

# THEME 2 : Lois et modèles

## C14 Stéréoisomérisation des molécules organiques

### II. Sur les traces de Pasteur => Activité 1 P.282

Compétences générales mises en œuvre

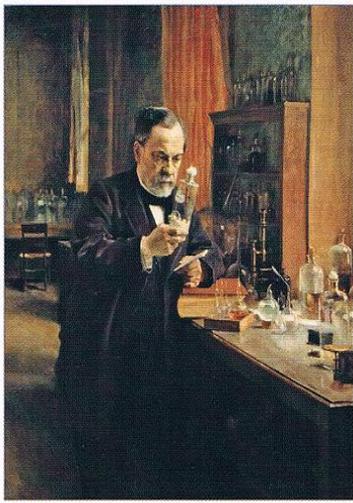
ACTIVITÉ DOCUMENTAIRE

• Extraire et exploiter des informations • Communiquer

1

### Sur les traces de Pasteur

► Les travaux de Louis Pasteur dans les années 1840 sont à l'origine d'une nouvelle science, la stéréochimie, consacrée à l'étude dans l'espace des atomes constituant une molécule.



1 Louis Pasteur, par Albert Edelfelt (musée d'Orsay).

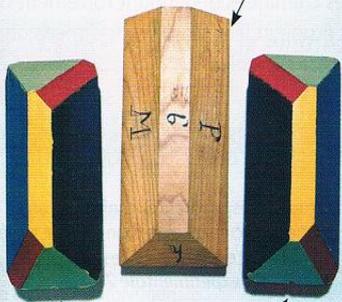
Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, des scientifiques mirent en évidence l'action sur la lumière polarisée (document 4) de certaines solutions, alors qualifiées de « substances optiquement actives ». Louis Pasteur eut l'intuition que cette propriété, observée à l'échelle moléculaire grâce à la solution, se traduisait à l'échelle macroscopique pour les cristaux. Il examina alors des cristaux de tartrate double d'ammonium-sodium, l'une de ces substances optiquement actives, et s'aperçut qu'ils étaient dissymétriques. Cette découverte est décrite dans *la Revue scientifique* de 1884 :

« L'idée heureuse me vint d'orienter mes cristaux par rapport à un plan perpendiculaire à l'observateur, et alors je vis que dans cette masse confuse des cristaux du paratartrate, il y en avait deux sortes sous le rapport de la disposition des facettes de dissymétrie. Chez les uns, la facette de dissymétrie la plus rapprochée de mon corps s'inclinait à ma droite, relativement au plan d'orientation dont je viens de parler, tandis que, chez les autres, la facette dissymétrique s'inclinait à ma gauche. En d'autres termes, le paratartrate se présentait comme formé de deux sortes de cristaux, les uns dissymétriques à droite, les autres dissymétriques à gauche. »

Pasteur sépara ensuite, avec minutie et patience, les deux sortes de cristaux dissymétriques de dimensions millimétriques. Après dissolution de chaque type de cristaux dans l'eau, il observa l'action de chacune des deux solutions sur la lumière polarisée : l'une dévia son plan de polarisation vers la droite, et l'autre vers la gauche. Il réalisa la même expérience à partir de cristaux possédant un plan de symétrie, et n'observa pas d'effet sur la lumière polarisée. Il en déduisit l'existence d'un tartrate « droit » et d'un tartrate « gauche », et établit ainsi un lien entre la dissymétrie des cristaux observée à l'échelle macroscopique et leur propriété à l'échelle moléculaire.

3 L'expérience de Louis Pasteur sur des cristaux de tartrate de sodium-potassium.

modèle de cristal symétrique par rapport au plan perpendiculaire dont parle Pasteur



facettes de dissymétrie s'inclinant à gauche ou à droite par rapport au plan d'orientation de Pasteur

2 Modèles de cristaux ayant appartenu à Pasteur.

a. Les deux solides du document 2 ne sont pas superposables ; la forme de gauche peut-être vue comme l'image dans un miroir plan de la forme de droite.



