

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

SESSION 2014

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE LABORATOIRE

Épreuve expérimentale

Durée : 4 heures

Calculatrice autorisée

L'épreuve comporte deux parties :

Partie I. Chimie

ETUDE D'UN COLORANT ALIMENTAIRE NATUREL

Partie II. Physique

ETUDE D'UN SPECTROMETRE A FIBRE OPTIQUE

Ce sujet comporte 9 pages, y compris celle-ci.

Les annexes nécessaires pour répondre aux différentes questions de chimie sont rassemblées dans un dossier à disposition du candidat.

Un document-réponse est à compléter en autonomie au cours de l'épreuve

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve. L'énoncé fait apparaître plusieurs appels obligatoires au membre du jury en charge de l'évaluation du candidat. En cas de difficulté, le candidat peut de lui-même solliciter ce membre du jury.

L'examineur peut intervenir à tout moment (même sur le montage), s'il le juge utile.

Partie I. Chimie

Le curcuma utilisé comme colorant alimentaire

Les colorants sont des additifs qui permettent d'améliorer ou de modifier l'aspect d'un aliment. Ils n'ont aucune valeur nutritive mais permettent, en améliorant l'aspect, de donner envie de consommer un aliment.

Les colorants sont donc des additifs essentiels pour la consommation et sont ainsi utilisés à différents niveaux par l'industrie alimentaire :

- pour redonner l'apparence originale à un aliment
- pour assurer l'uniformité de la couleur
- pour intensifier la couleur naturelle de l'aliment qui a une influence sur le consommateur.

On trouve sur le marché un certain nombre de colorants alimentaires d'origine naturelle. On se propose d'étudier un de ces colorants, utilisé notamment en pâtisserie pour la confection des macarons : le colorant jaune E100 qui est un extrait de curcuma.



<http://www.cuisine-campagne.com/index.php?post=2007/01/28/210-macarons-au-citron-lemmon-citad>

L'étude expérimentale du colorant jaune E100 comportera plusieurs analyses qualitatives et quantitatives :

1. Mise en évidence de la présence de curcumine dans le colorant
2. Extraction de la curcumine du colorant
3. Estimation de la quantité de curcumine présente dans le colorant

En annexe, figurent les caractéristiques du curcuma, des données et des documents utiles à l'étude expérimentale de ce colorant.

1. Mise en évidence de la curcumine dans le colorant jaune E100

On souhaite montrer que le colorant contient de la curcumine, que l'on retrouve également dans le curcuma en utilisant la technique de la chromatographie sur couche mince.

1.1. A l'aide du matériel mis à votre disposition, proposer un protocole pour mettre en évidence la curcumine présente dans le colorant et dans le curcuma.

Appeler le professeur pour faire valider votre protocole (Appel n°1)

1.2. Mettre en œuvre le protocole.

1.3. Interpréter les résultats de votre expérience.

2. Extraction de la curcumine du colorant jaune E100

On souhaite extraire la curcumine de ce colorant.

2.1. À l'aide de vos connaissances, des informations fournies en annexe et du matériel mis à votre disposition, indiquer le protocole expérimental le plus adapté pour préparer une solution <S> de curcumine de volume $V = 50$ mL, avec la meilleure précision possible, pour réaliser des analyses ultérieures.

2.2. Justifier le choix du solvant utilisé.

Appeler le professeur pour faire valider votre protocole (Appel n°2)

2.3. Mettre en œuvre le protocole et conserver la solution <S> de curcumine pour la suite de l'épreuve.

2.4. Schématiser et légender les montages utilisés.

3. Estimation de la quantité de curcumine présente dans le colorant jaune E100

Afin d'estimer la quantité de curcumine présente dans le colorant jaune E100, on se propose de doser la curcumine présente dans la solution <S> par une méthode spectroscopique.

Le protocole de dosage, décrit ci-dessous, doit être mis en œuvre par le candidat qui devra proposer ensuite une exploitation des mesures réalisées pour répondre à la problématique.

3.1. Protocole de dosage

3.1.1. Préparation de la gamme

On dispose d'une solution étalon <E> de concentration massique **0,147** g.L⁻¹ en curcumine.

- Diluer la solution <E> au vingtième de la manière suivante :
 - 5 mL de <E>
 - 5 mL de tampon acétique (pH = 4,6)
 - Compléter à 100 mL par de l'éthanol à 95°

On appellera <E'> cette nouvelle solution.

- Préparer ensuite une gamme étalon en versant dans des fioles de 25 mL

Fiole	F ₀	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
V <E'> / mL	0	6	12	18	25
V éthanol 95° / mL	25	19	13	7	0

3.1.2 Préparation de l'échantillon à analyser :

- Diluer la solution <S> exactement au dixième de cette façon :

5 mL de la solution <S>

5 mL de tampon acétique (pH = 4,6)

Compléter à 50 mL par de l'éthanol à 95°

On appellera <S'>, cette nouvelle solution.

- Préparer la fiole échantillon (F_x) en prélevant 5 mL de la solution <S'> à laquelle on ajoute 20 mL d'éthanol à 95°.

3.1.3. Réglage du le spectrophotomètre.

- Régler le spectrophotomètre à la longueur d'onde 428 nm.

- Effectuer le blanc avec la fiole F₀.

