

# 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 ( $\lambda_{max}$ , 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** (avobenzène).

**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.

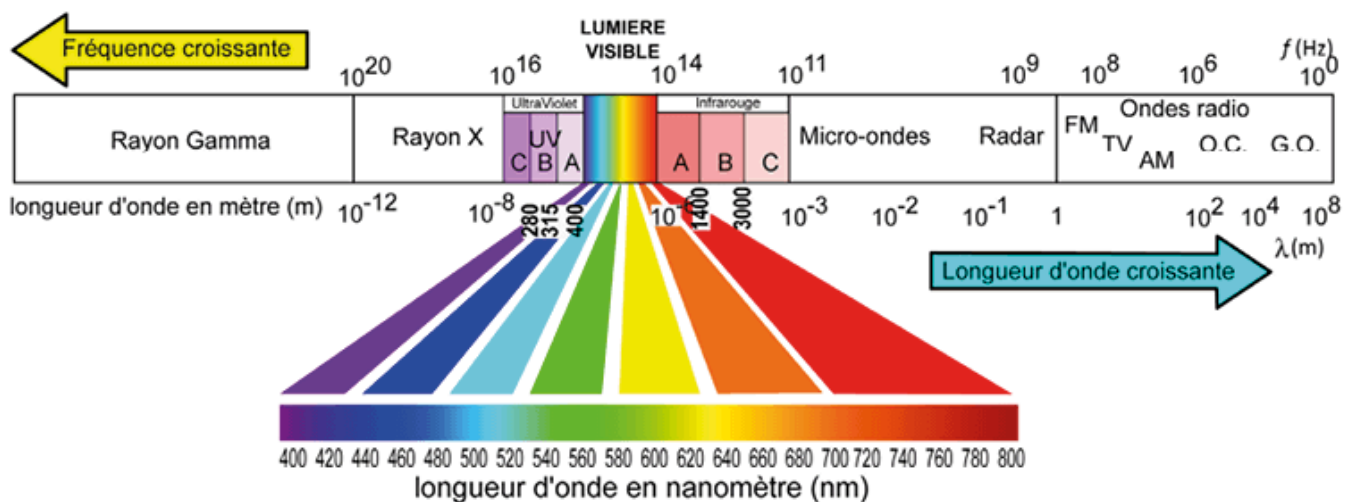
**Question :** Comment fonctionne un spectrophotomètre ? Qu'est-ce que l'absorbance ? Comment utiliser la loi de Beer-Lambert pour doser un actif ?

## 📄 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  $\lambda$  (ou fréquence  $f$ ) :



*Spectre électromagnétique*

## Les domaines UV et visible en détail

Domaine	Longueur d'onde	Caractéristiques	Usage cosmétique
<b>UVC</b>	100 – 280 nm	Très énergétiques, arrêtés par l'ozone	Stérilisation (lampes germicides)
<b>UVB</b>	280 – 320 nm	Responsables des coups de soleil	Protection SPF
<b>UVA</b>	320 – 400 nm	Responsables du vieillissement cutané	Protection PA / UVA
<b>Violet</b>	400 – 450 nm	Lumière visible	LED bleue (anti-acné)
<b>Bleu</b>	450 – 495 nm	Lumière visible	—
<b>Vert</b>	495 – 570 nm	Lumière visible	—
<b>Jaune</b>	570 – 590 nm	Lumière visible	—
<b>Orange</b>	590 – 620 nm	Lumière visible	—
<b>Rouge</b>	620 – 800 nm	Lumière visible	LED rouge (anti-âge, cicatrisation)
<b>IR</b>	800 nm – 1 mm	Chaleur	Lampes IR institut

