

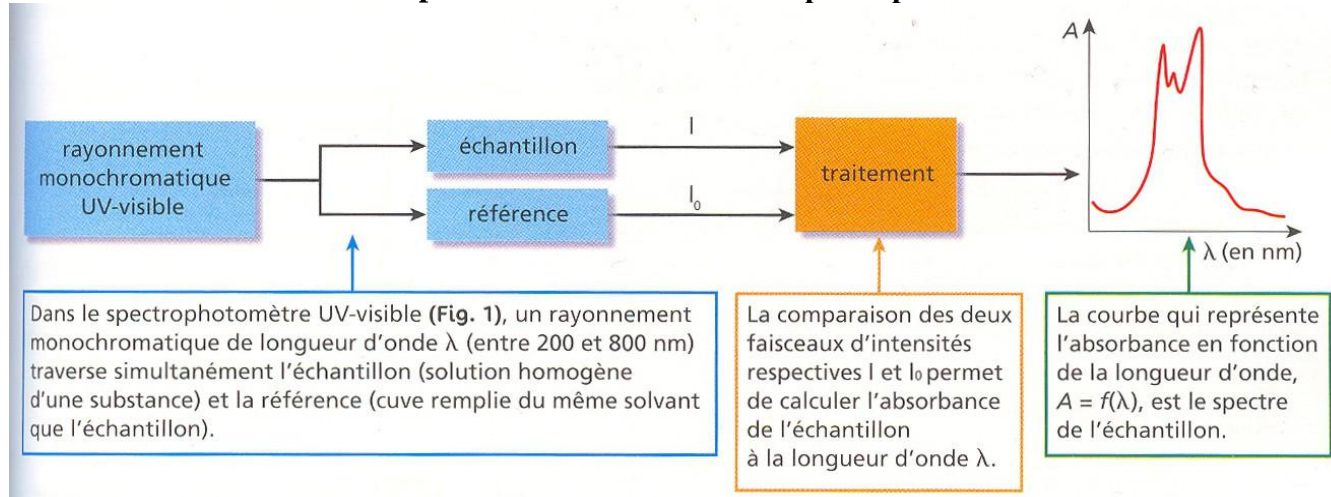
Chapitre B1 : Comment effectuer un dosage par spectrophotométrie ?

TP : La bouillie bordelaise : Dosage par étalonnage.

Document 1 : la spectroscopie UV-visible

Une espèce chimique est susceptible d'interagir avec un rayonnement électromagnétique. L'étude de l'intensité du rayonnement (absorbé ou réémis) en fonction des longueurs d'onde s'appelle l'analyse spectrale. Lorsque les longueurs d'ondes utilisées appartiennent au domaine du visible et aux UV proches, on parle de spectroscopie UV-visible.

Principe de fonctionnement d'un spectrophotomètre



Le spectre UV-visible représente l'absorbance A (en ordonnée) en fonction de la longueur d'onde (en abscisse), entre 200 et 800 nm. L'absorbance A est définie à partir de l'intensité transmise I et l'intensité de référence I_0 :

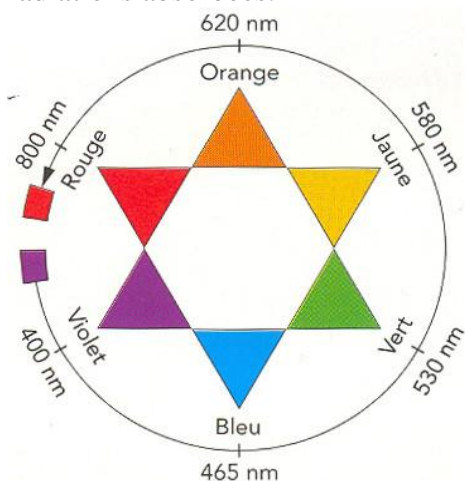
$$A = -\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Elle est comprise entre 0 (pas d'absorption) et $+\infty$ (absorption totale), mais un spectrophotomètre ne la mesure qu'entre 0 et 3.

