

Classe : 1 <sup>ère</sup> STL	Enseignement : <b>Mesure et Instrumentation</b>
-------------------------------	--

<b><u>THEME du programme</u></b> : mesures et incertitudes de mesures	<b><u>Sous-thème</u></b> : métrologie, incertitudes
---	---

**Extrait du BOEN**

NOTIONS ET CONTENUS	COMPETENCES ATTENDUES
Mesures et incertitudes de mesures	Identifier les différentes sources d'erreur lors d'une mesure.

<b>Titre : mesure de concentration par spectrophotométrie</b>
---

**Problématique générale de la séquence :**

*L'eau de Dakin est un antiseptique utilisé pour le lavage des plaies et des muqueuses. Elle a une couleur rose due à la présence d'ions permanganate de formule  $MnO_4^-$ .*

*L'étiquette de l'eau de dakin indique 0,0010g d'ions permanganate pour 100mL de solution.*

**Comment procéder pour vérifier expérimentalement la concentration massique des ions  $MnO_4^-$  dans l'eau de Dakin ?**

**Organisation de la séquence**

*Durée : 4 séances de 2h*

*Progression succincte en activités :*

*Titre de (des) l'activité(s) décrites dans la ressource :*

- activité 1 : l'œil pour évaluer une concentration*
- activité 2 : utilisation du spectrophotomètre*
- activité 3 : modélisation du capteur par une photodiode*
- activité 4 : fiabilité et répétitivité d'une mesure obtenue au spectrophotomètre*

### **Compétences transversales**

(Préambule des programmes et socle commun)

- *Mobiliser ses connaissances*
- *Rechercher, extraire, organiser des informations utiles (le BO précise l'information utile)*
- *Formuler des hypothèses*
- *Raisonnement, argumenter, démontrer*
- *Travailler en équipe*
- ...

Mots clés de recherche : concentration, spectrophotométrie, incertitudes, métrologie, sensibilité, fidélité

Provenance : Académie de Grenoble

Adresse du site académique : <http://www.ac-grenoble.fr/disciplines/spc/>

## 1<sup>ère</sup> activité : l'œil pour évaluer une concentration ?

**Problématique de l'activité** : comment utiliser notre œil pour évaluer une concentration ?

**Objectifs visés** : montrer que l'œil n'est pas un récepteur optique suffisamment précis pour déterminer la concentration d'une solution mais qu'il donne cependant accès à un encadrement.

**Durée** : 2h00

### **Type d'activité**

- *Activité expérimentale*
- *Réinvestissement et/ou approfondissement des notions de concentration massique et de dilution*

### **Compétences évaluées**

*Raisonner, argumenter, démontrer*

*Travailler en équipe*

*Réaliser, manipuler*

*Communiquer à l'aide de langages ou d'outils scientifiques ou technologiques*

### **Conditions de mise en œuvre**

- **Matériel** : au bureau : flacon d'eau Dakin à moitié vidé dans un bécher (solution rose)  
  
Sur un chariot dans la salle :  
Fioles jaugées 50mL, 100mL,  
Pipettes jaugées 1mL, 5mL, 10mL, 20mL 25mL, 50mL,  
Béchers,  
Propipette  
*(Les élèves doivent avoir la possibilité de choisir la verrerie couramment utilisée en lycée)*
- **Travail par binôme en salle de TP**

### **Pré-requis** :

- concentration massique
- dilution

### **Situation problème** :

**Comment votre œil peut-il permettre de relier la couleur de la solution d'eau Dakin présentée au bureau à sa concentration massique en ion permanganate ?**

Votre réponse et votre conclusion devront être argumentées d'un protocole expérimental ainsi que de l'expérience et des observations réalisées. Une réflexion concernant l'incertitude de mesure réalisée est attendue

**LES AIDES OU « COUP DE POUCE »****★ Aide à la démarche de résolution**

1. Au laboratoire, on dispose de deux solutions de permanganate de potassium de concentrations différentes et connues  $C_1 = 7,9 \cdot 10^{-2} \text{ g/L}$  et  $C_2 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ g/L}$ .  
Apporter ces solutions et comparer les couleurs.
2. Comment évolue la couleur de la solution ( $\text{K}^+; \text{MnO}_4^-$ ) quand la concentration en soluté augmente ?