3.1.4. Mesure de l'absorbance A des différentes solutions

- Mesurer les absorbances des solutions contenues dans les différentes fioles F₁ à F₄.

- Mesurer l'absorbance de l'échantillon F_x que l'on cherche à analyser.

3. 2. Exploitation des résultats

3.2.1. Justifier le choix de la longueur d'onde pour effectuer le dosage.

3.2.2. Justifier le choix du « blanc ».

3.2.3. Proposer une méthode d'exploitation des mesures réalisées pour déterminer le pourcentage de curcumine présente dans l'échantillon de colorant prélevé.

Appeler le professeur pour faire valider votre méthode (Appel n°3)

3.2.4. Effectuer cette exploitation et en déduire la valeur de ce pourcentage.

3.2.5. Expliquer pourquoi la curcumine peut être utilisée par les pâtisseries pour les macarons aux citrons. Indiquer quel inconvénient présente la curcumine comme colorant alimentaire.

Partie II. Physique

Etude d'un spectromètre à fibre optique

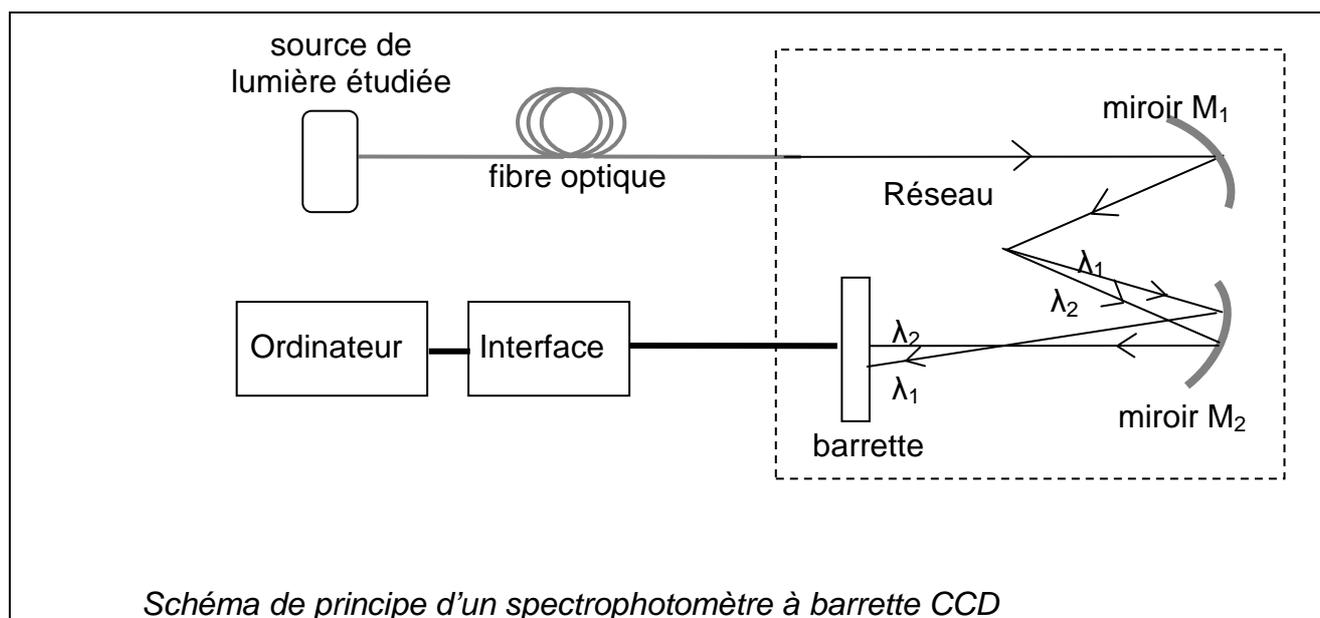
Le spectromètre à fibre optique est un appareil permettant d'obtenir le spectre d'une source lumineuse et d'en extraire des informations quantitatives.

Le but de cette étude expérimentale est de s'intéresser à quelques caractéristiques de certains éléments constitutifs d'un spectromètre à fibre.

1. Etude du système dispersif du spectromètre
2. Etude de l'image numérique de la solution de curcumine de pH = 2,5

Documents

Document 1. Principe de fonctionnement d'un spectromètre à fibre optique



La plupart des spectromètres à fibre optique fonctionnent sur le principe suivant :

- Une fibre optique guide la lumière jusqu'à l'entrée de l'appareil.
- Une fente d'entrée joue le rôle "d'objet lumineux".
- Un système optique (constitué de deux miroirs sphériques) réalise l'image de cette fente alors qu'un composant dispersif (un réseau ou un prisme) décompose la lumière en radiations monochromatique.
- Chaque radiation monochromatique est focalisée en un point différent de la barrette CCD. Le spectre se forme donc directement sur cette barrette où les radiations monochromatiques sont toutes reçues et analysées simultanément.

En associant un spectromètre à fibre à un module d'absorption muni d'une source interne de lumière blanche et d'une cuve, on le convertit en spectrophotomètre permettant d'obtenir un spectre d'absorption de la solution contenue dans la cuve sur la barrette CCD :

- La lumière recueillie par la fibre optique est la lumière ayant traversé la cuve contenant la solution à étudier.
- La barrette CCD fournit un signal électrique dépendant de l'intensité lumineuse reçue par ses différents pixels. Ce signal analogique est converti en signal numérique et transmis à l'ordinateur via le port USB.
- Les données sont alors traitées par un logiciel qui, connaissant la loi d'étalonnage du spectrophotomètre affiche sur l'écran l'image numérique de la courbe d'intensité spectrale $I(\lambda)$, c'est-à-dire l'intensité lumineuse reçue en fonction de la longueur d'onde.