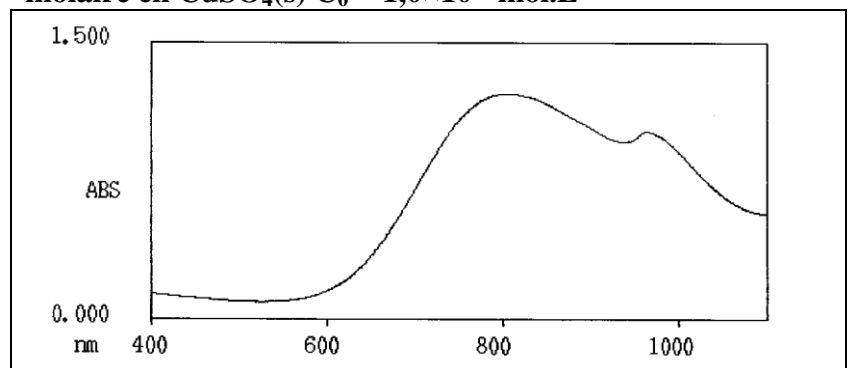
Une espèce chimique est caractérisée en spectroscopie UV-visible par son maximum d'absorption pour le quel, on précise la longueur d'onde λ_{\max} et son absorbance A_{\max} .

Document 2 : lien entre la couleur perçue et la couleur absorbée

Lorsqu'une espèce chimique n'absorbe que dans un seul domaine de longueurs d'onde du visible, sa couleur est la couleur complémentaire de celles des radiations absorbées.



Document 3 : spectre d'absorption d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$) de concentration molaire en $\text{CuSO}_4(\text{s})$ $C_0 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$



Document 4 : La bouillie bordelaise

L'homme a toujours su tirer profit des ressources naturelles qui l'entourent afin de se nourrir et d'améliorer sa qualité de vie. Si depuis le XIXe siècle la tendance est à l'industrialisation et à la productivité intensive, on note à l'heure actuelle une nette volonté de retour à une exploitation plus raisonnée afin de préserver la biodiversité sur notre planète.

La bouillie bordelaise, tolérée en agriculture biologique, est un fongicide très polyvalent utilisé pour le traitement des maladies cryptogamiques comme le mildiou (vigne, pomme de terre, ...), la tavelure du pommier, la cloque du pêcher. Elle se révèle aussi efficace contre certaines maladies bactériennes (bactériose).

La bouillie bordelaise du commerce est vendue sous forme d'une poudre bleue qui contient 20 % de cuivre (exprimé en cuivre « métal »). Le cuivre est présent dans le produit sous la forme de sulfate de cuivre $\text{CuSO}_4(\text{s})$.

Lorsque le sulfate de cuivre se dissout dans l'eau, il conduit à la formation d'ions cuivre II Cu^{2+} et sulfate SO_4^{2-} . Ce sont les ions cuivre II Cu^{2+} qui donne la couleur bleue à la bouillie bordelaise.

Le savoir des plantes de Pierre Laszlo,
Journal Chemical of Education Vol 84 N°12 et de *l'encyclopédie Larousse*.

Situation problème :



Pour préparer la bouillie bordelaise, il est indiqué sur l'étiquette de respecter la recette suivante : dissoudre 37,5 g de bouillie bordelaise dans 1,0 L d'eau. Maxime est un « jardinier bio » à ses heures, mais aussi chimiste de formation et il a retrouvé un vieux bidon sur lequel il est indiqué : « Bouillie bordelaise 2003 ». Il sait qu'un excès de bouillie bordelaise peut entraîner la mort de ses légumes et aussi intoxiquer le fruit !