**★ Apport de savoir faire**

1. Réaliser une des 6 solutions ci-dessous et calculez la valeur (en g/L) de la concentration massique  $C$  des ions permanganate dans la solution ainsi préparée à partir d'une solution de permanganate de potassium de concentration  $C_1 = 7,9 \cdot 10^{-2} \text{ g/L}$

Solution préparée	1	2	3	4	5	6
$V_1$ en mL (Pipette jaugée)	1	5	10	20	25	20
$V_{\text{fille}}$ en mL (Fiole jaugée)	100	100	100	100	100	50
Concentration en g/L (solution fille $C_{\text{fille}}$ )	$7,9 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$	$7,9 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$

2. Trouver un encadrement de la concentration en ions permanganate de l'eau de Dakin.  
Si on définit l'incertitude de mesure inhérente à la méthode utilisée comme étant égale à la moitié de l'encadrement, en déduire la valeur de cette incertitude .
3. Calculer la concentration massique définie comme le milieu de l'encadrement précédent des ions permanganate en solution dans l'eau de Dakin. Comparer aux indications de l'étiquette. Ces dernières sont-elles précises à votre avis ?
4. L'évaluation de la concentration est-elle satisfaisante d'un point de vue de la précision ? discuter des différentes sources d'erreur possibles.

**★ Apport de connaissance :**

1. Au cours d'une dilution, on rappelle qu'il y a conservation de la quantité de matière de soluté. On peut donc calculer la concentration de la solution fille obtenue grâce à la formule suivante :

$$C_{\text{fille}} = \frac{C_1 \times V_1}{V_{\text{fille}}}$$

2. L'incertitude relative sur la concentration de l'eau Dakin trouvée par encadrement entre  $C_{\text{min}}$  et  $C_{\text{max}}$  est donnée par la formule :

$$\text{incertitude relative} = \frac{C_{\text{max}} - C_{\text{min}}}{2C}$$

**LES REPONSES POSSIBLES**

Le binôme d'élèves doit :

- proposer de réaliser une échelle de teinte,
- réaliser une seule solution de l'échelle de teinte,
- trouver l'encadrement de la solution d'eau de Dakin,
- calculer la concentration massique théorique de l'eau de Dakin,
- constater que leur détermination expérimentale de la concentration est peu précise,
- conclure que le récepteur œil permet d'effectuer une mesure précise de concentration.

## 2<sup>ème</sup> activité : utilisation du spectrophotomètre

**Problématique de l'activité** : Comment évaluer la concentration d'une solution de permanganate de potassium par des mesures d'absorption de lumière ?

**Objectifs visés** : Décrire le principe de fonctionnement d'un spectrophotomètre,  
Tracer une courbe d'étalonnage

**Durée** : 2h00

### **Type d'activité**

- *Activité expérimentale*
- *Démarche d'investigation*
- *Structuration de connaissances*
- *Réinvestissement et/ou approfondissement*

### **Compétences évaluées**

*Raisonner, argumenter*

*Démarche d'investigation*

*Rechercher, extraire des informations*

*Travailler en équipe*

*Réaliser, manipuler*

*Communiquer à l'aide de langages ou d'outils scientifiques ou technologiques*

### **Conditions de mise en œuvre**

- **Matériel** : au fond de la salle :  
Spectrophotomètre (préréglé à  $\lambda = 530$  nm avec un blanc d'eau distillée) + notice d'utilisation  
1 cuve/ binôme (attention : chacune des cuves choisies doit donner un blanc quasiment identique)  
Pipettes simples  
Béchers  
Solutions préparées lors de l'activité n°1

**Travail de recherche documentaire (par 2 binômes)**: Internet, documentaire,  
Personne ressource

- **Travail par binôme** : pour la démarche expérimentale

### **Pré-requis**

- Savoir utiliser un tableur-grapheur pour tracer un graphique
- Notions de précision d'une mesure

**Situation problème :**

- Rechercher un capteur suffisamment précis pour faire la différence entre les 2 solutions de l'encadrement choisi pour l'eau de Dakin dans l'activité n°1.
- Proposer un protocole permettant d'obtenir une mesure précise de la concentration en ions permanganate de l'eau de Dakin. Expliciter vos choix.
- Rédigez le bilan de votre recherche ainsi que de la proposition de protocole.

