

Couleur et quantité de matière

" La matière, c'est ce qui ne dure pas. "

Emmanuel Berl, journaliste, historien et essayiste français du XX^e siècle

Prérequis :

- ✓ La lumière blanche est constitué d'un **spectre coloré** dont une partie peut être absorbée au passage d'un filtre coloré.
- ✓ Une **radiation monochromatique** est caractérisée, dans l'air ou dans le vide, par une **longueur d'onde**.
- ✓ La Chromatographie sur Couche Mince (**CCM**) permet **d'analyser la composition** chimique d'un échantillon.
- ✓ Au cours d'une **transformation** chimique, les **réactifs** disparaissent et les **produits** apparaissent.
- ✓ L'**équation** de réaction rend compte de la **conservation** des éléments chimiques et de la charge électrique lors de la transformation.
- ✓ Les nombres **stœchiométriques** indiquent les **proportions** dans lesquelles les réactifs disparaissent et les produits apparaissent.

Objectifs :

- ✓ Interpréter la couleur d'un mélange obtenu à partir de matières colorées.
- ✓ Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre une extraction, une synthèse, une chromatographie.
- ✓ Savoir doser des solutions colorées par étalonnage.
- ✓ Connaître la loi de Beer-Lambert.
- ✓ Savoir identifier le réactif limitant.
- ✓ Décrire quantitativement l'état final d'un système chimique.
- ✓ Savoir déterminer la couleur d'une solution, suite d'une réaction chimique.
- ✓ Utiliser la notion d'avancement pour décrire l'état final d'un système chimique.

Les applications dans la vie de tous les jours :

- ✓ Les feuilles de certains arbres sont vertes au printemps et en été, puis deviennent jaune orangé à l'automne. La couleur des feuilles est liée à la quantité de deux sortes de chlorophylle qu'elles synthétisent.

I – Pigments et colorants :1) Définitions :

Les **pigments** sont des substances colorées poudreuses dispersées dans un milieu où elles sont **insolubles**. En peinture, ils sont mis en suspension dans un liant liquide.

Exemple : la chlorophylle.

Les **colorants** sont des substances colorées **solubles** dans leur milieu d'emploi.

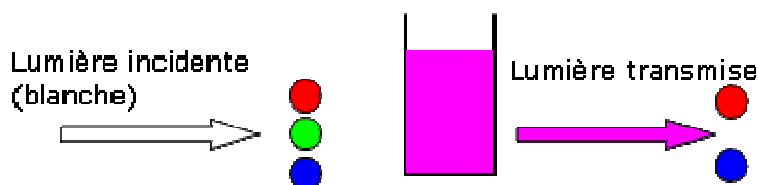
Exemple : l'indigo.

2) Couleur d'une solution :

Une solution colorée se comporte comme un **filtre**. Lorsqu'elle est traversée par une lumière, elle atténue l'intensité de certaines radiations qui sont dites **absorbées**.

La couleur de la solution correspond à la couleur **complémentaire** de la couleur absorbée.

Exemple:



La solution de permanganate de potassium apparaît de couleur magenta car elle absorbe les radiations vertes

II – Absorbance d'une espèce colorée :1) Définitions (rappel de 2°) :

La concentration massique est la masse de soluté dissoute par litre de solution :

$$C_m = \frac{m}{V}$$

- ✓ m est la masse de soluté en grammes.
- ✓ V est le volume total de la solution en L.
- ✓ C_m est la concentration massique de la solution en g.L^{-1} .

La concentration molaire d'une solution est la quantité de matière dissoute par litre de solution.

$$C = \frac{n}{V}$$

- ✓ n est le nombre de moles de soluté en mol.
- ✓ V est le volume total de la solution en L.
- ✓ C est la concentration molaire de la solution en mol.L^{-1} .

Lien entre concentration molaire et concentration massique :

$$C_m = M \times C$$

2) Absorbance d'une solution :

L'absorbance A d'une solution est une grandeur sans unité: elle caractérise l'aptitude des espèces présentes dans la solution à absorber une radiation lumineuse de longueur d'onde donnée.