Document 2 : *Le réseau*

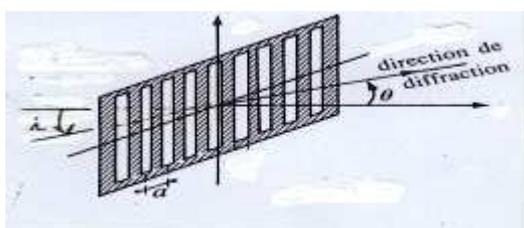
Un réseau est une surface diffractante constituée par la répétition de N motifs de diffraction identiques, décalés régulièrement d'un pas de réseau, noté a .

La plupart des réseaux sont constitués d'un grand nombre de traits ou de fentes parallèles extrêmement fines.

On distingue deux catégories de réseaux : les réseaux par réflexion et les réseaux par transmission. Le réseau étudié expérimentalement dans ce sujet est un réseau par transmission.

Les interférences entre les faisceaux lumineux transmis par les nombreux motifs successifs du réseau privilégient certaines directions de transmission de la lumière.

Pour un angle d'incidence donné, les angles θ correspondant à un maximum de lumière sont donnés par la relation : $a (\sin \theta - \sin i) = m \lambda$



i : angle d'incidence.

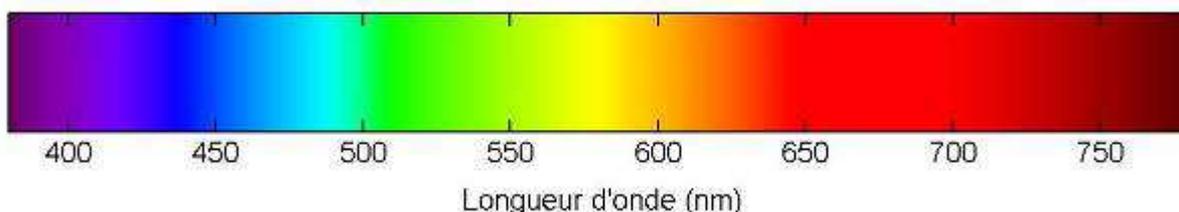
θ : angle de diffraction

m : ordre du réseau

a : pas du réseau

λ : longueur d'onde

Document 3 : *Spectre de la lumière blanche*

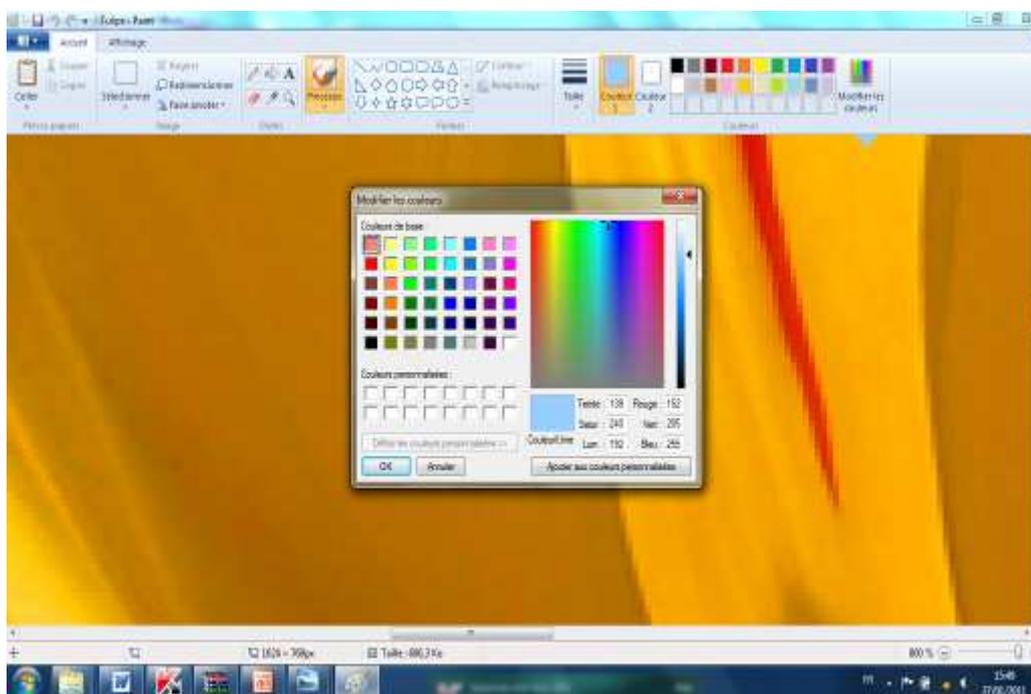


Document 4 : *Spectre d'émission*

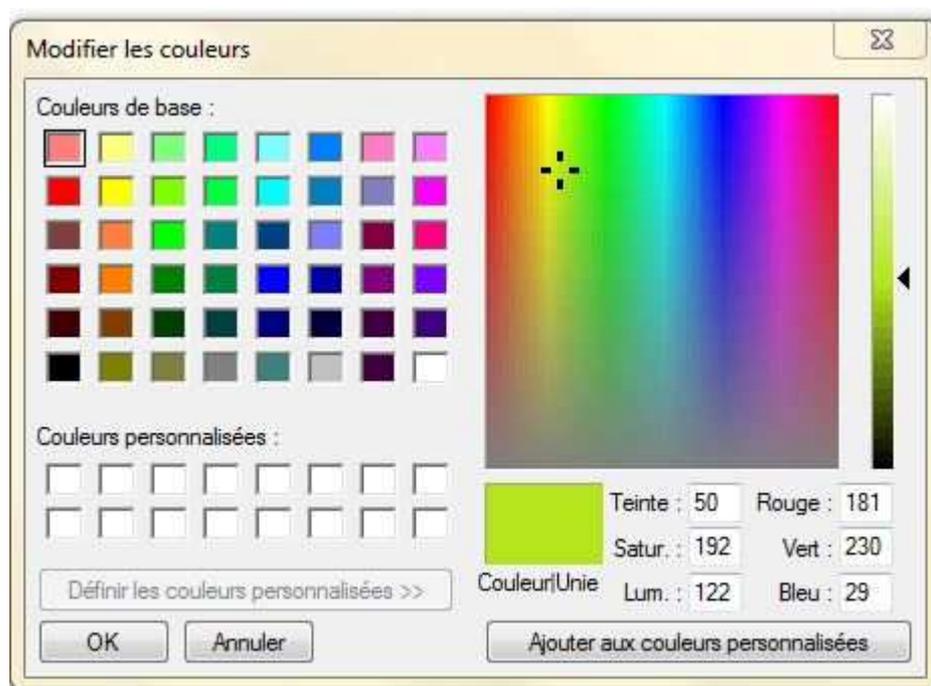
Un spectre d'émission résulte de la décomposition de la lumière émise par une source (lampe à incandescence, corps chauffé, lampe à vapeur de sodium, etc...) au moyen d'un système dispersif.

Document 5: *logiciel de traitement d'image Paint.*

Copie d'écran de l'interface graphique



Copie d'écran de la fenêtre de la fonctionnalité : « modifier les couleurs »



Document 6 : Détermination d'une *incertitude composée*

Lorsqu'une grandeur X est déterminée à partir de deux autres grandeurs Y et Z, l'incertitude composée U(X) sur X dépend des incertitudes U(Y) et U(Z) sur Y et Z et de la relation liant X, Y et Z.

Le tableau suivant donne les expressions de l'incertitude composée U(X) dans quelques cas simples de relation entre X, Y et Z.

$X = Y + Z ; U(X) = \sqrt{U^2(Y) + U^2(Z)}$
$X = Y - Z ; U(X) = \sqrt{U^2(Y) + U^2(Z)}$
$X = \lambda Z \text{ et } \lambda \text{ cste}; U(X) = \lambda U(Z)$
$X = Y \cdot Z ; \frac{U(X)}{ X } = \sqrt{\frac{U^2(Y)}{Y^2} + \frac{U^2(Z)}{Z^2}}$
