

S24 – Lampe UV / UV-Visible : spectres et absorbance

Ondes EM – Spectre UV-visible – Absorbance – Loi de Beer-Lambert – Applications cosmétiques

Objectifs


À l'issue de la séance, vous serez capables de :

- **situer** les domaines UV et visible dans le spectre électromagnétique
- **définir** l'absorbance A et la transmittance T
- **énoncer** et **utiliser** la loi de Beer-Lambert : $A = \epsilon \times l \times C$
- **lire** un spectre d'absorption UV-visible (λ_{max} , allure)
- **relier** absorbance et concentration pour un dosage spectrophotométrique
- **interpréter** des résultats de mesure pour conclure sur la conformité

Pourquoi c'est important pour votre métier ?

La spectrophotométrie UV-visible est l'outil de référence en contrôle qualité cosmétique pour :

- **Doser** les actifs (panthenol, acide salicylique, vitamine C...)
- **Vérifier** la concentration des filtres UV (protection solaire SPF)
- **Contrôler** la couleur des produits (rouges à lèvres, fards, vernis)
- **Valider** les claims d'efficacité (preuves instrumentales)

 Si l'absorbance est trop faible → pas assez d'actif → produit non conforme. Si elle est trop forte → surdosage → risque d'irritation. La spectrophotométrie permet de doser avec précision.

Accroche professionnelle

Situation : Vous travaillez au laboratoire CQ d'une marque cosmétique. On vous demande de **vérifier** que le lot de crème solaire SPF 50 contient la bonne concentration de **filtre UVA** (avobenzon).

Problème : On ne peut pas « voir » la concentration d'un filtre UV à l'œil nu. Il faut une mesure physique : la **spectrophotométrie UV-visible**. En mesurant combien de lumière UV est absorbée par l'échantillon, on peut calculer la concentration exacte du filtre.

Question : Comment fonctionne un spectrophotomètre ? Qu'est-ce que l'absorbance ? Comment utiliser la loi de Beer-Lambert pour doser un actif ?

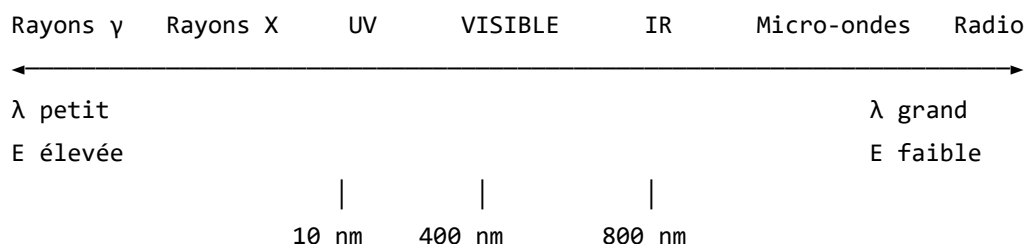


Documents

Document 1 – Le spectre électromagnétique

Les **ondes électromagnétiques** (EM) se propagent dans le vide à la vitesse de la lumière : $c = 3 \times 10^8$ m/s.

Elles sont classées par longueur d'onde λ (ou fréquence f) :



Les domaines UV et visible en détail

Domaine	Longueur d'onde	Caractéristiques	Usage cosmétique
UVC	100 – 280 nm	Très énergétiques, arrêtés par l'ozone	Stérilisation (lampes germicides)
UVB	280 – 320 nm	Responsables des coups de soleil	Protection SPF
UVA	320 – 400 nm	Responsables du vieillissement cutané	Protection PA / UVA
Violet	400 – 450 nm	Lumière visible	LED bleue (anti-acné)
Bleu	450 – 495 nm	Lumière visible	—
Vert	495 – 570 nm	Lumière visible	—

Domaine	Longueur d'onde	Caractéristiques	Usage cosmétique
Jaune	570 – 590 nm	Lumière visible	—
Orange	590 – 620 nm	Lumière visible	—
Rouge	620 – 800 nm	Lumière visible	LED rouge (anti-âge, cicatrisation)
IR	800 nm – 1 mm	Chaleur	Lampes IR institut