Un dilemme pour Maxime se pose : « il ne peut pas jeter un bidon entier de bouillie bordelaise qui est peut être tout à fait valable : cela ne serait pas écologique... » Et d'un autre côté ; il ne peut prendre le risque de s'intoxiquer et de faire un choix de culture non écologique... Pour Maxime, le « bio » : c'est trop important. Pour cela il souhaite vérifier la valeur de la concentration molaire de la préparation réalisée.

Comment déterminer expérimentalement la concentration C en ions cuivre II de la solution de bouillie bordelaise ? Est-elle encore adéquate avec l'étiquette ?

Travail à faire :

Aidez Maxime à vérifier les indications de l'étiquette en utilisant la démarche scientifique.

Pour cela, on dispose du matériel suivant :

- La solution de bouillie bordelaise préparée en respectant la recette
- une solution étalon de sulfate de cuivre de concentration $C_0 = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$
- un spectrophotomètre
- ... tout matériel de chimie utile et nécessaire !

Données : $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Chapitre B1 de chimie : Comment effectuer un dosage par Grille de compétences exigibles

Compétences travaillées	Critères de réussite	Oui	Non
Exploiter des spectres UV-visible.	Je connais :		
	➤ Lien entre couleur perçue et longueur d'onde au maximum d'absorption de substances organiques ou inorganiques.		
	Je suis capable :		
	➤ De sélectionner la longueur d'onde qui correspond au maximum d'absorption.		
Mettre en œuvre un protocole expérimental pour caractériser une espèce colorée.	Je connais :		
	➤ La loi de Beer Lambert.		
	Je suis capable :		
	➤ De tracer une courbe d'étalonnage à l'aide de l'absorbance des différentes solutions de concentrations molaires connues.		
	➤ D'utiliser la courbe d'étalonnage pour en déduire la concentration molaire inconnue d'une solution.		

Analyser	<ul style="list-style-type: none"> - formuler une hypothèse pour répondre à la problématique - proposer une stratégie pour répondre à la problématique - concevoir et justifier un protocole/ dispositif expérimental 	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> </tr> </table>	A	B	C	D
A	B	C	D			
Réaliser	<ul style="list-style-type: none"> - utiliser le matériel (dont l'outil informatique) de manière adaptée - effectuer un calcul simple 	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> </tr> </table>	A	B	C	D
A	B	C	D			
Valider	<ul style="list-style-type: none"> - exploiter et interpréter des observations et des mesures - utiliser les symboles et unités adéquats - vérifier les résultats obtenus - valider ou infirmer une information, une hypothèse, une loi ... 	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> </tr> </table>	A	B	C	D
A	B	C	D			
Communiquer	<ul style="list-style-type: none"> - utiliser les notions et le vocabulaire scientifique adaptés - présenter, formuler une proposition, une argumentation, une synthèse ou une conclusion de manière cohérente complète et compréhensible. 	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> </tr> </table>	A	B	C	D
A	B	C	D			

Pour les plus rapides : A l'aide de la recette, retrouver la valeur de la concentration en ions cuivre II de la bouillie bordelaise !

Chapitre B1 de chimie : Comment effectuer un dosage par Grille de compétences exigibles

Compétences travaillées	Critères de réussite	Oui	Non
Exploiter des spectres UV-visible.	Je connais :		
	➤ Lien entre couleur perçue et longueur d'onde au maximum d'absorption de substances organiques ou inorganiques.		
	Je suis capable :		
	➤ De sélectionner la longueur d'onde qui correspond au maximum d'absorption.		
Mettre en œuvre un protocole expérimental pour caractériser une espèce colorée.	Je connais :		
	➤ La loi de Beer Lambert.		
	Je suis capable :		
	➤ De tracer une courbe d'étalonnage à l'aide de l'absorbance des différentes solutions de concentrations molaires connues.		
	➤ D'utiliser la courbe d'étalonnage pour en déduire la concentration molaire inconnue d'une solution.		

