

## Fiche professeur

THEME du programme : Observer	Sous-thème : Matières colorées
-------------------------------	--------------------------------

### Loi de Beer-Lambert et application au dosage de solutions colorées

Type d'activité : Activité expérimentale

Conditions de mise en œuvre : Séance de travaux pratiques de 2h (l'activité peut être adaptée si le créneau de TP est inférieur : l'introduction est faite lors d'une séance en classe entière)

Une solution pharmaceutique de Lugol sert de fil rouge pour cette activité.

L'introduction prend appui sur la couleur du Lugol : le spectre de la solution est réalisé et comparé avec celui de la lumière blanche (rappel de seconde). La synthèse soustractive ayant été étudiée au préalable, le lien est fait entre la couleur absorbée (le bleu) et la couleur de la solution (jaune orangée). Suite à ces observations, on demande aux élèves ce qui, selon eux, pourrait permettre que la solution absorbe moins de bleu. Cette réflexion est menée avec le groupe, et les hypothèses sont testées au fur et à mesure qu'elles sont énoncées. Enfin, les élèves dégagent les paramètres jouant un rôle sur l'absorption : la hauteur de solution traversée par la lumière, la concentration de la solution, l'espèce chimique contenue dans la solution. A ce stade, on introduit l'absorbance comme étant une grandeur permettant de quantifier l'absorption, et on présente rapidement le spectrophotomètre.

Dans la partie suivante, les élèves doivent étudier plus précisément le rôle des différents paramètres : concentration, largeur de la cuve (si le matériel le permet), longueur d'onde, et espèce chimique. Il est alors possible de répartir les tâches entre différents groupes : chaque groupe proposant et réalisant le protocole. A l'issue de ce travail, on obtient le spectre d'absorption du diiode, des mesures montrant la proportionnalité entre largeur de la cuve et absorbance (si le lycée possède des cuves de largeurs différentes, ou s'il est possible d'en intercaler plusieurs sur le trajet du faisceau), et la courbe de l'absorbance en fonction de la concentration (modélisable par une droite uniquement pour les faibles concentrations).

La loi de Beer Lambert est alors établie, et le domaine de validité mis en évidence.

Dans la dernière partie, elle est utilisée pour déterminer la concentration en diiode du Lugol : celle-ci étant en dehors du domaine de validité de la loi, les élèves doivent alors penser à la diluer pour pouvoir utiliser la droite d'étalonnage.

Pré-requis : - Dispersion de la lumière blanche (Seconde)

- Spectres d'absorption (Seconde)
- Synthèse soustractive (Première S)

NOTIONS ET CONTENUS	COMPETENCES ATTENDUES
<b>Dosage de solutions colorées par étalonnage. Loi de Beer-Lambert</b>	<i>Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce colorée à partir d'une courbe d'étalonnage en utilisant la loi de Beer-Lambert.</i>

**Compétences transversales** : Formuler des hypothèses ; Proposer une expérience ; Les confronter aux constats expérimentaux ; Exercer son esprit critique

Mots clés de recherche : Beer-Lambert, dosage, étalonnage, spectre, solutions colorées
--

Provenance : Académie d'Orléans-Tours
---------------------------------------

Adresse du site académique : <a href="http://physique.ac-orleans-tours.fr/php5/site/">http://physique.ac-orleans-tours.fr/php5/site/</a>
--

# Absorption, absorbance, et dosage

Le **Lugol** est une solution composée de diiode ( $I_2$ ) et d'iodure de potassium (KI) en solution dans de l'eau. Elle doit son nom au médecin français J.G.A. Lugol.

Elle est utilisée entre autres comme traitement iodé interne (vasodilatateur) et comme antiseptique. Elle est composée d'iodure de potassium (17 g/L), et de diiode  $I_2$  (5 g/L) dans de l'eau. Le diiode étant peu soluble dans l'eau, l'iodure potassium sert à le solubiliser.

On parle de solution de Lugol « à 5% ».

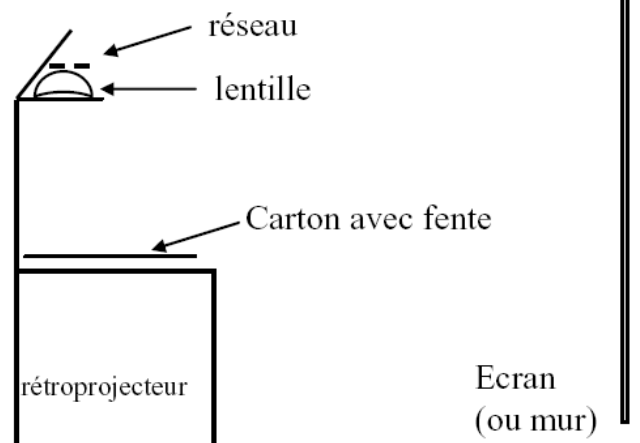
## Introduction : La couleur du Lugol

### 1. Spectre d'absorption du diiode

#### Expérience prof :

Réalisons le spectre d'absorption d'une solution de diiode :

la lampe du rétroprojecteur éclaire la solution. La lumière ressortant de la cuve est décomposée par le réseau, et projetée sur l'écran grâce au miroir.



