

Activité optique

ROTATION DU PLAN DE POLARISATION PAR DES SOLUTIONS DE SUCRE.

- Mesure de l'angle de rotation en fonction de la longueur d'échantillon.
- Mesure de l'angle de rotation en fonction de la concentration de la masse.
- Détermination de l'angle de rotation spécifique en fonction de la longueur d'onde.
- Comparaison des sens et angles de rotation du fructose, du glucose et du saccharose.
- Mesure de l'angle de rotation pendant l'inversion du saccharose en mélange équimolaire de glucose et de fructose.

UE404030

09/08 JS

NOTIONS DE BASE GENERALES

Par activité optique, on entend la rotation du plan de polarisation de la lumière polarisée linéairement lorsque celle-ci traverse certaines substances. Cette rotation apparaît dans des solutions aux molécules chirales, telles par ex. les solutions de sucre, et dans certains solides, tels par ex. les quartz. Les solutions de glucose et de fructose tournent à droite et les solutions de fructose tournent à gauche.

L'angle α dans lequel est tourné le plan de polarisation dépend de la substance dissoute et est proportionnelle à la concentration de masse c et à la longueur d de l'échantillon. On écrit

$$(1) \quad \alpha = [\alpha] \cdot c \cdot d$$

$[\alpha]$ étant l'angle de rotation spécifique de la substance.

L'angle de rotation spécifique, dans l'équation

$$(2) \quad [\alpha] = \frac{k(T)}{\lambda^2}$$

dépend de la longueur d'onde λ de la lumière et de la température T de l'échantillon. Dans les tableaux qu'on trouve dans les publications, on le présente généralement pour la lumière de sodium jaune et une température de 25 °C. S'il est connu, la mesure de l'angle de rotation dans un polarimètre permet de déterminer la concentration de la solution.

L'expérience étudie différentes solutions de sucre dans un polarimètre et compare leur angle de rotation. On peut sélectionner la lumière provenant de quatre LED de différentes couleurs. En outre, au cours d'une lente réaction déclenchée par l'ajout d'acide chlorhydrique, une solution de sucre de canne conventionnelle (saccharose) est décomposée en une structure à anneau double et transformée en un mélange équimolaire de glucose et de fructose. Le sens de rotation est alors « inversé » de droite à gauche, car l'angle de rotation qui résulte de la réaction est égal à la somme de l'angle de rotation du glucose tournant à droite et du fructose tournant plus vivement à gauche.



Fig. 1: Dispositif de mesure

LISTE DES APPAREILS

1	Polarimètre à 4 LED	U8761161
1	Cylindre de mesure, 100 ml	U14205
1	Bécher, de	U14210
1	Balance électronique Scout Pro 200 g	U42048

Autres équipements requis:

500g de fructose,
500g de glucose,
500 g de saccharose

Acide chlorhydrique technique

REMARQUE CONCERNANT LA DETERMINATION DE L'ANGLE DE ROTATION

La chambre de mesure étant vide, nous observons par l'ouverture de regard de l'analyseur la luminosité minimale pour toutes les couleurs lorsque l'aiguille indique la position 360 degrés.

Une substance dextrogyre placée dans la chambre de mesure fait tourner le niveau de polarisation – vue d'en haut – dans le sens des aiguilles d'une montre. Si le disque analyseur est alors également tourné – en partant de 360 degrés – dans le sens des aiguilles d'une montre afin d'obtenir de nouveau la luminosité minimale, l'aiguille indique alors de nouveau un angle $\alpha_p < 360$ degrés. L'angle de rotation recherché est :

$$\alpha = 360^\circ - \alpha_p$$

Pour une substance lévogyre, le disque analyseur doit donc être tourné dans le sens contraire des aiguilles d'une montre afin d'obtenir la luminosité minimale. L'angle de rotation recherché est :

$$\alpha = -\alpha_p$$

La luminosité minimale obtenue en tournant le disque analyseur, n'est pas nettement définie, car la lumière des LED du polarimètre ne présente pas une pureté spectrale et chaque longueur d'onde d'un spectre de différentes LED a donc des angles de rotation légèrement différents. Au lieu d'une luminosité minimale, nous observons donc plus exactement un léger changement de couleur lorsque le disque analyseur est tourné et retourné autour de la position optimale.

MONTAGE

- Raccordez le polarimètre au réseau en utilisant l'alimentation enfichable.