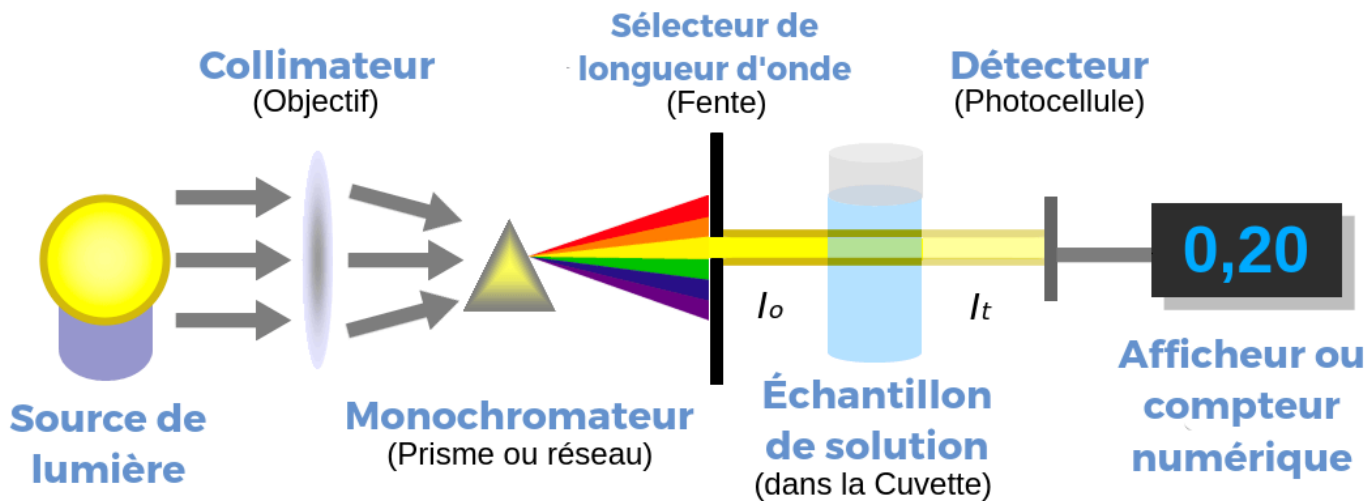
✦ **Rappel S23** :  $c = \lambda \times f$ . Ici  $c = 3 \times 10^8$  m/s (vitesse de la lumière dans le vide).

⚠ **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.



Principe d'un spectrophotomètre

1. La **lampe** émet un faisceau de lumière (UV ou visible)
2. Le **monochromateur** sélectionne une seule longueur d'onde  $\lambda$
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**