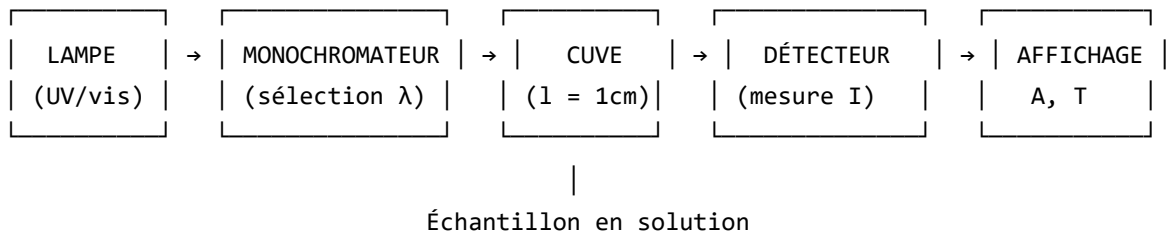
✳ **Rappel S23** : $c = \lambda \times f$. Ici $c = 3 \times 10^8$ m/s (vitesse de la lumière dans le vide).

⚠ **Différence UV / ultrasons** : Les UV sont des ondes **électromagnétiques** (pas besoin de milieu). Les ultrasons sont des ondes **mécaniques** (besoin d'un gel de contact). Ne pas confondre !

Document 2 – Le spectrophotomètre UV-visible

Principe

Un spectrophotomètre mesure la quantité de lumière **absorbée** par un échantillon.



1. La **lampe** émet un faisceau de lumière (UV ou visible)
2. Le **monochromateur** sélectionne une seule longueur d'onde λ
3. Le faisceau traverse la **cuve** contenant l'échantillon en solution
4. Le **détecteur** mesure l'intensité transmise I
5. L'appareil calcule et affiche l'**absorbance A**

Définitions

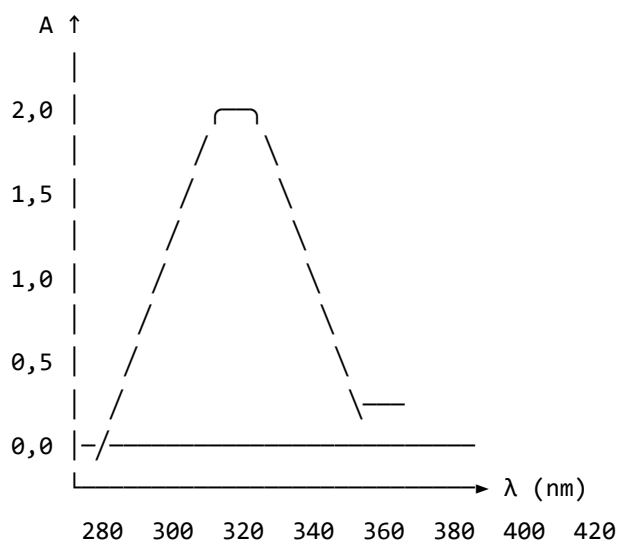
Grandeur	Symbole	Formule	Unité
Transmittance	T	$T = I / I_0$	Sans unité (ou %)

Grandeur	Symbole	Formule	Unité
Absorbance	A	$A = -\log(T)$	Sans unité

- I_0 = intensité incidente (lumière envoyée)
- I = intensité transmise (lumière qui ressort)
- Si l'échantillon absorbe beaucoup : I petit \rightarrow T petit \rightarrow **A grand**
- Si l'échantillon n'absorbe pas : $I \approx I_0 \rightarrow T \approx 1 \rightarrow \mathbf{A \approx 0}$

Document 3 – Spectres d'absorption UV-visible

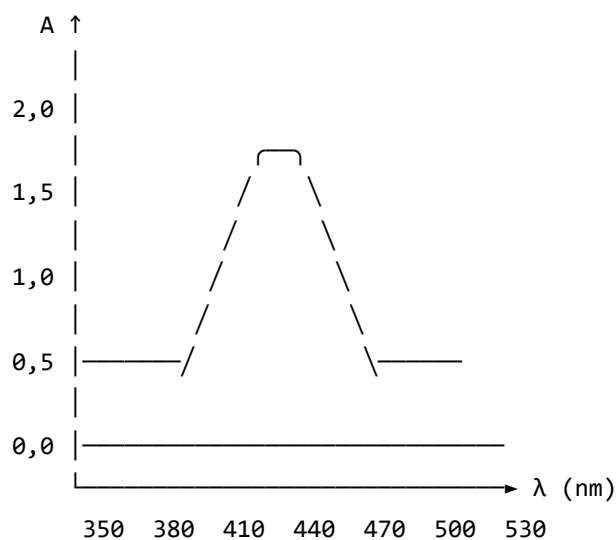
Spectre 1 : Avobenzone (filtre UVA)