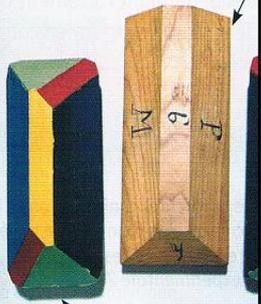
1 Louis Pasteur, par Albert Edelfelt (musée d'Orsay).

la solution, se traduisait à l'échelle macroscopique pour les cristaux. Il examina alors des cristaux de tartrate double d'ammonium-sodium, l'une de ces substances optiquement actives, et s'aperçut qu'ils étaient dissymétriques. Cette découverte est décrite dans *la Revue scientifique* de 1884:

Pasteur sépara ensuite, avec minutie et patience, les deux sortes de cristaux dissymétriques de dimensions millimétriques. Après dissolution de chaque type de cristaux dans l'eau, il observa l'action de chacune des deux solutions sur la lumière polarisée : l'une dévia son plan de polarisation vers la droite, et l'autre vers la gauche. Il réalisa la même expérience à partir de cristaux

possédant des faces dissymétriques. L'effet observé sur la lumière polarisée est d'effet d'un miroir plan. L'expérience est établie à l'échelle millimétrique. Les cristaux de tartrate

modèle de cristal symétrique par rapport au plan perpendiculaire dont parle Pasteur.



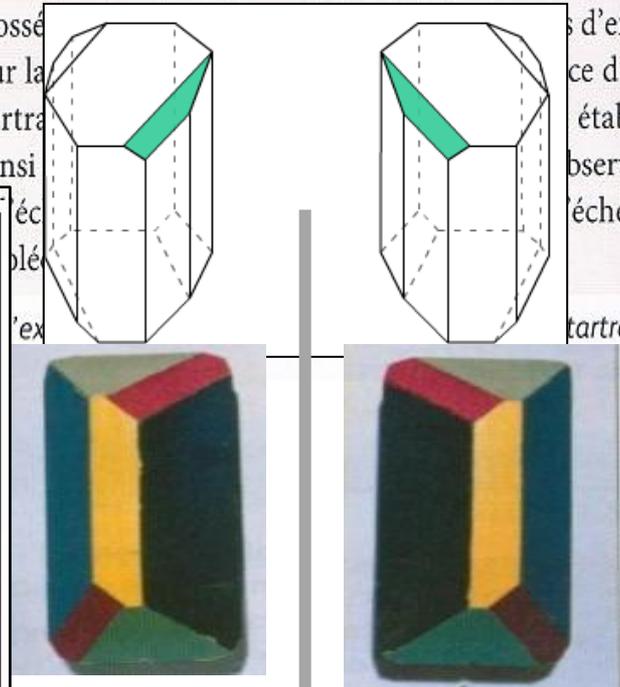
facettes de dissymétrie s'inversent à gauche ou à droite par rapport au plan d'orientation de Pasteur.



Cristaux de tartrate de sodium et ammonium préparés par Masao Nakazaki au Japon, en 1979 pour refaire les travaux de Pasteur



Très beau spécimen où les différentes facettes sont visibles.



Plan d'un miroir

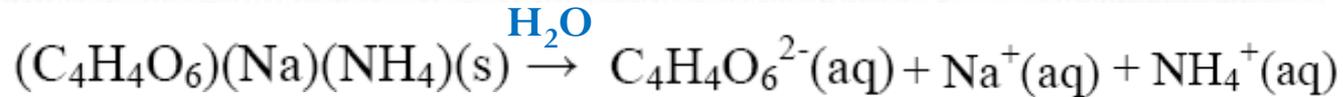
2 Modèles de cristaux ayant appartenu à Pasteur.

### 1 Analyser les documents

a. Les modèles de cristaux dissymétriques du document 2 sont-ils superposables ? Comment peut-on construire la forme de droite à partir de celle de gauche ?

b. La formule du cristal de tartrate double de sodium et d'ammonium est :  $(C_4H_4O_6)(Na)(NH_4)(s)$ .

Écrire l'équation de dissolution de ce cristal dans l'eau.



c. Quel est l'ordre de grandeur  $L_1$  de la taille des cristaux étudiés par Pasteur ?

Pasteur sépara ensuite, avec minutie et patience, les deux sortes de cristaux dissymétriques de dimensions millimétriques. Après dissolution de chaque type de

Les cristaux examinés par Pasteur sont de « dimensions millimétriques » d'où

$$L_1 = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

d. Rechercher l'ordre de grandeur  $L_2$  de la taille d'une molécule organique composée de quatre atomes de carbone (comme l'acide tartrique).