Comparer l'aspect du spectre obtenu à celui de la lumière blanche.

Vérifier, en utilisant le principe de la synthèse soustractive, que l'interprétation du spectre obtenu coïncide avec la couleur de la solution.

### 2. Paramètres influençant l'absorption

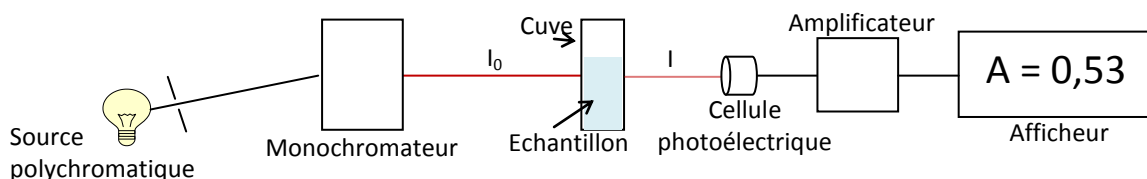
D'après vous, comment faire en sorte que la solution absorbe moins de bleu ?

Après avoir testé l'influence de ces différents paramètres, conclure : de quoi dépend l'absorption d'une couleur par une solution ?

### 3. Quantification de l'absorption

Nous voyons sur le spectre obtenu précédemment que le diiode absorbe plus ou moins certaines couleurs. Cette observation reste qualitative. Afin de pouvoir quantifier cette absorption, on utilise une grandeur appelée « absorbance », notée  $A$ , qui est sans dimension.

L'absorbance est mesurée par un instrument appelé « spectrophotomètre » : celui-ci envoie une radiation monochromatique d'intensité  $I_0$  sur une cuve contenant la solution, et mesure l'intensité  $I$  du faisceau qui en ressort. La comparaison de  $I$  avec  $I_0$  permet de déterminer l'absorbance  $A$  de la solution pour la longueur d'onde envoyée sur la cuve. (schéma ci-après)



## I. L'absorbance

L'absorbance d'une solution dépend donc des différents paramètres que vous avez mis en évidence.

L'objectif est de voir s'il est possible d'établir une loi reliant l'absorbance A et ces paramètres.

Pour chacune de ces grandeurs, proposer une expérience permettant de quantifier grâce au spectrophotomètre son influence sur l'absorbance. Vous présenterez les résultats sous forme de tableau. Lorsque cela est possible ou nécessaire, le tableur vous permettra de tracer une courbe et de la modéliser (cf. mode d'emploi).

### Matériel à disposition :

- Spectrophotomètre
- Cuves (il est possible d'accoler deux cuves sur le trajet du faisceau du spectrophotomètre)
- Solutions aqueuses de diiode (en présence d'iodure de potassium) de différentes concentrations :

Solution n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C (mol.L <sup>-1</sup> )	1,0.10 <sup>-2</sup>	5,0.10 <sup>-3</sup>	3,0.10 <sup>-3</sup>	2,0.10 <sup>-3</sup>	1,0.10 <sup>-3</sup>	5,0.10 <sup>-4</sup>	2,0.10 <sup>-4</sup>	1,0.10 <sup>-4</sup>	5,0.10 <sup>-5</sup>

Le spectrophotomètre sature lorsque l'absorbance est trop élevée : on pourra mesurer l'absorbance des concentrations en diiode élevées uniquement pour des longueurs d'onde supérieures à 460 nm.

- Ordinateurs avec tableur (logiciel permettant de modéliser des courbes)

### Conclusion :

1. Quels paramètres sont proportionnels à l'absorbance ?

La loi reliant l'absorbance aux deux précédents paramètres est appelée « loi de Beer-Lambert ». On note  $\epsilon$ , appelé « coefficient d'extinction molaire », le coefficient de proportionnalité :  
 $A = \epsilon \times \dots \times \dots$