$X = \frac{Y}{Z} ; \frac{U(X)}{ X } = \sqrt{\frac{U^2(Y)}{Y^2} + \frac{U^2(Z)}{Z^2}}$

En exploitant les 6 documents fournis et en mobilisant vos connaissances, réaliser l'étude expérimentale suivante.

1. Etude de l'élément dispersif du spectromètre

Matériel mis à disposition :

- un laser n° 1 de longueur d'onde 532,0 nm
- un laser n° 2 de longueur d'onde inconnue
- une cuve
- une fente
- un réseau dispersif de pas inconnu
- une lentille
- un écran
- un mètre ruban

1.1. Etude du pas du réseau

1.1.1. A l'aide du matériel mis à disposition, proposer un protocole expérimental et schématiser le dispositif permettant de mesurer le pas du réseau

Appeler le professeur pour faire valider votre proposition (Appel n°1)

1.1.2. Mettre en œuvre le protocole et donner le résultat du mesurage du pas a du réseau en spécifiant l'incertitude associée.

1.1.3. Utiliser ce dispositif pour mesurer la valeur de la longueur d'onde inconnue du laser n° 2.

1.2. Etude des caractéristiques spectrales d'une lampe

On souhaite mettre en évidence les caractéristiques spectrales d'une lampe quartz-iode.

1.2.1. Proposer un montage pour obtenir le spectre de la lampe. Schématiser le dispositif.

Appeler le professeur pour faire valider votre proposition (Appel n°2)

1.2.2. Réaliser l'expérience. Décrire et interpréter vos observations.

1.3. Réalisation du spectre d'absorption de la solution de curcumine de pH = 2,5

1.3.1. Proposer à l'aide du matériel disponible un dispositif expérimental permettant d'obtenir le spectre d'absorption de la solution de curcumine de pH = 2,5. Schématiser le dispositif.

Appeler le professeur pour faire valider votre proposition (Appel n°3)

1.3.2. Mettre en œuvre le protocole. Décrire et interpréter le résultat obtenu.

2. Etude de l'image numérique de la solution de curcumine de pH = 2,5

Matériel mis à disposition :

- un oculaire
- un ordinateur
- logiciel Paint

2.1. Proposer une méthode pour observer les pixels de l'écran d'ordinateur.

2.2. Observer et décrire les pixels. Donner le principe physique et le type de codage sur lesquels repose l'obtention des couleurs sur l'écran numérique.