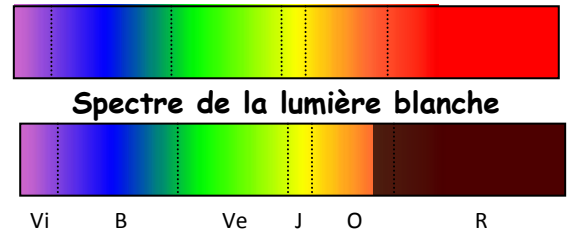
Analyser	<ul style="list-style-type: none"> - formuler une hypothèse pour répondre à la problématique - proposer une stratégie pour répondre à la problématique - concevoir et justifier un protocole/ dispositif expérimental 	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;">A</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">B</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">C</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">D</td> </tr> </table>	A	B	C	D
A	B	C	D			
Réaliser	<ul style="list-style-type: none"> - utiliser le matériel (dont l'outil informatique) de manière adaptée - effectuer un calcul simple 	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;">A</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">B</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">C</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">D</td> </tr> </table>	A	B	C	D
A	B	C	D			
Valider	<ul style="list-style-type: none"> - exploiter et interpréter des observations et des mesures - utiliser les symboles et unités adéquats - vérifier les résultats obtenus - valider ou infirmer une information, une hypothèse, une loi ... 	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;">A</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">B</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">C</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">D</td> </tr> </table>	A	B	C	D
A	B	C	D			
Communiquer	<ul style="list-style-type: none"> - utiliser les notions et le vocabulaire scientifique adaptés - présenter, formuler une proposition, une argumentation, une synthèse ou une conclusion de manière cohérente complète et compréhensible. 	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;">A</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">B</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">C</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">D</td> </tr> </table>	A	B	C	D
A	B	C	D			

Pour les plus rapides : A l'aide de la recette, retrouver la valeur de la concentration en ions cuivre II de la bouillie bordelaise !

Document 1 : les solutions colorées

Une substance n'est colorée que si elle absorbe certaines radiations du visible.

Couleur	Violet	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
$\lambda_0(\text{nm})$	400-424	424-491	491-575	575-585	585-647	647-800



Spectre d'absorption de la solution de sulfate de cuivre II

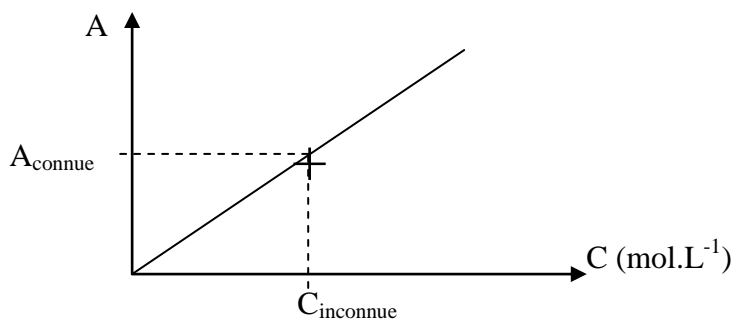
Bilan

L'absorbance, notée A , est une grandeur qui caractérise la capacité d'une solution à absorber la lumière d'une certaine longueur d'onde.

Elle est sans unité et se mesure avec un spectrophotomètre.

Pour des solutions suffisamment diluées en l'espèce chimique qui absorbe à la longueur d'onde choisie, la courbe d'étalonnage $A = f(c)$ est une droite passant par l'origine. L'absorbance est en effet proportionnelle à la concentration, c'est la loi de Beer-Lambert avec A sans unité, c en mol.L^{-1} et k en L. mol^{-1} .

Un dosage par étalonnage, à l'aide de la spectrophotométrie, consiste à déterminer la concentration d'une espèce en solution grâce à une courbe d'étalonnage.



Limites de la technique : une seule espèce qui absorbe, solutions suffisamment diluées

($c < 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$), le spectrophotomètre ne doit pas saturer (absorbance pas trop grande).