$\lambda_{\text{max}} \approx 360 \text{ nm}$ (domaine UVA)

Interprétation : L'avobenzone absorbe fortement les UVA (pic à 360 nm) \rightarrow c'est un **filtre UVA** efficace.

Spectre 2 : β -carotène (colorant orange)



$\lambda_{\text{max}} \approx 450 \text{ nm}$ (domaine visible : bleu-violet)

Interprétation : Le β -carotène absorbe le bleu-violet (450 nm) \rightarrow il apparaît de la couleur complémentaire = **orange**. Utilisé comme colorant alimentaire et cosmétique.

Comment lire un spectre ?

Ce qu'on cherche	Comment le trouver
λ_{max}	Sommet du pic (valeur de λ au maximum d'absorption)
Domaine	UV (< 400 nm) ou visible (400-800 nm)
Usage	UV \rightarrow filtre solaire ; visible \rightarrow colorant

Document 4 – La loi de Beer-Lambert

Énoncé

L'absorbance A d'une solution est **proportionnelle** à la concentration C de l'espèce absorbante :

$$A = \epsilon \times l \times C$$

A : absorbance (sans unité)

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

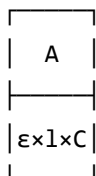
l : longueur de la cuve (cm) – en général $l = 1 \text{ cm}$

C : concentration molaire ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)

Relations dérivées :

$$C = A / (\epsilon \times l) \quad \epsilon = A / (l \times C)$$

Triangle mnémotechnique



Pour trouver A : $A = \epsilon \times l \times C$ (on multiplie le bas)

Pour trouver C : $C = A / (\epsilon \times l)$ (on divise A par le reste)

Pour trouver ϵ : $\epsilon = A / (l \times C)$

Signification physique

Situation	Absorbance	Concentration
Solution très diluée	$A \approx 0$ (transparente)	C très faible
Solution concentrée	A élevée (foncée)	C élevée
Si C double	A double	—

✦ **Analogie du thé :** Plus vous mettez de sachets de thé dans la tasse, plus la couleur est foncée
→ l'absorbance augmente proportionnellement à la concentration.

Conditions de validité

La loi de Beer-Lambert est valable si :

- La solution est **diluée** ($A < 2$)

- La lumière est **monochromatique** (une seule λ)
- La solution est **homogène**
- Il n'y a pas de **réaction chimique** pendant la mesure

Document 5 – Dosage par courbe d'étalonnage

Principe

Pour doser un actif dans un produit cosmétique, on utilise une **courbe d'étalonnage** :

1. On prépare des **solutions étalons** de concentration connue
2. On mesure l'**absorbance** de chaque étalon à λ_{max}
3. On trace la courbe **$A = f(C)$** → droite passant par l'origine
4. On mesure l'absorbance de l'**échantillon inconnu**
5. On lit la concentration par **lecture graphique**