Appeler le professeur pour faire valider votre réponse (Appel n° 4)

2.3. L'image numérique de la solution de curcumine de pH = 2,5 est mise à disposition sur le bureau de l'ordinateur. Quelle est la taille de cette image indiquée par le logiciel Paint ?

2.4 Sélectionner l'icône « pipette ». Glisser et cliquer sur un point de l'image de la solution. En utilisant la fonctionnalité « modifier les couleurs », déterminer le code d'un pixel de l'image de la solution de curcumine de pH = 2,5.

2.5. Proposer et mettre en œuvre une méthode pour obtenir la couleur complémentaire de l'image de la solution de curcumine sur d'une dizaine de pixels consécutifs de cette image.

2.6. Confronter la couleur complémentaire obtenue et le spectre d'absorption de la curcumine à pH = 2,5.

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

SESSION 2014

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE LABORATOIRE

Épreuve expérimentale

DOCUMENT- RÉPONSE

NOM

N° poste

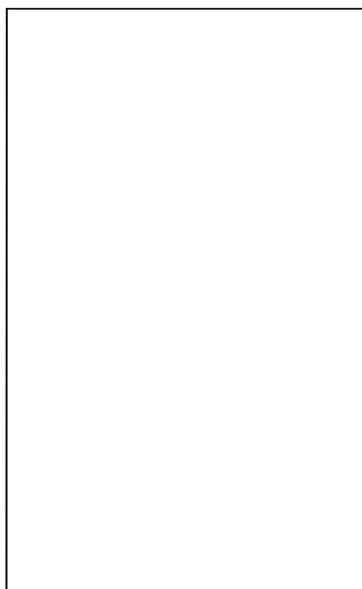
Partie I. Chimie

1. Mise en évidence de la curcumine dans le colorant jaune E100

1.1. Protocole de la chromatographie sur couche mince (CCM)



1.2. Plaque de CCM



1.3. Interprétation



2. Extraction de la curcumine du colorant jaune E100

2.1. Protocole expérimental pour préparer la solution <S> de curcumine de volume V égal à 50 mL.

2.2. Choix du solvant d'extraction

2.3. Masse de colorant prélevée : $m =$

2.4. Schémas d'extraction de la curcumine du colorant jaune E100

3. Estimation de la quantité de curcumine présente dans le colorant jaune E100

3.2.1. Choix de la longueur d'onde utilisée pour le dosage spectrophotométrique

3.2.2. Choix du « blanc »

3.2.3. Démarche proposée pour l'exploitation des mesures

3.2.4. Exploitation des mesures et estimation de la masse de curcumine présente dans l'échantillon analysé et du pourcentage massique dans le colorant jaune E100 prélevé.

3.2.5. Expliquer pourquoi la curcumine peut être utilisée par les pâtisseries pour les macarons aux citrons. Indiquer quel inconvénient présente la curcumine comme colorant alimentaire.