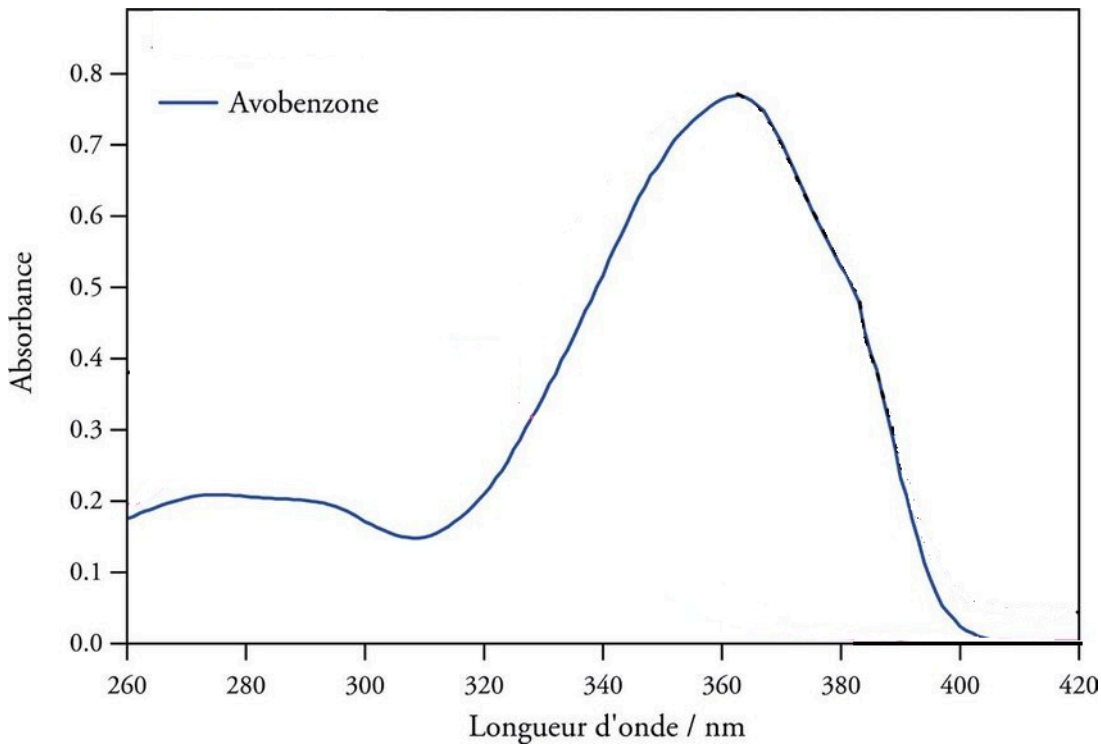
## Définitions

Grandeur	Symbole	Formule	Unité
<b>Transmittance</b>	T	$T = I / I_0$	Sans unité (ou %)
<b>Absorbance</b>	A	$A = -\log_{10}(T) = \log_{10}(I_0/I)$	Sans unité

- $I_0$  = intensité incidente (lumière envoyée)
- $I$  = intensité transmise (lumière qui ressort)
- ⚠ Si **T** est exprimée en %, convertir :  **$T = T(\%) / 100$**  avant d'utiliser  $\log_{10}$ .
- Si l'échantillon absorbe beaucoup :  $I$  petit  $\rightarrow$  T petit  $\rightarrow$  **A grand**
- Si l'échantillon n'absorbe pas :  $I \approx I_0 \rightarrow T \approx 1 \rightarrow$  **A  $\approx$  0**