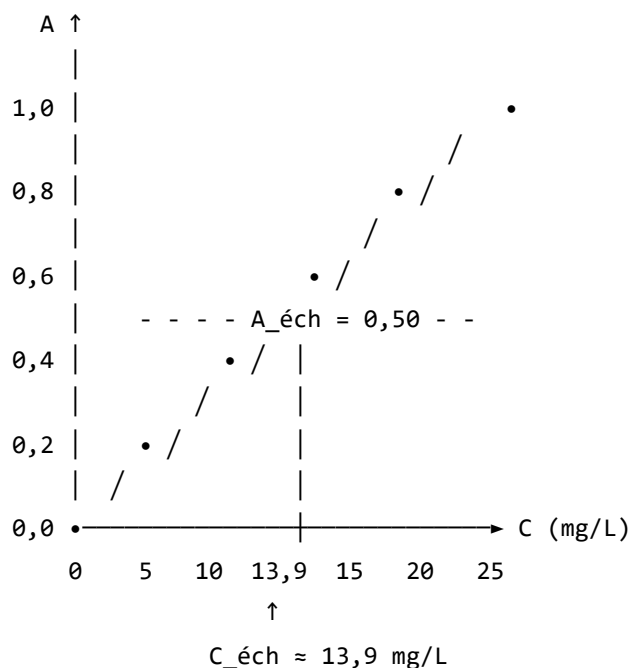
Exemple : dosage de l'acide salicylique

Contexte : On dose l'acide salicylique dans un exfoliant. $\lambda_{\text{max}} = 303 \text{ nm}$.

Solutions étalons :

C (mg/L)	0	5	10	15	20	25
A (à 303 nm)	0	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90

Courbe d'étalonnage :



Cahier des charges : Acide salicylique : 12 à 16 mg/L

Conclusion : $C_{\text{éch}} \approx 13,9$ mg/L. Cette valeur est comprise dans l'intervalle [12 ; 16] mg/L → le produit est **conforme** au cahier des charges.

Document 6 – Rappel : conversions et formules

Grandeur	Formule	Unités
Beer-Lambert	$A = \varepsilon \times l \times C$	A (s.u.), ε ($\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$), l (cm), C ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)
Célérité EM	$c = \lambda \times f$	c (m/s), λ (m), f (Hz)
Concentration massique	$C_m = m / V$	C_m (g/L), m (g), V (L)
Concentration molaire	$C = n / V = C_m / M$	C (mol/L), M (g/mol)



Travail 1 – Le spectre EM et les UV (10 min)



Compétence E2 : Mobiliser

À partir du **Document 1** :

1.1 – Compléter le tableau

Domaine	Bornes de λ	Onde EM ou mécanique ?	Exemple d'usage cosmétique
UV	_____ à _____ nm	_____	_____
Visible	_____ à _____ nm	_____	_____
IR	_____ nm à _____ mm	_____	_____

1.2 – Sous-domaines UV

Complétez :


Sous-domaine	Bornes de λ	Effet principal sur la peau
UVC	_____ à _____ nm	_____
UVB	_____ à _____ nm	_____
UVA	_____ à _____ nm	_____

1.3 – Comparaison S23 / S24

Complétez le tableau comparatif :

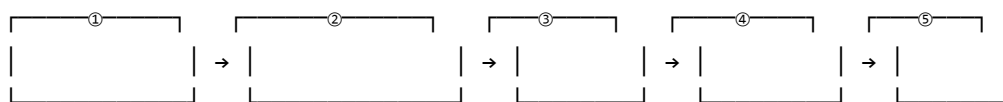
Critère	Ultrasons (S23)	UV / Lumière (S24)
Type d'onde	_____	_____
Besoin d'un milieu ?	_____	_____
Célérité dans le vide	_____	_____
Gel de contact nécessaire ?	_____	_____

Travail 2 – Le spectrophotomètre et les spectres (15 min)

 Compétence E2 : Mobiliser, Analyser

2.1 – Légender le schéma

À partir du **Document 2**, légendez les 5 éléments du spectrophotomètre :



① _____ ② _____ ③ _____

④ _____ ⑤ _____

2.2 – Lire un spectre d'absorption

À partir du **Document 3** :

a) **Spectre de l'avobenzone** : Déterminez λ_{max} et le domaine d'absorption (UV ou visible).

λ_{max} = _____ nm → domaine : _____

b) **Spectre du β -carotène** : Déterminez λ_{max} et la couleur de la molécule.

λ_{max} = _____ nm → domaine : _____

Couleur absorbée : _____ → Couleur observée : _____

c) Pourquoi l'avobenzone est-elle utilisée comme filtre solaire ? (2-3 lignes)



Travail 3 – La loi de Beer-Lambert (15 min)



Compétence E2 : Mobiliser, Analyser, Interpréter

À partir du **Document 4** :

3.1 – Énoncer la loi

Complétez :

L'absorbance A d'une solution est _____ à la concentration C de l'espèce absorbante.