Partie II. Physique

1. Etude de l'élément dispersif du spectromètre

1.1. Mesure du pas du réseau

1.1.1. Proposition de protocole expérimental pour mesurer le pas du réseau et schématisation du dispositif



1.1.2. Mesure du pas du réseau. Mesurage de a et incertitude associée $U(a)$.



1.1.3. Mesure de la longueur d'onde λ inconnue d'un laser n°2.

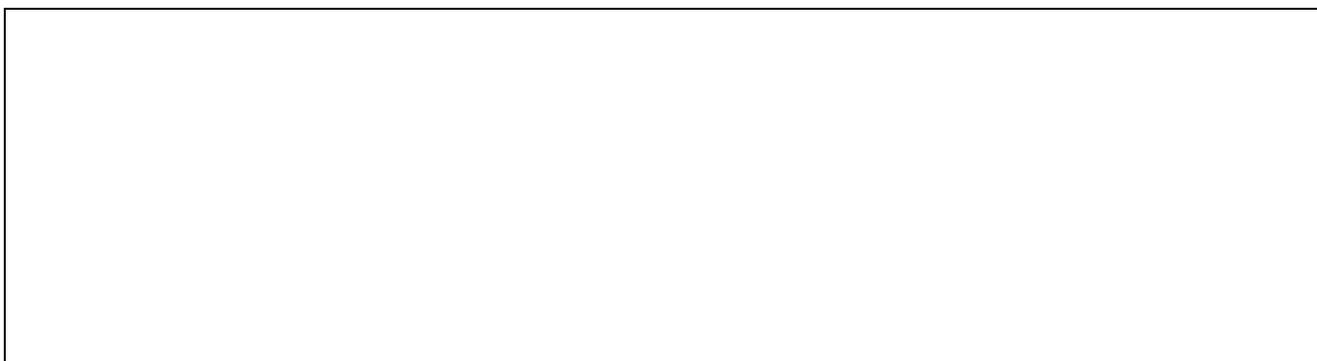


1.2. Etude des caractéristiques spectrales d'une lampe

1.2.1. Proposition et schématisation d'un montage expérimental permettant d'obtenir le spectre de la lampe étudiée



1.2.2. Observations et interprétation de l'expérience.

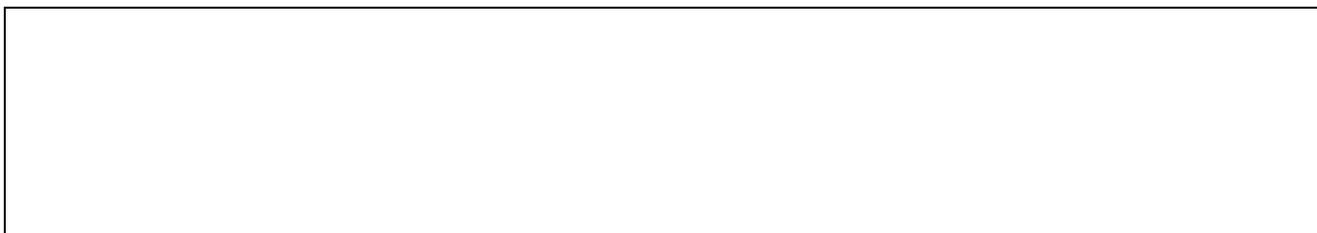
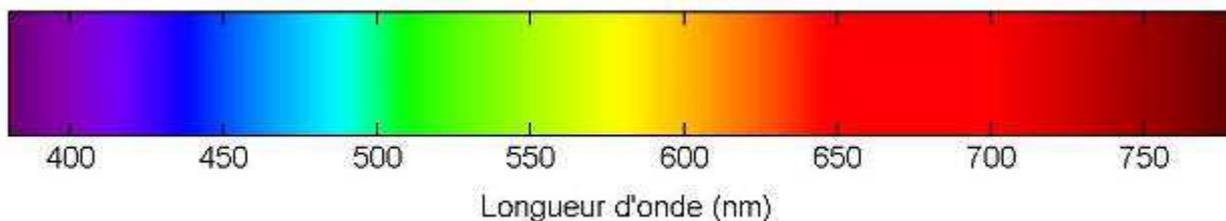


1.3. Réalisation du spectre d'absorption de la solution de curcumine de pH égale à 2,5

1.3.1. Proposition d'un dispositif expérimental pour observer le spectre d'absorption de la solution de curcumine. Schématisation du dispositif.



1.3.2. Représentation du spectre d'absorption de la solution de curcumine à pH=2,5 à partir du spectre visible de la lumière blanche et Interprétation du résultat.



2. Etude de l'image numérique de la solution de curcumine de pH = 2,5.

2.1. Proposition d'une méthode pour observer les pixels de l'écran de l'ordinateur.



2.2. Description des pixels. Principe physique et type de codage sur lequel repose l'obtention des couleurs sur l'écran.

2.3. Taille l'image de la solution de curcumine.

2.4. Code d'un pixel de l'image de la solution de curcumine.

2.5. Méthode pour obtenir la couleur complémentaire de l'image de la solution sur quelques pixels consécutifs

2.6. Confronter la couleur complémentaire et le spectre d'absorption et commenter

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

SESSION 2014

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE LABORATOIRE

Épreuve expérimentale

Partie I. Chimie

ETUDE D'UN COLORANT ALIMENTAIRE NATUREL

ANNEXES MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Annexe 1 : la curcumine présente dans le curcuma

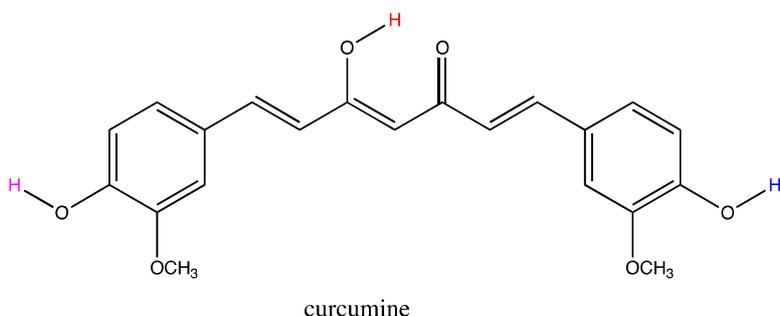
La curcumine est l'un des curcuminoïdes présent dans le curcuma.

Le curcuma provient du rhizome d'une plante vivace, proche cousine du gingembre, cultivée en Asie, en Afrique et aux Antilles.



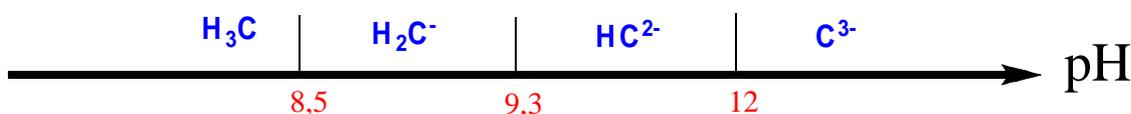
<http://www.mindsetsante.fr/curcuma-anti-inflammatoire-naturel/>