# Document 3 – Spectres d'absorption UV-visible

## Spectre 1 : Avobenzone (filtre UVA)

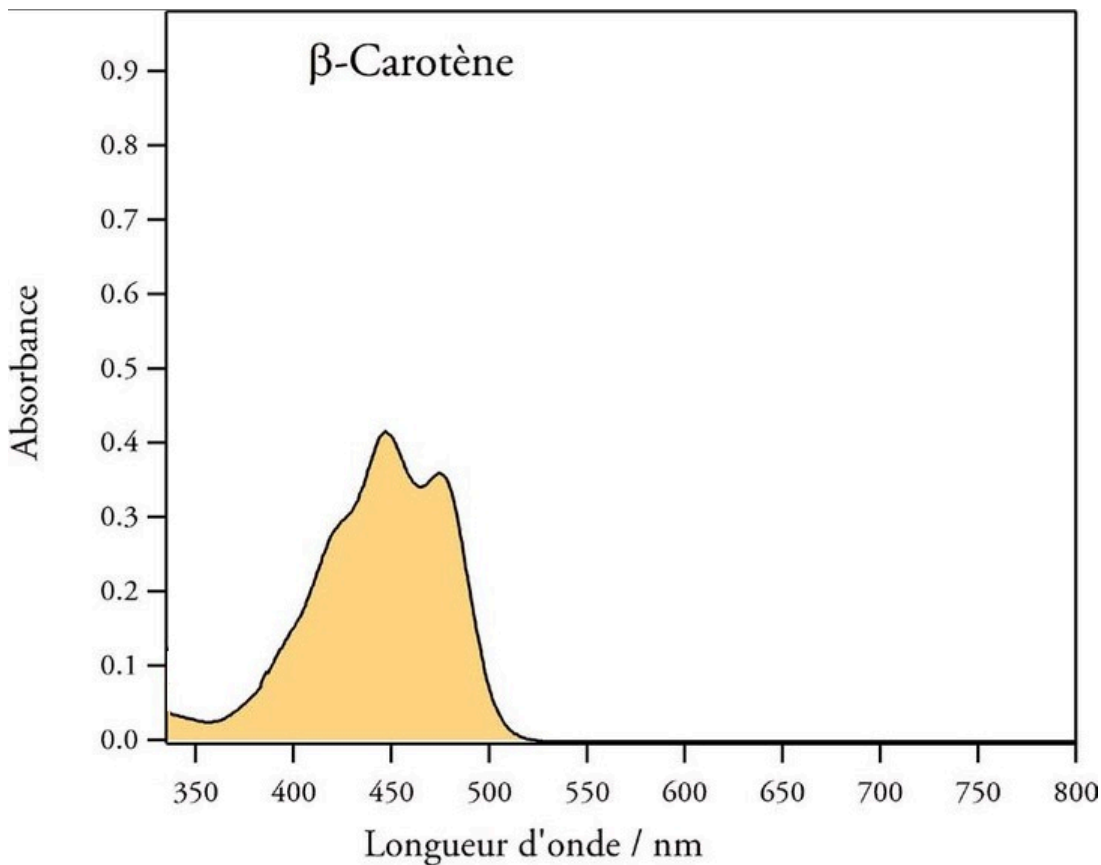


*Spectre de l'Avobenzone*

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

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

## Spectre 2 : $\beta$ -carotène (colorant orange)



*Spectre du  $\beta$ -carotène*

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

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

### Comment lire un spectre ?

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

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

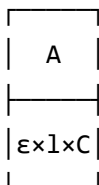
l : longueur de la cuve (cm) – en général  $l = 1 \text{ cm}$

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

## 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  $\lambda$ )
- 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  $\lambda_{max}$
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

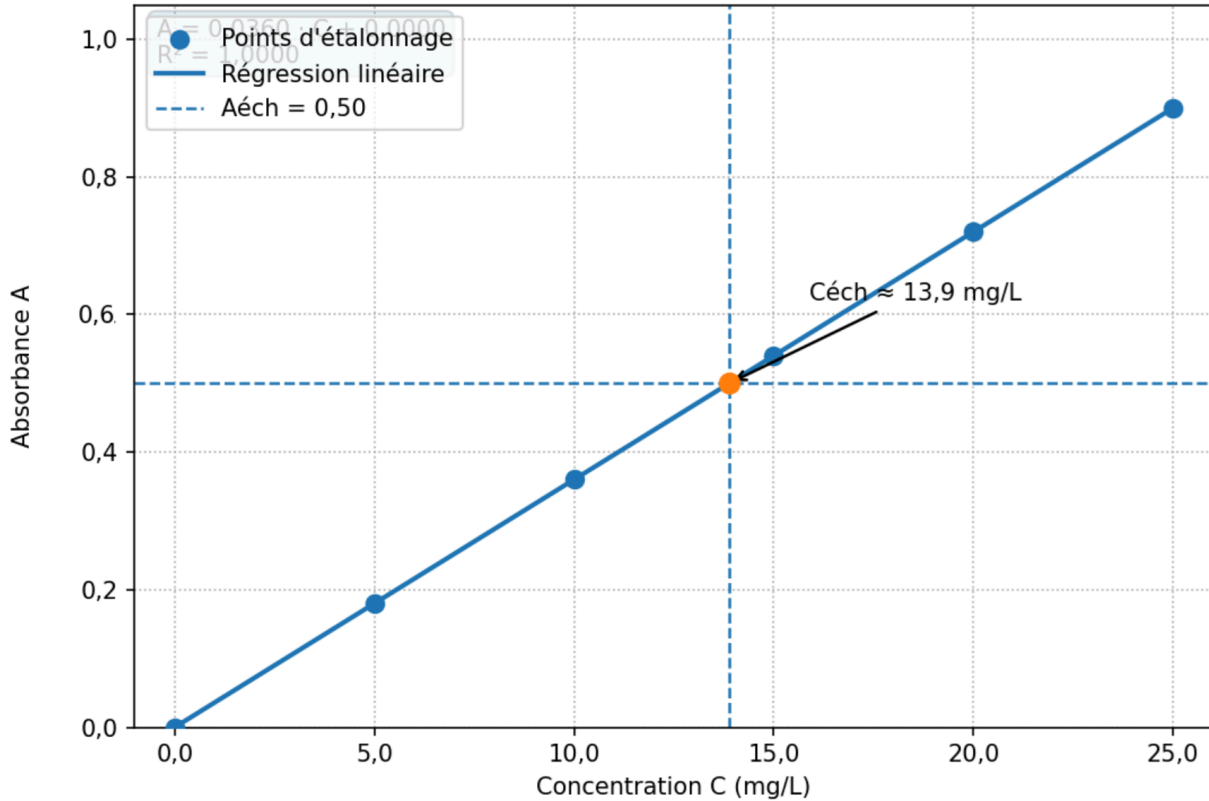
**Contexte** : On dose l'acide salicylique dans un exfoliant.  $\lambda_{max} = 303$  nm.