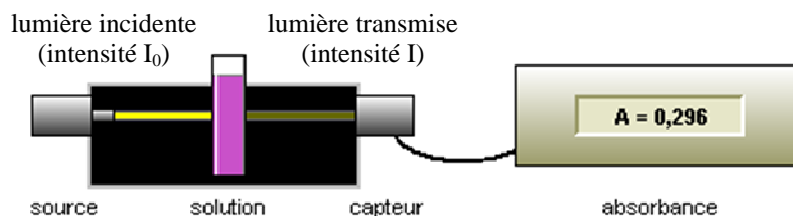
**LES AIDES OU « COUP DE POUCE »**★ **Aide à la recherche documentaire**

1. Demander des renseignements au personnel de laboratoire
2. Consulter des ouvrages pédagogiques (livres de Terminales S, ...)
3. Consulter des notices d'utilisation de conductimètre, pHmètre, spectrophotomètre

★ **Apport de connaissance :**Présentation du spectrophotomètre

Un faisceau lumineux traverse une cuve contenant la solution colorée à étudier : cette solution absorbe une certaine quantité de lumière.

L'intensité de la lumière transmise  $I$  est inférieure à l'intensité de la lumière incidente  $I_0$ .



Un spectrophotomètre mesure une grandeur appelée **absorbance**, notée  $A$  et définie par la relation :  $A = \log(I_0/I)$ , où « log » désigne la fonction logarithme décimal, qui sera étudiée en classe de terminale.

On peut aussi l'écrire :  $I_0 / I = 10^A$ , ou  $I = I_0 \times 10^{-A}$ .

L'absorbance est une grandeur sans dimension.

★ **Apport de savoir faire**

1. Comment déterminer s'il y a une relation entre l'absorbance et la concentration massique en ions permanganate d'une solution ?
2. Mesurer l'absorbance de chacune des solutions précédemment réalisées avec le spectrophotomètre, préréglé à  $\lambda = 530$  nm avec un blanc d'eau distillée, en notant les valeurs dans le tableau ci-dessous :

$C(g/L)$	$7,9 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$	$7,9 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$
Absorbance $A$						

3. Tracer la courbe représentant l'évolution de l'absorbance  $A = f(C)$  à l'aide du tableur-grapheur.
4. Comment évaluer la concentration de la solution d'eau de Dakin ? en s'aidant de la courbe précédente ? Faire la ou les mesures correspondantes

5. Cette méthode de détermination de la concentration est-elle plus satisfaisante que la méthode de l'activité n° 1 ? Argumentez la réponse.

### LES REPONSES POSSIBLES

*Les élèves peuvent :*

- *rechercher des informations les conduisant vers le SPECTROPHOTOMETRE*
- *lire le fonctionnement du spectrophotomètre grâce à la notice fournie au fond de la salle et photocopiée en nombre de binômes*
- *proposer de tracer une courbe d'étalonnage*
- *réaliser cette courbe d'étalonnage et l'utiliser pour déterminer  $C_{dakin}$*
- *constater que la précision obtenue est supérieure à celle obtenue avec l'œil.*

Il y a beaucoup de pistes possibles pour le professeur :

- Erreur de linéarité :  
le nuage de points est distribué autour d'une droite moyenne. Lors de la mesure, les élèves utilisent la droite (et non le nuage de points). Or, pour une valeur de  $A$  donnée, il y a une différence entre la valeur de la concentration calculée (point de la droite) et la valeur mesurée au cours de l'étalonnage (point du nuage). C'est donc une source d'erreur à prendre en compte .
- Incertitudes sur les concentrations filles (liées principalement aux mesures de masse ou de volume) :  
cela pourrait être fait en début d'année.
- Incertitude de quantification (liée à la chaîne numérique) :  
cela peut être introduit plus tard (il faut aborder le convertisseur analogique numérique avant de parler d'erreur de quantification dans le module image par exemple).
- Le professeur peut donner la formule d'évaluation de l'incertitude de la concentration (au travers d'une feuille excel ou d'un logiciel, aucun calcul n'est fait par les élèves qui n'ont à saisir que les valeurs des incertitudes).
- Les élèves comparent l'incertitude obtenue à celle déterminée avec l'échelle de teinte et en déduisent la méthode la plus précise.