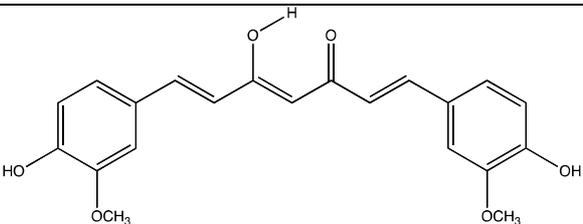
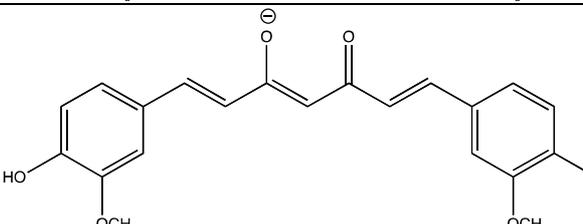
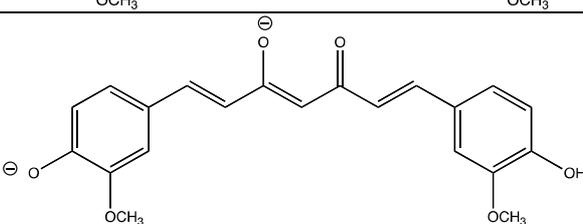
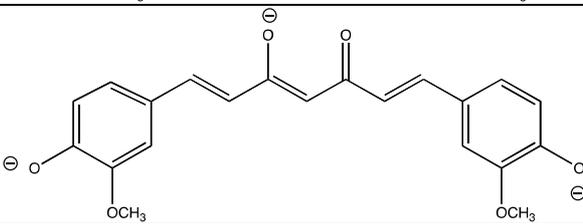
Ce rhizome, de couleur orange, est cuit, desséché puis épluché avant d'être broyé en fine poudre. Il entre dans la composition de différents mélanges d'épices comme le **curry**, le **massala**, le **colombo** et le **ras-el-hanout**.



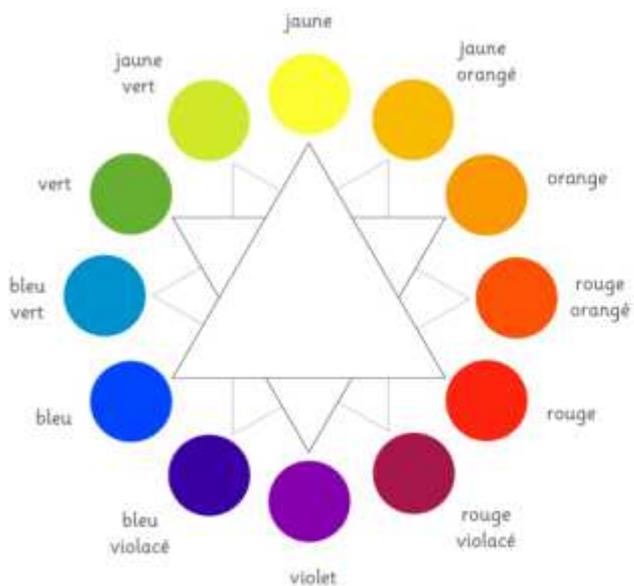
On peut distinguer dans la curcumine trois atomes d'hydrogène labiles et on a donc plusieurs structures de la curcumine suivant le pH du milieu.

Échelle de prédominance des espèces de la curcumine suivant le pH :



Forme	Structure	$\lambda_{\text{max}} / \text{nm}$
H ₃ C		428
H ₂ C ⁻		428
HC ²⁻		525
C ³⁻		460

Annexe 2 : la lumière visible et le cercle chromatique



<http://creationsaline.wifeo.com/le-melange-des-couleurs.php>

0,400 μm	Violet
0,430 μm	Indigo
0,470 μm	Bleu
0,530 μm	Vert
0,580 μm	Jaune
0,600 μm	Orangé
0,650 μm	Rouge

<http://www.pixelistes.com/blog/de-la-lumiere-de-la-couleur-des-filtres/>

Annexe 3 : données physico-chimiques et sécurité

Composé	Données physiques
curcumine	$M = 368,38 \text{ g.mol}^{-1}$ $T_f = 183 \text{ °C}$

Solubilité de la curcumine	À froid (20 °C)	À chaud (à la température d'ébullition du solvant)
eau	Très faible (0,6 mg.L ⁻¹)	Faible (7,4 mg.L ⁻¹)
éthanol	Grande	Très grande
cyclohexane	Faible	Très grande
dichlorométhane	Très grande	Très grande

Données de sécurité de quelques solvants :

Solvant	Données physiques	Sécurité
Ethanol 	$T_{eb} = 78 \text{ °C}$	H225 P210
Cyclohexane 	$T_{eb} = 81 \text{ °C}$	H304 ; H336 ; H315 H410 ; H225 P210 ; P280 P301+ P310 P331 P302+P350 P304+P340
Dichlorométhane 	$T_{eb} = 39 \text{ °C}$	H315 ; H319 ; H335 H336 ; H351 ; H373 P281 ; P201 ; P202 P261 P305+P351+P338 P309+P311
Méthanol 	$T_{eb} = 65 \text{ °C}$	H301 ; H311 ; H331 H370 ; H225 P301+P310 P280 P302+P350 P304+P340 P210 ; P240

Annexe 4 : Les mentions de dangers

H225	Liquide et vapeurs très inflammables
H301	Toxique en cas d'ingestion
H304	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires
H311	Toxique par contact cutané
H315	Provoque une irritation cutanée
H319	Provoque une sévère irritation des yeux
H330	Mortel par inhalation
H331	Toxique par inhalation
H335	Peut irriter les voies respiratoires
H336	Peut provoquer somnolence ou vertiges
H351	Susceptible de provoquer le cancer (indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger)
H370	Risque avéré d'effets graves pour les organes (ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus) (indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger).
H373	Risque présumé d'effets graves pour les organes (indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus) à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée (indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger).
H410	Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets à long terme.
EUH066	L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau.