Fiche d'aide 1 : Une échelle de teinte

Pour doser par étalonnage les ions Cu^{2+} , on prépare un ensemble de solutions de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$) à partir d'une solution mère S_0 de concentration molaire $C_0 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$. Préparer la solution S_5 à l'aide du matériel de votre choix.

Solutions	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
$[\text{Cu}^{2+}]$ en mol.L^{-1}	0,10	0,080	0,060	0,040	0,020	0,010

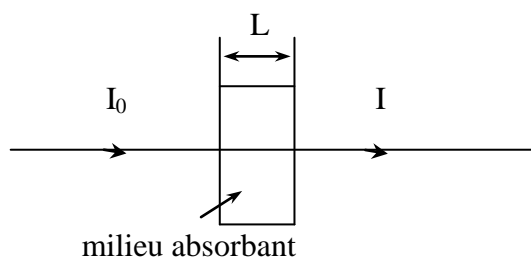
Fiche d'aide 2 : Comment effectuer un dosage par étalonnage ?

1) Principe des mesures spectrophotométriques.

a) Le spectrophotomètre

C'est un appareil qui mesure l'**absorbance** A d'une solution.

Toute solution colorée absorbe la lumière visible. Plus la concentration de l'espèce colorée est grande, plus la couleur est intense, plus l'absorbance est grande.



I_0 : intensité de la lumière incidente

I : intensité de la lumière transmise

$I < I_0$

$$A = \log \frac{I_0}{I} \quad (\text{nbr sans unité})$$

b) Loi de Beer-Lambert

Lorsqu'une solution absorbante est traversée par une lumière monochromatique λ , l'**absorbance** A est **proportionnelle** à la concentration de la solution. Cette relation s'appelle la loi Beer – Lambert.

$$A = k \times c$$

ou

$$A = \epsilon \times l \times c$$

c : concentration molaire de la solution (mol.L^{-1})

l : épaisseur de la cuve (cm)

ϵ : coefficient d'absorption molaire (ou extinction) ($\text{L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$)

ϵ dépend de la substance, mais aussi de λ .

Attention : cette relation n'est vérifiée que si les solutions sont suffisamment diluées.

Fiche d'aide 1 : Une échelle de teinte

Pour doser par étalonnage les ions Cu^{2+} , on prépare un ensemble de solutions de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$) à partir d'une solution mère S_0 de concentration molaire $C_0 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$. Préparer la solution S_5 à l'aide du matériel de votre choix.

Solutions	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
$[\text{Cu}^{2+}]$ en mol.L^{-1}	0,10	0,080	0,060	0,040	0,020	0,010

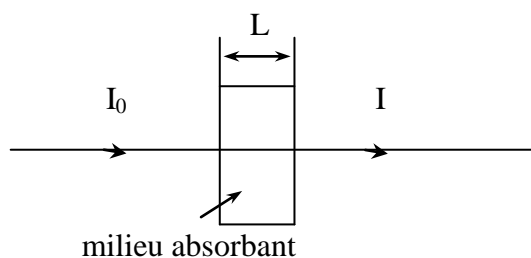
Fiche d'aide 2 : Comment effectuer un dosage par étalonnage ?

2) Principe des mesures spectrophotométriques.

c) Le spectrophotomètre

C'est un appareil qui mesure l'**absorbance** A d'une solution.

Toute solution colorée absorbe la lumière visible. Plus la concentration de l'espèce colorée est grande, plus la couleur est intense, plus l'absorbance est grande.