<http://www.springermaterials.com/docs/substance/QXGRPJTWYLTXLVLSH.html>

La distance entre les deux carbones extrêmes vaut environ 0,40nm => Ordre de grandeur :

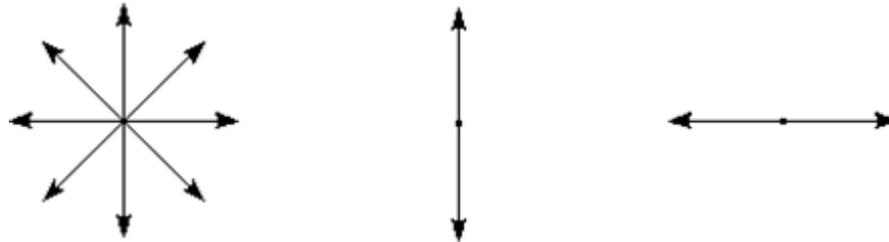
$$L_2 = 10^{-10} \text{ m}$$

e. Faire le rapport entre les deux ordres de grandeur  $L_1$  et  $L_2$ .

$L_1 / L_2 = 10^{-3} / 10^{-10} = 10^7$  => Par rapport aux petits cristaux, les molécules sont 10 millions de fois plus petites, mais elles possèdent des propriétés de symétrie analogues.

f. Comment Pasteur montre-t-il expérimentalement que certaines propriétés des cristaux à l'échelle macroscopique se retrouvent à l'échelle moléculaire?

Lignes 26 à 30 :



naturelle

polarisation verticale

polarisation horizontale

millimétriques. Après dissolution de chaque type de cristaux dans l'eau, il observa l'action de chacune des deux solutions sur la lumière polarisée: l'une dévia son plan de polarisation vers la droite, et l'autre vers la gauche. Il réalisa la même expérience à partir de cristaux

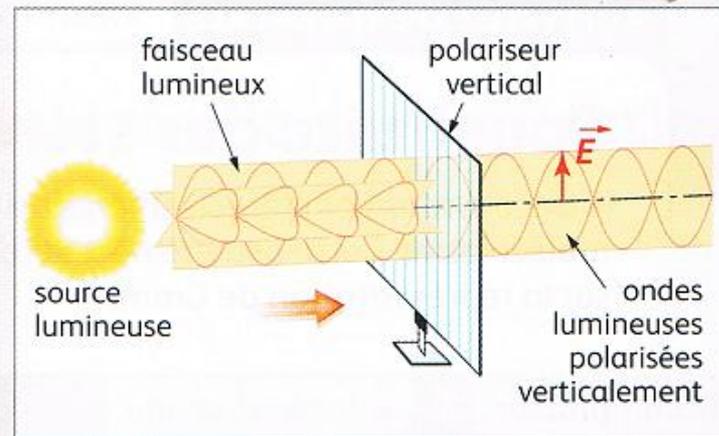
- Une lumière ordinaire correspond à la propagation d'une onde électromagnétique, dont le vecteur champ électrique  $\vec{E}$  oscille autour de l'axe de propagation dans toutes les directions du plan normal à la direction de propagation, et ce avec une probabilité égale dans toutes les directions.

- Quand cette lumière traverse un polariseur, le champ électrique ne peut plus vibrer que dans une seule direction: la lumière est alors dite polarisée.

- On rencontre la lumière polarisée dans de nombreuses situations: réflexion de la lumière du soleil sur la neige, films en 3D, éclairage pour observations au microscope, lunettes polarisantes, polaroïds...

- Un milieu lévogyre fait tourner vers la gauche le plan contenant  $\vec{E}$  et la direction de propagation de la lumière polarisée, quand l'observateur regarde vers la source.

- Un milieu dextrogyre fait tourner le plan précédent vers la droite (quand l'observateur regarde vers la source).