Annexe 5 : Les conseils de prudences

P201	Se procurer les instructions avant utilisation.
P202	Ne pas manipuler avant d'avoir lu et compris toutes les précautions de sécurité.
P210	Tenir à l'écart de la chaleur/des étincelles/des flammes nues/des surfaces chaudes. — Ne pas fumer.
P240	Mise à la terre/liaison équipotentielle du récipient et du matériel de réception.
P261	Éviter de respirer les poussières /fumées /gaz /brouillards /vapeurs /aérosols.
P280	Porter des gants de protection/des vêtements de protection/un équipement de protection des yeux/du visage.
P281	Utiliser l'équipement de protection individuel requis.
P301+P310	EN CAS D'INGESTION: appeler immédiatement un CENTRE ANTIPOISON ou un médecin.
P331	NE PAS faire vomir.
P302+P350	EN CAS DE CONTACT AVEC LA PEAU: laver avec précaution et abondamment à l'eau et au savon.
P304+P340	EN CAS D'INHALATION: transporter la victime à l'extérieur et la maintenir au repos dans une position où elle peut confortablement respirer.
P305+P351+P338	EN CAS DE CONTACT AVEC LES YEUX: rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer.
P309+P311	EN CAS d'exposition ou de malaise: appeler un CENTRE ANTIPOISON ou un médecin.

Annexe 6 : Protocole d'extraction de la curcumine :

Protocole n°1 :

Prélever une masse voisine de 200 mg.

Agiter la masse pesée avec 15 mL de solvant pendant 25 minutes en utilisant un agitateur magnétique.



Filtrer sur filtre plissé et rincer le filtre plissé avec 3 fois 5 mL de solvant.



Transvaser le filtrat dans une fiole de 50 mL. Ajuster au trait de jauge avec le solvant. Soit <S> cette solution.

Protocole n°2 :

Prélever une masse voisine de 200 mg.

Porter au reflux dans un ballon de 100 mL avec 15 mL de solvant pendant 25 minutes.

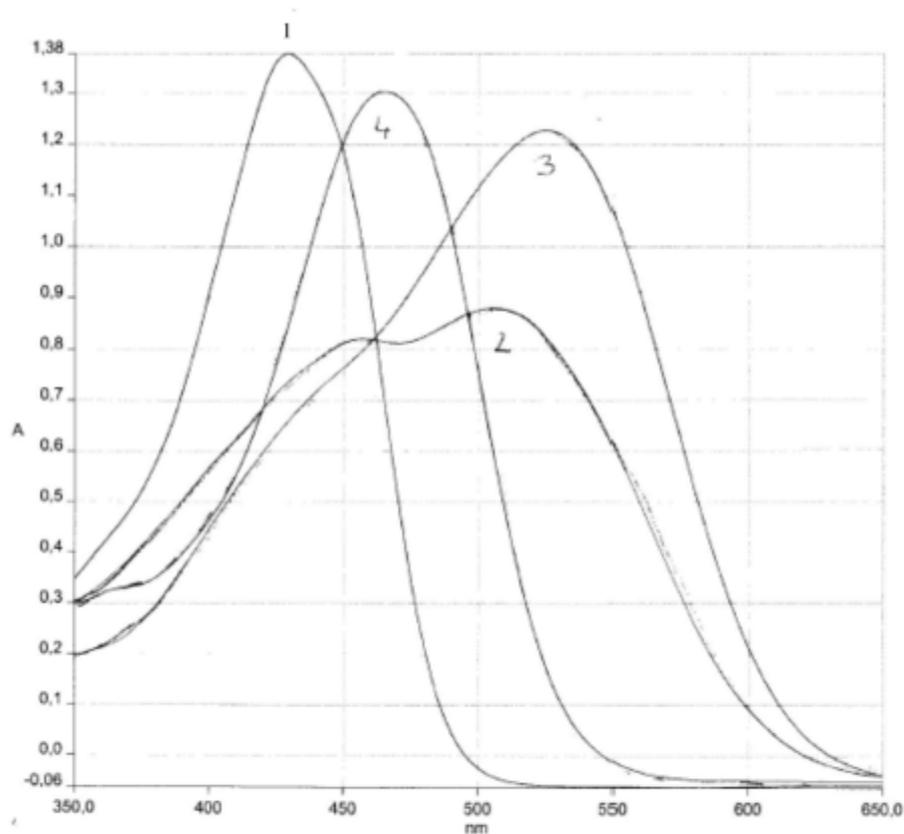


Filtrer sur filtre büchner et laver avec 5 mL de solvant. Refaire deux autres lavages avec de nouveau 5 mL de solvant.



Transvaser de façon quantitative le filtrat dans une fiole de 50 mL. Ajuster au trait de jauge avec le solvant. Soit <S> cette solution.

Annexe 7 : absorbance de solutions de curcumine à différents pH



curve	pH	curve	pH
1	2,5	3	11
2	9	4	13,5