## 3<sup>ème</sup> activité : élaborer un modèle physique simplifié du spectrophotomètre

**Problématique de l'activité** : comprendre le principe de fonctionnement d'un spectrophotomètre

**Objectifs visés** : **Elaborer et utiliser de manière qualitative un spectrophotomètre**  
**Découvrir les composants électroniques utilisés dans un spectrophotomètre**

**Durée** : 2h00

### **Type d'activité**

- *Activité documentaire*
- *Activité expérimentale*
- *Démarche d'investigation*

### **Compétences évaluées**

*Raisonnement, argumenter*

*Démarche d'investigation*

*Rechercher, extraire des informations*

*Travailler en équipe*

*Réaliser, manipuler*

*Communiquer à l'aide de langages ou d'outils scientifiques ou technologiques*

### **Conditions de mise en œuvre**

- **Matériel** : sur un chariot :
  - 2 générateurs de tension continue 10V
  - 1 voltmètre
  - 2 conducteurs ohmiques de résistance 100 k $\Omega$
  - 1 conducteur ohmique de résistance 1 k $\Omega$
  - 1 LED verte de haute luminosité ( $A_{\max}$  pour une longueur d'onde  $\lambda \approx 500$  nm)
  - 1 photodiode
  - 1 « capot » qui cache l'ensemble (LED + photodiode)(Il est préférable que tous les composants soient « précâblés »)
- 3 solutions de permanganate de potassium de concentrations différentes.

**Travail de recherche documentaire (par 2 binômes)**: Internet, documents, personne ressource

- **Travail par binôme** : pour la démarche expérimentale

### **Pré-requis**

- Savoir utiliser un voltmètre,
- Faire un câblage électrique simple
- Réinvestissement du principe de fonctionnement du spectrophotomètre vu dans l'activité n°2



**Situation problème :****Comment fabriquer simplement un spectrophotomètre ?**

Restituer l'ensemble de la démarche vous permettant de construire un spectrophotomètre simplifié.

**LES AIDES OU « COUP DE POUCE »****★ Aide à la démarche de résolution**

1. En vous appuyant sur les activités précédentes, déterminez deux grandes fonctions que doit remplir un spectrophotomètre.
2. Recherchez les composants électriques ou électroniques qui réalisent ces deux fonctions.
3. Choisissez, parmi eux, ceux qui se prêteront à la réalisation pratique d'un spectrophotomètre.
4. Proposez un protocole opératoire permettant d'illustrer d'une façon simplifiée le fonctionnement d'un spectrophotomètre et mettez-le en œuvre.
5. Enumérez les sources d'erreur de ce spectrophotomètre.

**★ Aide à la démarche d'analyse et à la recherche**

1. Vous pouvez vous inspirer du schéma fourni dans l'activité n°2 vu dans le principe de fonctionnement du spectrophotomètre.
2. Parmi les objets et les corps cités ci-dessous, trier ceux qui sont du domaine de l'émission de lumière et ceux qui sont du domaine de la réception de lumière, des deux domaines, ni l'un ni l'autre.

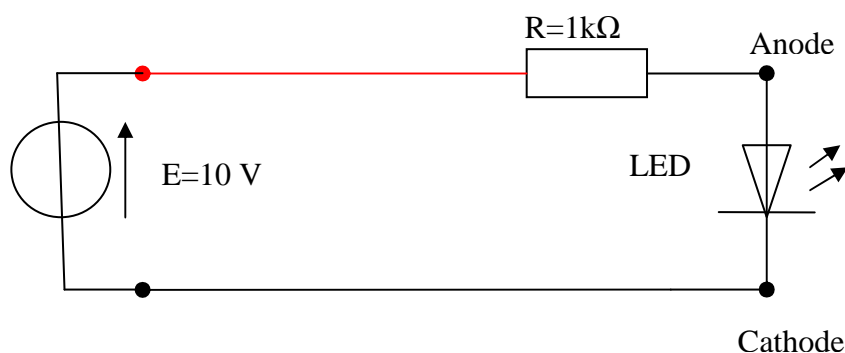
*Lampe, laser, lune, soleil, diode électroluminescente, photodiode, fibre optique, œil, optocoupleur, photo résistance, pellicule photo, papier calque, écran d'ordinateur, capteur CCD etc..*