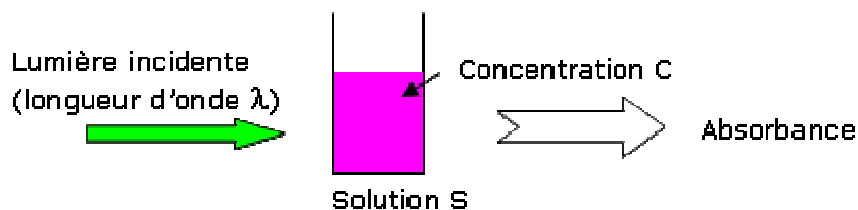


L'absorbance se mesure à l'aide d'un spectrophotomètre.

L'absorbance d'une solution dépend principalement :

- ✓ De la nature de la solution (de l'espèce chimique dissoute).
- ✓ De la concentration de la solution.
- ✓ De la longueur d'onde λ de la lumière traversant la solution.

Exemple :



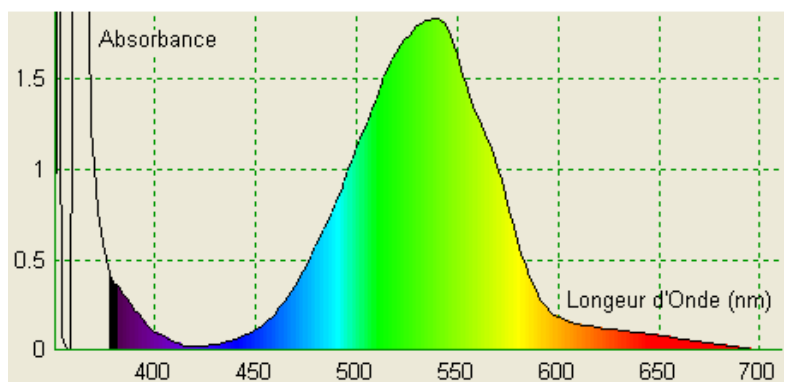
Remarque importante: Si on se place dans le cas de l'exemple précédent, on a intérêt à utiliser une lumière verte (qui sera en grande partie absorbée par la solution) de façon à mesurer une absorbance maximale.

3) Spectre d'absorption :

Le graphe qui représente l'absorbance A d'une solution en fonction de la longueur d'onde λ qui traverse la solution est appelé **spectre d'absorption**.

La longueur d'onde λ_m qui correspond à l'absorbance maximale est la longueur d'onde de la radiation dont la couleur est complémentaire de celle de la solution.

Exemple :



L'absorbance d'une solution de permanganate de potassium est maximale pour une longueur d'onde qui correspond à une radiation dont la couleur (**verte**) est complémentaire de celle de la solution (**magenta**)

4) Loi de Beer-Lambert

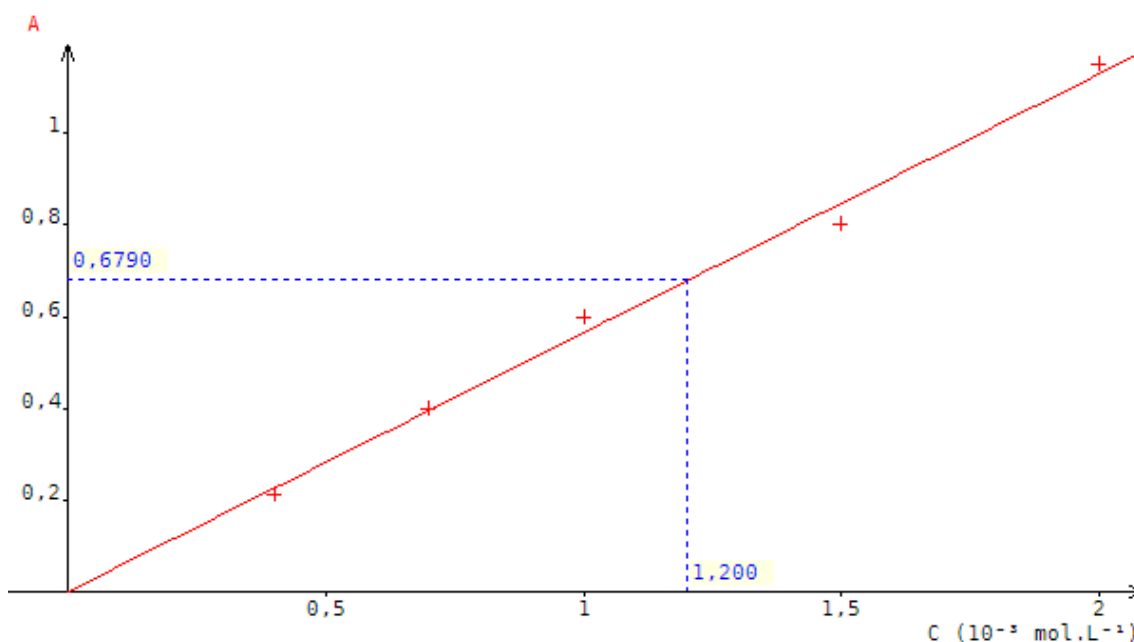
Pour une longueur d'onde donnée, l'absorbance d'une espèce en solution est proportionnelle à sa concentration.