I_0 : intensité de la lumière incidente

I : intensité de la lumière transmise

$I < I_0$

$$A = \log \frac{I_0}{I} \quad (\text{nbr sans unité})$$

d) Loi de Beer-Lambert

Lorsqu'une solution absorbante est traversée par une lumière monochromatique λ , l'**absorbance** A est **proportionnelle** à la concentration de la solution. Cette relation s'appelle la loi Beer – Lambert.

$$A = k \times c$$

ou

$$A = \epsilon \times l \times c$$

c : concentration molaire de la solution (mol.L^{-1})

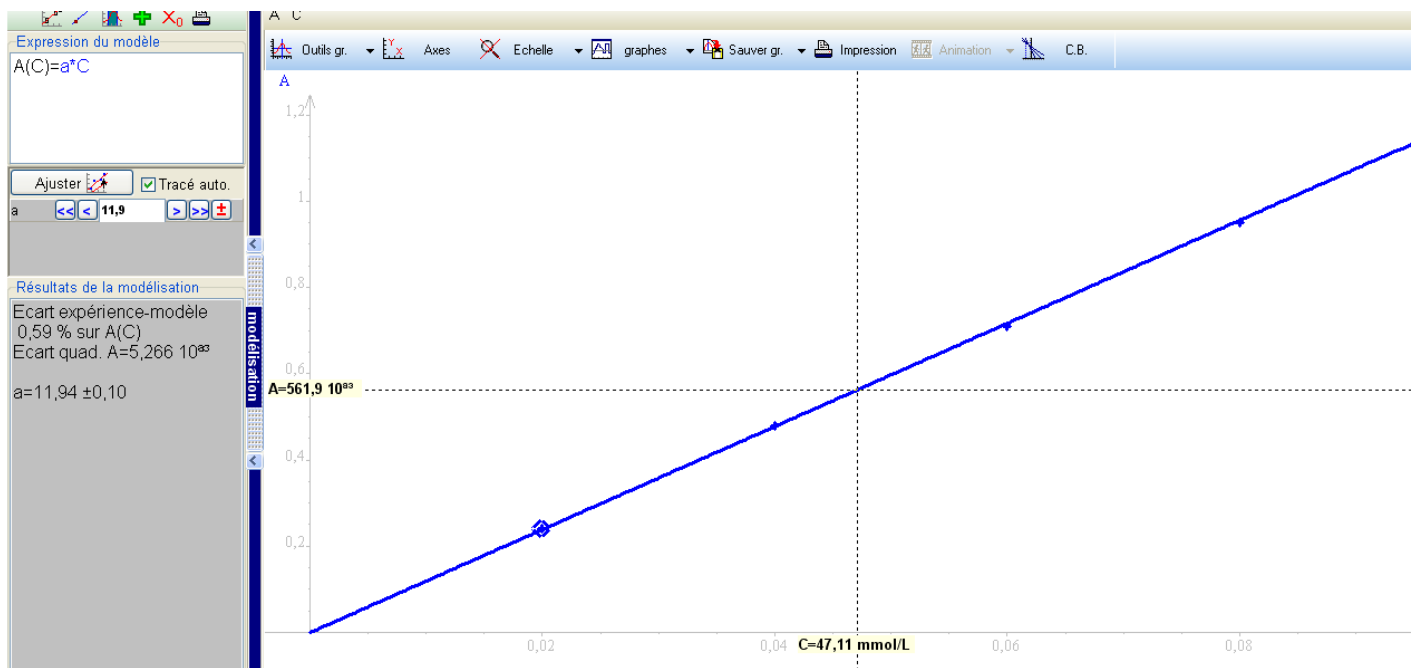
l : épaisseur de la cuve (cm)

ϵ : coefficient d'absorption molaire (ou extinction) ($\text{L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$)

ϵ dépend de la substance, mais aussi de λ .

Attention : cette relation n'est vérifiée que si les solutions sont suffisamment diluées.

Correction agrégée du TP B1 : Comment effectuer un dosage par spectrophotométrie ?



$$c_{CuSO_4} = \frac{20}{100} \times \frac{m_{CuSO_4}}{M_{CuSO_4} \times V_{sol}}$$

$$c_{CuSO_4} = \frac{20}{100} \times \frac{37,5}{159,5 \times 1,0} = 4,7 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

On retrouve bien la valeur attendue aux erreurs expérimentales près.