REALISATION

Angle de rotation en fonction de la longueur de l'échantillon :

- Faites dissoudre par agitation 50 g de fructose dans 100 ml d'eau distillée.
- Retirez le cylindre de mesure de la chambre de mesure et remplissez-le de 10 ml de la solution de glucose (10 ml correspondent à la longueur de l'échantillon $d = 19$ mm).
- Séchez la face extérieure du cylindre de mesure, placez ce dernier dans la chambre de mesure en veillant à ce qu'aucun liquide ne s'infilte dans cette chambre.
- Sélectionnez la LED rouge en déplaçant le commutateur.
- Insérez le disque analyseur, observez le point lumineux de la LED par l'ouverture de regard de l'analyseur et tournez ce dernier jusqu'à ce que la luminosité ait atteint un minimum.
- Consignez l'angle de rotation α y compris son signe +/- dans le tableau 1.
- Allumez successivement les lumières jaune, verte et bleue, puis déterminez les angles de rotation respectifs α , y compris leurs signes +/- et consignez-les dans le tableau 1.

- Retirez à plusieurs reprises le cylindre de mesure de la chambre de mesure, et remplissez-le chaque fois de 10 ml de la solution de glucose ; remplacez le cylindre de mesure dans la chambre de mesure en veillant à ce qu'aucun liquide ne s'infilte dans cette dernière.
- Déterminez pour toutes les quatre couleurs les angles de rotation α respectifs, y compris leurs signes +/- et consignez les résultats.

Angle de rotation en fonction de la concentration massique :

- Prenez un bécher gradué et faites-y dissoudre par agitation 10 g fructose dans 200 ml d'eau distillée.
- Retirez le cylindre de mesure de la chambre de mesure, remplissez-le de 100 ml de la solution de fructose et remplacez le cylindre de mesure dans la chambre de mesure en veillant à ce qu'aucun liquide ne s'infilte dans cette dernière.
- Déterminez l'angle de rotation α y compris son signe +/- pour toutes les quatre couleurs et consignez-les dans le tableau 2.
- Retirez à plusieurs reprises le cylindre de mesure de la chambre de mesure, reversez la solution de fructose dans le bécher gradué et dissolvez chaque fois 10 g de fructose.
- Remplissez le cylindre de mesure de 100 ml de la nouvelle solution de fructose et placez le cylindre de mesure dans la chambre de mesure en veillant à ce qu'aucun liquide ne s'infilte dans cette dernière.
- Déterminez l'angle de rotation α y compris son signe +/- pour toutes les quatre couleurs et consignez-les dans le tableau 2.

Comparaison des sens de rotation et des angles de rotation du fructose, du glucose et du saccharose :

- Sélectionnez la LED jaune.
- Faites dissoudre par agitation 35 g de glucose dans 100 ml d'eau distillée.
- Retirez le cylindre de mesure de la chambre de mesure, remplissez-le de 50 ml de la solution de glucose et remplacez le cylindre de mesure dans la chambre de mesure en veillant à ce qu'aucun liquide ne s'infilte dans cette dernière (50 ml correspondent à la longueur de l'échantillon $d = 95$ mm).
- Insérez le disque analyseur, observez le point lumineux de la LED par l'ouverture de regard de l'analyseur et tournez ce dernier jusqu'à ce que la luminosité ait atteint un minimum.
- Déterminez l'angle de rotation α y compris son signe +/- et consignez-les dans le tableau 3.
- Faites dissoudre par agitation 30 g de saccharose dans 100 ml d'eau distillée.
- Remplissez le cylindre de mesure de la solution.
- Déterminez l'angle de rotation α y compris son signe +/- et consignez-les dans le tableau 3.
- Portez également les valeurs mesurées et déterminées pour le fructose dans le tableau 3.

Mesure de l'angle de rotations pendant l'inversion du saccharose.

- Sélectionnez la LED jaune.
- Retirez le cylindre de mesure avec la solution de saccharose de la chambre de mesure.
- Ajoutez un peu d'acide chlorhydrique, agitez le tout et faites réchauffer la solution à environ 50 degrés Celsius dans un bain-marie.
- Remplacez le cylindre de mesure dans la chambre de mesure en veillant à ce qu'aucun liquide ne s'infilte dans cette dernière.
- Déterminez l'angle de rotation α y compris son signe +/- et consignez-les dans le tableau 4.
- Déterminez l'angle de rotation y compris son signe +/- à des intervalles de 2 à 3 minutes ; répétez ensuite cette opération à de plus grands intervalles et consignez les résultats dans le tableau 4.