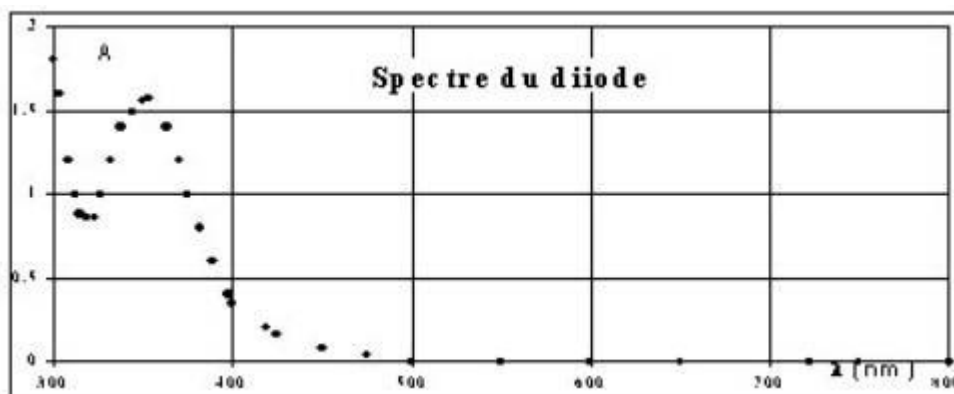
2. Donner les unités des deux paramètres, et en déduire l'unité de  $\epsilon$ .
3. De quoi dépend  $\epsilon$  ?
4. La loi est-elle valable quelles que soient les conditions ?

## II. Application au dosage de la solution de Lugol

En vous basant sur votre travail précédent, proposer une méthode pour vérifier la concentration de la solution de Lugol posée sur le bureau.

Concernant l'introduction :

- Le diode absorbe dans les longueurs d'onde liées à la couleur bleue :



➤ Le

choix est fait de laisser les élèves proposer d'eux-mêmes les différents paramètres auxquels ils pensent.

Les réponses « attendues » sont : on peut

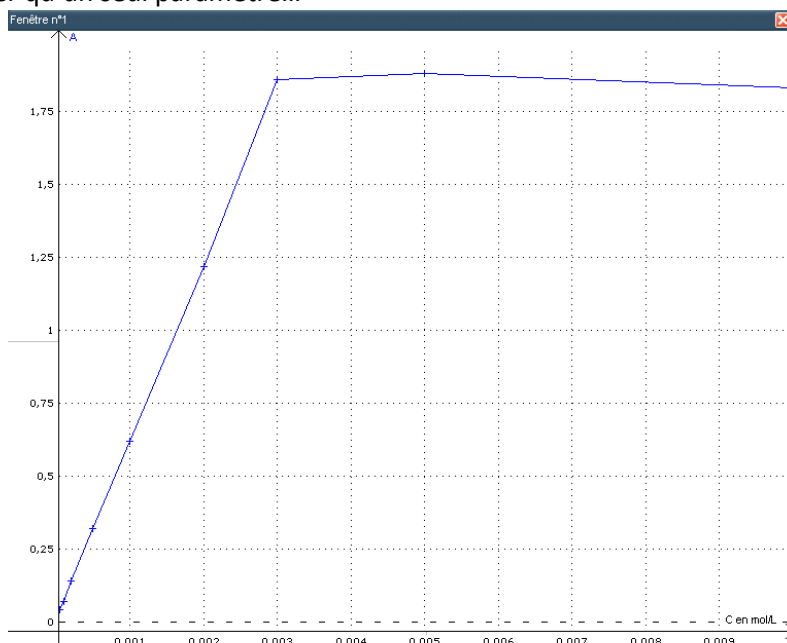
- diminuer la concentration => l'absorption diminue
- diminuer la hauteur de liquide => l'absorption diminue aussi
- changer l'espèce chimique => le sulfate de cuivre absorbe moins le rouge, par exemple.

Bien entendu, certaines réponses peuvent faire varier plusieurs paramètres à la fois : par exemple, rajouter de l'eau pour diluer, ou changer de solution sans se soucier de la concentration, ou changer de concentration sans se soucier de la hauteur de liquide dans le bécher...

Ces réponses sont bien entendues « souhaitables », dans la mesure où ce sera l'occasion de faire s'interroger les élèves sur le fait que plusieurs paramètres varient, et on pourra les amener, à l'oral, à conclure qu'il est nécessaire de ne faire varier qu'un seul paramètre...

Concernant le I. :

Pour pouvoir utiliser le spectrophotomètre avec des concentrations élevées (pour montrer les limites de la loi), on ne peut pas se placer au maximum d'absorption. Les mesures suivantes ont été obtenues pour  $\lambda = 460$  nm :



Remarque : cette courbe montre les limites du modèle (et sûrement aussi les limites de détection du spectrophotomètre et cela peut aussi être l'objet de discussion avec les élèves).

C (mol/L)	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$
A	1,87	1,84	1,83	1,22	0,62	0,32	0,14	0,07	0,04

Prolongement possible : Etude de textes historiques de quatre scientifiques dont les modèles se sont affrontés, et montrant ainsi comment s'est construite cette loi. Source : BUP n°894 de Mai 2007.