Formule : $A = \text{_____} \times \text{_____} \times \text{_____}$

3.2 – Calcul direct

On mesure l'absorbance d'une solution de panthenol à $\lambda_{\text{max}} = 210 \text{ nm}$ dans une cuve de $l = 1 \text{ cm}$.

Données : $A = 0,85$; $\varepsilon = 170 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$; $l = 1 \text{ cm}$.

Calculez la concentration molaire C du panthenol (méthode D.U.C.I.) :

3.3 – Calcul inverse

On veut préparer une solution de vitamine C (acide ascorbique) telle que $A = 1,00$ à $\lambda = 265 \text{ nm}$.

Données : $\varepsilon = 7\,500 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$; $l = 1 \text{ cm}$.

Calculez la concentration molaire C nécessaire (méthode D.U.C.I.) :

3.4 – Interpréter

On prépare deux solutions de panthenol : la solution A à $C = 0,002 \text{ mol/L}$ et la solution B à $C = 0,004 \text{ mol/L}$.

Sans calcul, que vaut l'absorbance de B par rapport à celle de A ? Justifiez.



Travail 4 – Dosage par courbe d'étalonnage (15 min)

 **Compétence E2 : Analyser, Interpréter, Argumenter**

À partir du **Document 5** :

4.1 – Lecture graphique

L'absorbance mesurée pour l'échantillon d'exfoliant est $A_{\text{éch}} = 0,50$ (à $\lambda = 303 \text{ nm}$).

a) Déterminez la concentration en acide salicylique par lecture graphique sur la courbe du Document 5.

$C_{\text{éch}} = \text{_____}$ mg/L

b) Décrivez la méthode de lecture graphique en 2-3 lignes :

4.2 – Vérification de conformité

Le cahier des charges de l'exfoliant indique : **acide salicylique : 12 à 16 mg/L**.

a) Rappelez l'intervalle de conformité : [_____ ; _____] mg/L

b) Le produit est-il conforme ? Justifiez avec **2 arguments** :

Argument 1 :

.....

Argument 2 :

.....

Conclusion :

4.3 – Réflexion

Pourquoi mesure-t-on toujours l'absorbance à λ_{max} et pas à une autre longueur d'onde ? (2-3 lignes)

Synthèse personnelle

Rédigez une synthèse de **8 à 12 lignes** qui explique le principe de la spectrophotométrie UV-visible, la loi de Beer-Lambert, et son utilisation pour doser un actif cosmétique.

Mots obligatoires à utiliser : spectre électromagnétique, UV, absorbance, Beer-Lambert, concentration, courbe d'étalonnage, λ_{max} , conformité.

Entraînement filé

Situation : Une collègue stagiaire au laboratoire CQ vous demande :

« Pourquoi faut-il mesurer à λ_{max} et pas à n'importe quelle longueur d'onde ? »

Rédigez une réponse professionnelle (4 à 6 lignes).

Auto-évaluation

Je sais...	Pas du tout	Un peu	Plutôt bien	Très bien
Situer UV et visible dans le spectre EM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Je sais...	Pas du tout	Un peu	Plutôt bien	Très bien
Distinguer UVA, UVB, UVC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Définir l'absorbance A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Énoncer la loi de Beer-Lambert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utiliser $A = \varepsilon \times l \times C$ pour un calcul	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lire un spectre UV-vis (trouver λ_{max})	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utiliser une courbe d'étalonnage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conclure sur la conformité d'un dosage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si vous avez coché "Pas du tout" ou "Un peu" :

Notion à retravailler	Action
Spectre EM	Revoir Document 1, mémoriser les bornes UV/visible
Loi de Beer-Lambert	Revoir Document 4, utiliser le triangle mnémotechnique
Courbe d'étalonnage	Revoir Document 5, s'entraîner à la lecture graphique



Outils méthodologiques

→ Fiche méthode 02 – Calculer et interpréter (D.U.C.I.)

→ Fiche méthode 01 – Justifier une réponse scientifique (O.A.C.J.)



Lien avec la suite

← Séance précédente : [S23 – Appareils à ondes : ultrasons](#)

→ Séance suivante : [S25 – TP Spectrophotométrie \(dosage d'un actif\)](#)