EXEMPLE DE MESURE

Angle de rotation en fonction de la longueur de l'échantillon :

Tableau 1: angle de rotation α du fructose en fonction de la longueur de l'échantillon d pour quatre longueurs d'onde différentes

Concentration massique : $c = 0,48 \text{ g/cm}^3$ (50 g fructose pour 105 ml d'eau)

d / mm	α			
	Rouge (630 nm)	Jaune (580 nm)	Vert (525 nm)	Bleu (468 nm)
19	-6°	-7,5°	-10°	-11,5°
38	-15°	-16°	-20°	-23,5°
57	-20°	-25°	-33°	-42°
76	-30°	-32°	-40,5°	-53°
95	-39,5°	-42°	-53°	-68°
114	-42°	-49,5°	-61°	-78°
133	-55°	-58°	-70°	-90°
152	-61°	-70°	-88°	-103°
171	-71°	-80°	-98°	-123°
190	-74°	-83°	-103°	-128°

Remarque : les séries de mesure des tableaux 1 et 2 ont été effectuées en utilisant des fructoses de pureté différente.

Angle de rotation en fonction de la concentration massique :

Tableau 2: angle de rotation α du fructose en fonction de la concentration massique pour quatre longueurs d'onde différentes

Longueur de l'échantillon $d = 190 \text{ mm}$, volume $V = 100 \text{ ml}$

m / g	$c / \text{mg/cm}^3$	α			
		Rouge (630 nm)	Jaune (580 nm)	Vert (525 nm)	Bleu (468 nm)
10	50	-7°	-8°	-9°	-10°
20	100	-14°	-16°	-19°	-24°
30	150	-21°	-24°	-30°	-36°
40	200	-27°	-32°	-37°	-43°
50	250	-34°	-37°	-45°	-56°
60	300	-41°	-45°	-53°	-72°
70	350	-47°	-52°	-62°	-73°

Comparaison des sens de rotation et des angles de rotation du fructose, du glucose et du saccharose :

Tableau 3: angle de rotation α du fructose, du glucose et du saccharose (LED jaune)

	m / g	V / ml	$c / \text{mg/cm}^3$	h / mm	α	$[\alpha] / \text{grd cm}^2/\text{g}$
Fructose	50	105	480	190	-83°	-9,2
Glucose	35	100	350	95	26°	7,8
Saccharose	30	100	300	190	32°	5,6

Mesure de l'angle de rotation pendant l'inversion du saccharose :

Tableau 4: angle de rotation α en fonction du temps t pendant l'inversion du saccharose (LED jaune)

t / min	α	t / min	α
0,0	33°	20,0	-3°
2,0	23°	24,0	-6°
5,0	16°	27,5	-5°
8,0	9°	33,0	-8°
10,0	6°	42,0	-8°
12,0	3°	45,0	-9°
14,5	-2°	50,0	-9°
16,0	-4°		

ÉVALUATION

Angle de rotation en fonction de la longueur de l'échantillon :

La figure 2 visualise un diagramme présentant les valeurs mesurées du tableau 1. Dans le cadre de la précision de mesures, ces valeurs sont conformes aux droites d'origine tracées. La correspondance confirme la proportionnalité décrite dans l'équation 1 entre l'angle de rotation α et la longueur de l'échantillon d d'une solution optiquement active.

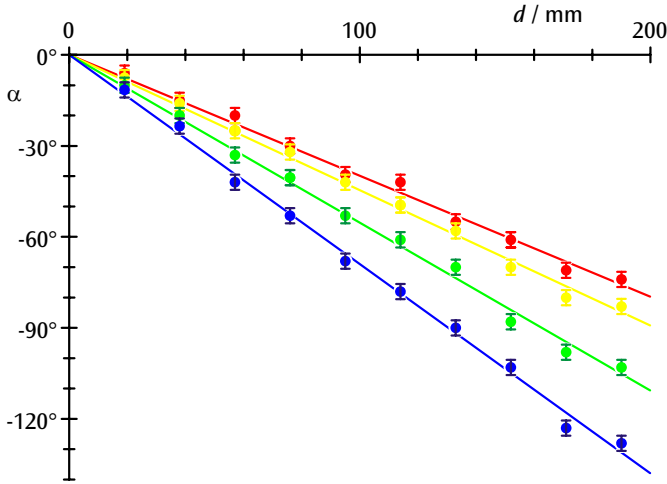


Fig. 2: angle de rotation d'une solution de fructose ($c = 0,48 \text{ g/cm}^3$) en fonction de la longueur d'échantillon pour quatre longueurs d'onde lumineuse différentes

Angle de rotation spécifique en fonction de la longueur d'onde :

La concentration massique de l'échantillon étant connue, il est possible de déterminer, conformément à l'équation 1, la rotation spécifique $[\alpha]$ pour les quatre longueurs d'onde du polarimètre en utilisant la pente de la droite d'origine illustrée dans la figure 2.