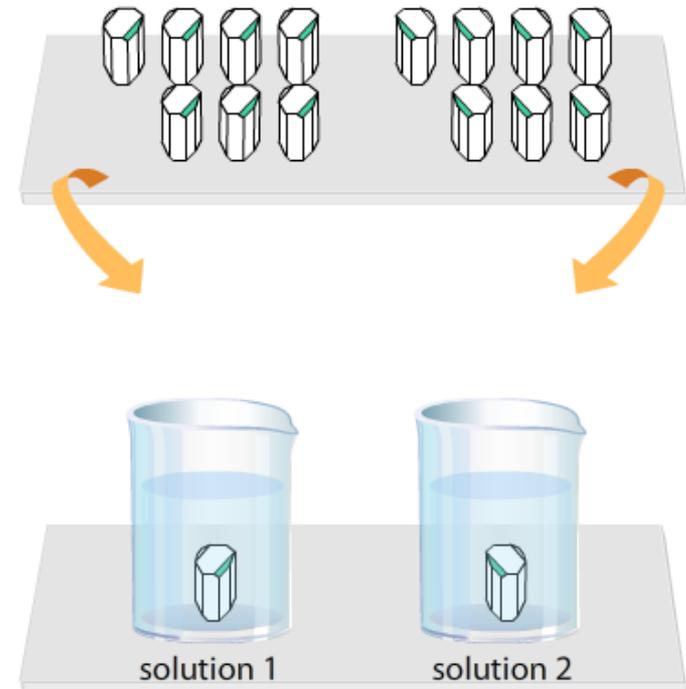
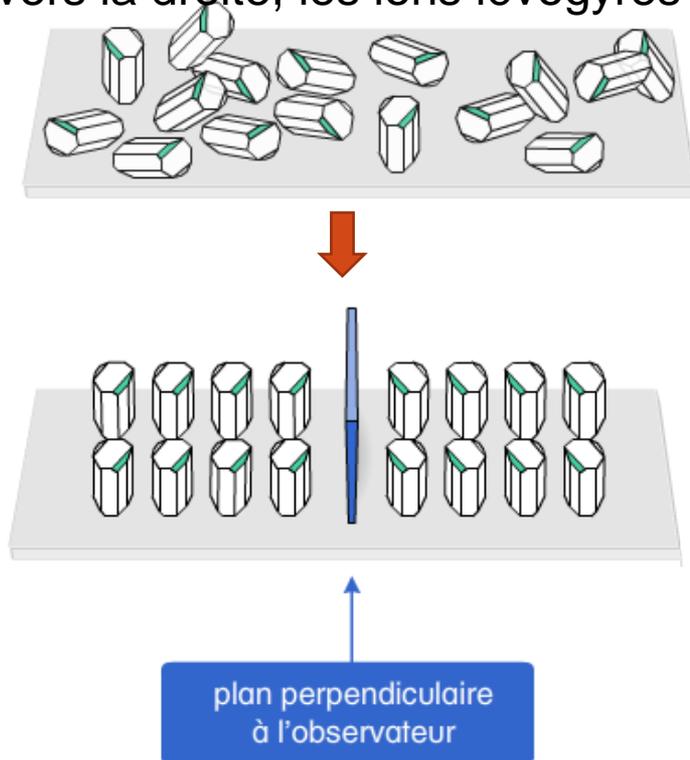
Représentation de la lumière polarisée.

f. Comment Pasteur montre-t-il expérimentalement que certaines propriétés des cristaux à l'échelle macroscopique se retrouvent à l'échelle moléculaire?

Lignes 26 à 30 :

- il a séparé les deux types de cristaux
- il a créé deux solutions par dissolution de chaque type de cristaux => les ions tartrates sont plus libres de mouvement que dans les cristaux (échelle microscopique)
- il a observé leur effet sur la lumière polarisée : les ions dextrogyres la font tourner vers la droite, les ions lévogyres vers la gauche.

millimétriques. Après dissolution de chaque type de cristaux dans l'eau, il observa l'action de chacune des deux solutions sur la lumière polarisée : l'une dévia son plan de polarisation vers la droite, et l'autre vers la gauche. Il réalisa la même expérience à partir de cristaux