**3. Pour l'émission :**

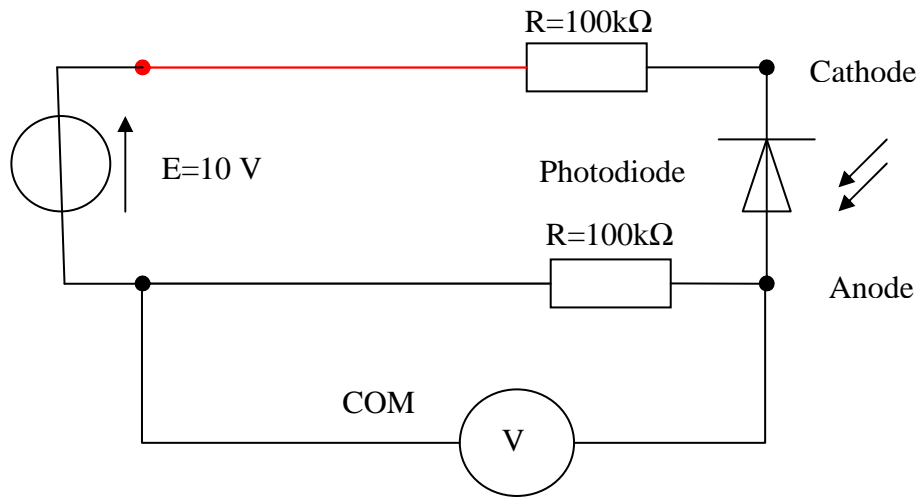
On pourra choisir une diode électroluminescente (LED) placée en série avec une résistance de protection.

**Pour la réception:**

Une photodiode est un composant qui correctement polarisé débite un courant électrique dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de lumière reçue. L'intensité de ce courant est très faible.

**★ Aide technique****1. Schéma électrique à l'émission.**

## 2. Schéma électrique à la réception.



3. Comment utiliser ces deux montages pour illustrer le principe de fonctionnement du spectrophotomètre ?
4. En utilisant la solution d'eau de Dakin, observez la variation de mesure de tension en fonction de la concentration des solutions disponibles

### LES REPONSES POSSIBLES

Les élèves doivent :

- trouver par eux-mêmes que le spectrophotomètre doit être capable d'émettre et de recevoir de la lumière.
- proposer l'utilisation d'une LED et d'une photodiode alimentées par un générateur de tension.
- Proposer le schéma correspondant au montage électrique nécessaire et le réaliser.
- Préciser que les sources d'erreur possible peuvent provenir du calibre du voltmètre, d'une lumière parasite, de la couleur de la LED.

## 4<sup>ème</sup> activité: fiabilité et sensibilité d'une mesure obtenue au spectrophotomètre

**Problématique de l'activité :** La mesure de l'absorbance permettant de déterminer la concentration  $C_{\text{dakin}}$  est-elle fidèle et reproductible ?

**Objectifs visés :** Mettre en évidence des paramètres influençant l'absorbance indiquée par un spectrophotomètre,  
Etablir que, pour étudier l'influence d'un paramètre sur une mesure, il est indispensable de fixer tous les autres.

**Durée :** 2h00

### **Type d'activité**

- *Activité expérimentale*
- *Démarche d'investigation*
- *Structuration des connaissances*
- *Approfondissement*

### **Compétences évaluées**

*Raisonnement, argumenter*

*Démarche d'investigation*

*Structuration de connaissances*

*Travailler en équipe et en classe entière*

*Réaliser, manipuler*

*Communiquer à l'aide de langages ou d'outils scientifiques ou technologiques*

### **Conditions de mise en œuvre**

- **Matériel :** au fond de la salle :  
spectrophotomètre + notice d'utilisation  
cuves  
pipettes simples  
bêchers  
solution d'eau de Dakin
  
- **Travail par binôme :** pour la démarche expérimentale

### **Pré-requis**

- Utilisation du spectrophotomètre
- Utilisation d'un tableur-grapheur pour tracer un graphique

**Situation problème :**

Quels paramètres peuvent influencer la mesure de l'absorbance de la solution de Dakin ?

