deux directions  $\mathbf{E}$  et  $\mathbf{E}'$  tournent du même angle  $\theta$ , il faudra tourner l'analyseur d'un angle égal pour atteindre l'égalité d'éclairement des plages (figure 2.2b).

L'angle  $\epsilon$  est appelé angle de pénombre car il détermine l'intensité du minimum d'éclairement. Il peut être ajusté par une faible rotation du polariseur. Une augmentation de l'angle (+) augmente l'intensité et améliore la vision, mais diminue la sensibilité du polarimètre.

Les positions d'égales intensités sont au nombre de 4, soit deux positions à faible intensité et deux positions à forte intensité. Pour des raisons de précision (les positions à forte intensité sont peu sensibles) **seules les positions à faible intensité sont utilisables.**

## 2.3 Technique de mesure de l'angle de rotation

Un mode d'emploi précis est à disposition avec chaque polarimètre. Il est nécessaire de le lire et de l'appliquer pour obtenir de bonnes mesures. Les points suivants sont à relever :

- L'oculaire est mobile, mais il faut l'adapter à votre vue de manière à ce que la lunette soit mise au point sur la lame de quartz : les lignes de séparation des plages sont alors nettes et bien visibles.
- Avant de commencer les mesures, il faut choisir l'angle de pénombre. Une modification de ce dernier change en effet la position du zéro de l'appareil, qui doit alors être déterminée à nouveau.
- La position angulaire de l'analyseur se lit sur une échelle au moyen d'un vernier (voir mode d'emploi). Une précision de  $0,05^\circ$  est obtenue.



## 2.4 Détermination du pouvoir rotatoire ou de la concentration<sup>16</sup>

---

- Il est nécessaire d’effectuer une dizaine de mesures pour chaque détermination d’une position de l’analyseur, car la position exacte d’égale intensité reste difficile à déterminer pour des personnes peu exercées. La position exacte sera obtenue par la moyenne, l’incertitude étant calculée statistiquement (§ 2.2 au début du fascicule). Lors des premières mesures, l’oeil de l’observateur n’est pas habitué et les écarts entre les lectures successives sont grands, ils devraient s’atténuer rapidement avec le nombre de mesures.
- Une première série de mesures en l’absence de substance ou avec de l’eau distillée donne la position (moyenne)  $\beta_0$  correspondant au zéro de l’appareil. L’angle de rotation (moyen)  $\theta$  d’une substance s’obtient par la différence entre  $\beta_0$  et la position (moyenne)  $\beta$  de l’analyseur pour la substance :

$$\theta = \beta - \beta_0 \quad (2.1)$$

- Le tube, jouant le rôle de cuve transparente pour les solutions, doit être rempli en évitant la formation de bulles d’air. Il sera bien rincé à l’eau, puis à l’eau distillée, après chaque utilisation.

## 2.4 Détermination du pouvoir rotatoire ou de la concentration

L’angle de rotation étant mesuré selon le paragraphe précédent [relation (2.1)], le pouvoir rotatoire spécifique se déduit ensuite de la relation (1.2).

La concentration doit être exprimée en unités SI. Les deux tubes à disposition font respectivement 10 cm et 20 cm de long.

La mesure de la concentration d’une solution est la mesure la plus couramment effectuée en laboratoire avec le polarimètre. On peut, par exemple, mesurer la concentration du sucre dans les urines. Pour une substance connue, la concentration est tirée de la relation (1.2) connaissant le pouvoir rotatoire (mesure précédente ou table) et l’angle de rotation [relation (2.1)].

## 3 Plan de travail

1. Examinez le polarimètre et lisez le mode d’emploi (§ 2.1 et 2.2).
2. Déterminez le pouvoir rotatoire des solutions à disposition (§ 2.3 et 2.4).

3. Déterminez la concentration de la solution inconnue (§ 2.4).

## Références

- [1] Resnick et Halloday, tome 2, Ondes, Optique et Physique Moderne, chap. 12.
- [2] Alonso et Finn, tome 2, Champs et Ondes, chap. 20.
- [3] Feynman, tome 1, Lectures on Physics, chap. 33.