**Solutions étalons** :

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

**Courbe d'étalonnage** :

Courbe d'étalonnage ( $\lambda = 303 \text{ nm}$ )



Courbe d'étalonnage

👉  $C_{éch} \approx 13,9 \text{ mg/L}$

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

**Conclusion** :  $C_{éch} \approx 13,9 \text{ mg/L}$ . 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.), $\varepsilon$ ( $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ), l (cm), C ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )
Célérité EM	$c = \lambda \times f$	c (m/s), $\lambda$ (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 $\lambda$	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 $\lambda$	Effet principal sur la peau
UVC	_____ à _____ nm	_____
UVB	_____ à _____ nm	_____
UVA	_____ à _____ nm	_____

## 1.3 – Comparaison S23 / S24

Complétez le tableau comparatif :

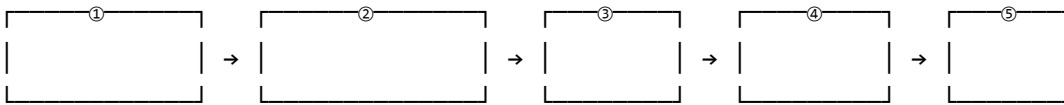
Critère	Ultrasons (S23)	UV / Lumière (S24)
Type d'onde	_____	_____
Besoin d'un milieu ?	_____	_____
Célérité dans le vide	_____	_____
Gel de contact nécessaire ?	_____	_____

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

 Compétence E2 : Mobiliser, Analyser

## 2.1 – Légénder le schéma

À partir du **Document 2**, légénder 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  $\lambda_{max}$  et le domaine d'absorption (UV ou visible).

$\lambda_{max}$  = \_\_\_\_\_ nm → domaine : \_\_\_\_\_

b) **Spectre du  $\beta$ -carotène** : Déterminez  $\lambda_{max}$  et la couleur de la molécule.

$\lambda_{max}$  = \_\_\_\_\_ 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 :  $A =$  \_\_\_\_\_  $\times$  \_\_\_\_\_  $\times$  \_\_\_\_\_

## 3.2 – Calcul direct

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

**Données** :  $A = 0,85$  ;  $\epsilon = 170 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$  ;  $l = 1$  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  $\lambda = 265$  nm.

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

$C_{\text{éch}} = \underline{\hspace{2cm}}$  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  $\lambda_{max}$  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,  $\lambda_{max}$ , conformité.

# Entraînement filé

**Situation :** Une collègue stagiaire au laboratoire CQ vous demande :

« Pourquoi faut-il mesurer à  $\lambda_{max}$  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"/>
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 $\lambda_{max}$ )	<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

Notion à retravailler	Action
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 – Choisir et sécuriser un appareil](#)