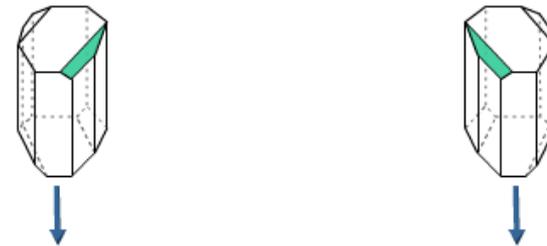
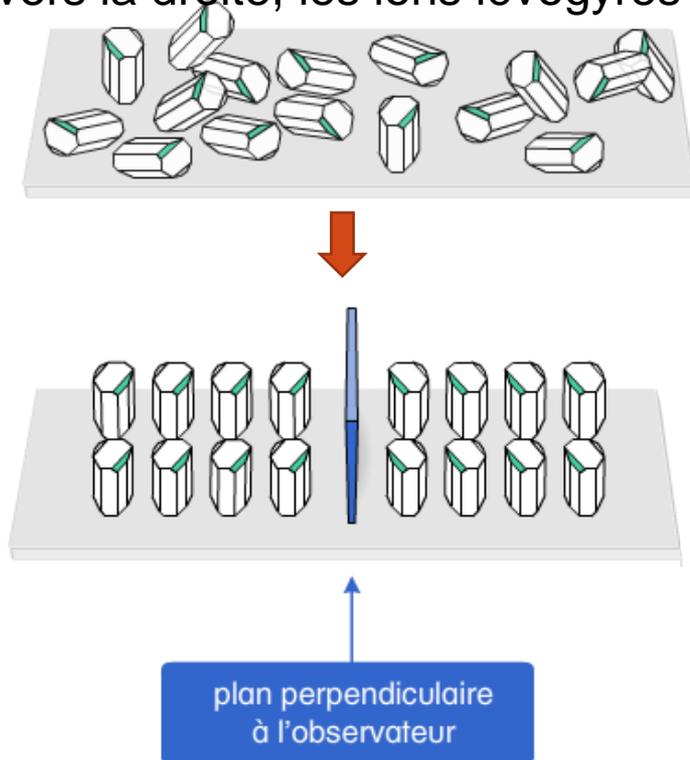


f. Comment Pasteur montre-t-il expérimentalement que certaines propriétés des cristaux à l'échelle macroscopique se retrouvent à l'échelle moléculaire?

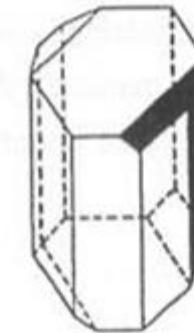
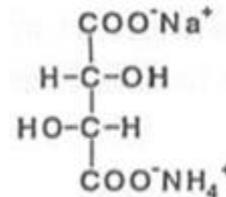
Lignes 26 à 30 :

- il a séparé les deux types de cristaux
- il a créé deux solutions par dissolution de chaque type de cristaux => les ions tartrates sont plus libres de mouvement que dans les cristaux (échelle microscopique)
- il a observé leur effet sur la lumière polarisée : les ions dextrogyres la font tourner vers la droite, les ions lévogyres vers la gauche.

millimétriques. Après dissolution de chaque type de cristaux dans l'eau, il observa l'action de chacune des deux solutions sur la lumière polarisée : l'une dévia son plan de polarisation vers la droite, et l'autre vers la gauche. Il réalisa la même expérience à partir de cristaux



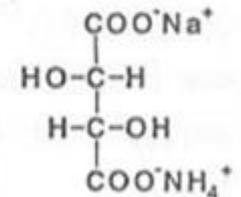
cristaux de tartrate sodico-ammonique



dextrogyre (+)



levogyre (-)



**g.** Quelle serait la lumière émergente d'un polariseur horizontal placé après le polariseur vertical ?

**Animation** : [http://pc-adm.al.lu/chemistry/stuff2/EX2/lum\\_polar1.html](http://pc-adm.al.lu/chemistry/stuff2/EX2/lum_polar1.html)

Si l'on place un polariseur horizontal sur le trajet d'une lumière déjà polarisée verticalement, aucune lumière n'émergera du deuxième polariseur (on parle de polariseurs « croisés »).

**h.** En déduire une méthode expérimentale de détermination de l'angle de rotation du plan de polarisation de la lumière induite par une substance optiquement active.

- Interposer une cuve contenant la substance optiquement active entre deux polariseurs croisés,
- Tourner le second polariseur jusqu'à retrouver une extinction de lumière
- Mesurer l'angle de rotation du polariseur = l'angle dont a tourné la polarisation d'une lumière polarisée verticalement