Les résultats se trouvent au tableau 5 ainsi que sur la figure 3. La courbe qui y est tracée a été calculée conformément à l'équation 2.

$$k(\tau) = -3,2 \cdot 10^9 \frac{\text{grd}}{\text{g}}$$

Tableau 5 : angle de rotation spécifique en fonction de la longueur d'onde

λ / nm	630	580	525	468
$[\alpha] / \text{grd cm}^2 / \text{g}$	-8,4	-9,4	-11,6	-14,5

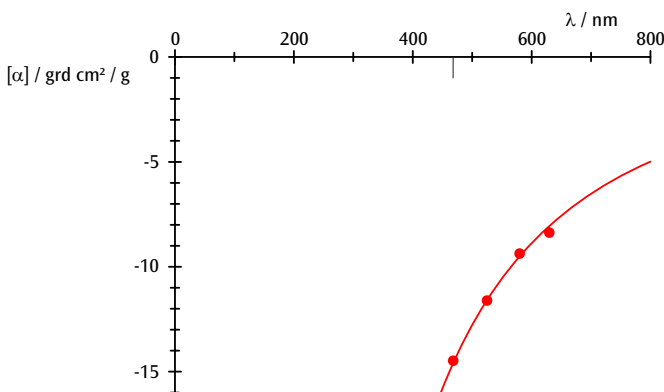


Fig. 3 : angle de rotation spécifique en fonction de la longueur d'onde

Angle de rotation en fonction de la concentration massique :

La figure 4 visualise un diagramme présentant les valeurs mesurées du tableau 2. Dans le cadre de la précision de mesures, ces valeurs sont conformes aux droites d'origine tracées. La correspondance confirme la proportionnalité décrite dans l'équation 1 entre l'angle de rotation α et la concentration massique c d'une solution optiquement active.

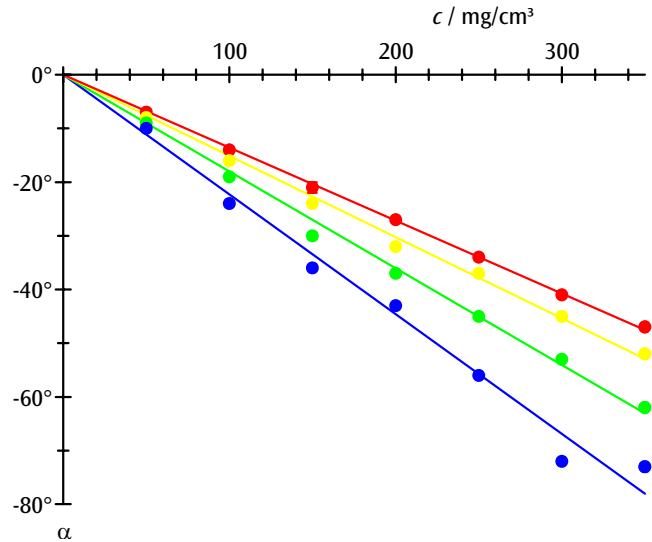


Fig. 4 : angle de rotation d'une solution de glucose en fonction de la concentration massique pour quatre longueurs d'onde différentes

Comparaison des sens de rotation et des angles de rotation du fructose, du glucose et du saccharose :

L'angle de rotation spécifique des trois solutions de sucres examinées sera calculé dans le tableau 3 à partir des valeurs mesurées en appliquant l'équation 1. Nous pouvons constater que les différentes solutions de sucres se différencient tout autant en ce qui concerne la valeur de leurs angles de rotation que le signe +/- de ces derniers.

Mesure de l'angle de rotation pendant l'inversion du saccharose :

La figure 5 montre une représentation graphique des valeurs mesurées du tableau 4. L'inversion du sens de rotation de la droite vers la gauche a lieu environ après 15 minutes.

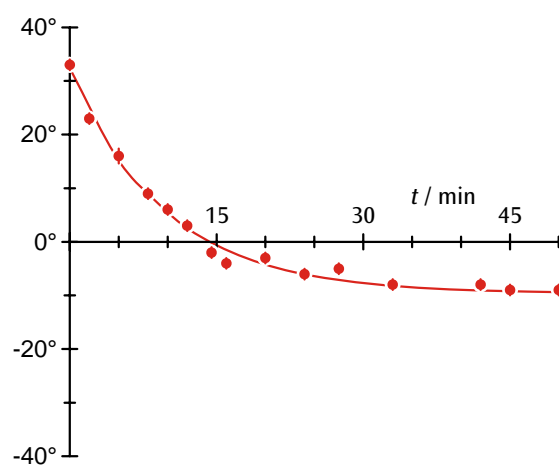


Fig. 5 : angle de rotation pour la lumière jaune d'une solution de saccharose ($c = 0,3 \text{ g/cm}^3$, $d = 190 \text{ mm}$) pendant l'inversion en fonction du temps