Rédiger l'ensemble de votre raisonnement appuyé de résultats de mesures et conclure.

**LES AIDES OU « COUP DE POUCE »****★ Aide à la démarche de résolution**

1. Parmi les éléments ci-dessous, quels sont ceux qui peuvent influencer la mesure de l'absorbance de la solution d'eau de Dakin?

*Cuve, quantité de solution dans la cuve, position de la cuve, lumière incidente, lumière extérieure, blanc utilisé, expérimentateur.*

2. En quoi la valeur choisie de la longueur d'onde à 530 nm a-t-elle une influence sur la mesure d'absorbance de la solution d'eau de Dakin ?
3. Proposer un protocole expérimental permettant de montrer l'influence du ou des paramètre(s) choisi(s) précédemment.

**★ Aide à la démarche d'analyse des résultats****1. influence de la longueur d'onde :**

Remarque : on veut ici sensibiliser les élèves à la sensibilité de l'appareil et justifier le choix de telle ou telle longueur d'onde pour mesurer l'absorbance.

- a) Mesurer, avec la même cuve, l'absorbance de l'eau de Dakin à différentes longueurs d'onde.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

$\lambda$ (nm)	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675
A												

$\lambda$ (nm)	700	725	750	775	800
A					

- b) Tracer la courbe  $A = f(\lambda)$  appelée spectre d'absorption avec un tableur-grapheur et commenter l'allure de cette courbe.
- c) Pour les solutions n°4 et 5 de l'activité n°1, on a mesuré précédemment l'absorbance de chacune d'entre elles à différentes longueurs d'onde

	Solution 4	Solution 5
Concentrations (mol/L)	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$
A ( $\lambda = 490$ nm)	0,115	0,146
A ( $\lambda = 530$ nm)	0,228	0,290
A ( $\lambda = 590$ nm)	0,0280	0,0360

- Calculer la sensibilité de l'appareil aux trois longueurs d'onde précédentes en utilisant la formule ci-dessous :  $s = \frac{\Delta A}{\Delta C}$

- Quelle longueur d'onde permet de différencier précisément deux solutions de concentrations voisines ?
- Conclusion : justifier le choix de la longueur d'onde  $\lambda = 530\text{nm}$  pour les mesures précédentes.

## 2. influence de la cuve

- a) chaque binôme mesure avec une cuve choisie de manière aléatoire et avec les mêmes paramètres de réglage suivant ( $\lambda = 530\text{ nm}$  avec un blanc d'eau distillée), l'absorbance de l'eau de Dakin et renouvelle l'opération avec 3 autres cuves différentes.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Cuve n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A												

Cuve n°	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A												

- b) Comparer les différentes valeurs obtenues en traçant le graphe  $A = f(n^\circ\text{cuve})$ .

Quelles conclusions peut-on tirer de ces mesures ?

*On attend que les élèves constatent une grande disparité entre les différentes mesures d'absorbance selon la cuve choisie.*

Expliquer pourquoi les cuves donnent-elles des résultats différents pour l'absorbance.

*On attend que les élèves disent :*

- saleté de la cuve
- épaisseur de la cuve différente
- variation de la qualité du plastique constituant la cuve
- présence de bulles d'air...

Exploitation possible :

On peut déterminer l'intervalle des valeurs de A ( $A_{\min}$  et  $A_{\max}$ ), en déduire les concentrations correspondantes  $C_{\min}$  et  $C_{\max}$  (en utilisant l'équation ou la courbe d'étalonnage) et comparer à l'incertitude de concentration établie pour cet étalonnage.

L'idée est de pouvoir répondre à la question : est-on obligé de changer de cuve à chaque fois ?

- c) Calculer la valeur moyenne de l'absorbance notée  $A_{\text{moyen}}$ .

### LES REPONSES POSSIBLES

*Les élèves peuvent :*

- trouver par eux-mêmes que l'absorbance de la solution dépend de la longueur d'onde de la lumière incidente utilisée, de la cuve choisie (matériau, propreté, épaisseur, bulle d'air...)
- mettre au point un protocole expérimental permettant de voir l'influence de la longueur d'onde et de la cuve
- Tracer une courbe montrant les variations d'absorbance obtenues pour une même solution,
- Conclure quant à l'importance du choix des différents paramètres