$$A = k \times C$$

- ✓ A est l'absorbance de la solution pour une longueur d'onde λ donnée (sans unité).
- ✓ k est le coefficient de proportionnalité en $L \cdot mol^{-1}$ (dépend de λ et de la largeur de la cuve).
- ✓ C est la concentration molaire de la solution en $mol \cdot L^{-1}$.

5) Dosage spectrophotométrique :

Doser ou titrer une espèce chimique en solution consiste à déterminer la concentration molaire de cette espèce dans la solution.



Droite d'étalonnage : réaliser une droite d'étalonnage consiste à mesurer à l'aide d'un spectrophotomètre les absorbances de solutions colorées de concentration connues. La courbe $A=f(C)$ obtenue est alors modélisée par une droite.

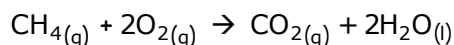
Détermination d'une concentration inconnue : par lecture graphique (ou par calcul), il est possible de déterminer la concentration d'une solution à partir de son absorbance.

III – Tableau d'avancement et bilan de matière :

1) Les nombres stœchiométriques :

Les nombres stœchiométriques indiquent les proportions, en quantité de matière, des réactifs qui disparaissent et des produits qui apparaissent.

Exemple :



Dans l'exemple, une mole de méthane CH_4 réagira avec 2 moles de dioxygène pour donner 1 mole de dioxyde de carbone et 2 moles d'eau.

2) Avancement de la réaction :

L'avancement x est une grandeur qui permet de suivre l'évolution des quantités de matière de réactifs et de produits au cours de la réaction. Il s'exprime en moles.

L'avancement varie de la valeur $x=0$ (système dans l'état initial) à la valeur $x=x_{\max}$ (système dans l'état final).

On peut représenter l'évolution des quantités de matière du système à l'aide d'un tableau d'avancement.

3) Tableau d'avancement :

Etat du système	Avancement (en mol)	Réactifs			→	Produits		
		CH _{4(g)}	+	2O _{2(g)}		CO _{2(g)}	+	2 H ₂ O _(l)
Etat initial	$x = 0$	3,0 mol		3,0 mol		0 mol		0 mol
Etat intermédiaire	x	3,0 - x mol		3,0 - 2 x mol		x mol		2 x mol
Etat final	$x = x_{\max}$	1,5 mol		0 mol		1,5 mol		3,0 mol

4) Avancement maximal :

Lorsque l'avancement est maximal, la transformation n'évolue plus. Au moins un des réactifs (le limitant) a disparu. Dans l'exemple précédent :

- ✓ Si O₂ disparaît : $3 - 2x_{\max} = 0$ donne $x_{\max} = 1,5$ mol.
- ✓ Si CH₄ disparaît : $3 - x_{\max} = 0$ donne $x_{\max} = 3$ mol.

L'avancement maximal est la plus petite des deux valeurs : $x_{\max} = 1,5$ mol. Le réactif limitant est le dioxygène. On peut remplir la dernière ligne du tableau avec $x_{\max} = 1,5$ mol.

5) Avancement maximal :

Etat du système	Avancement (en mol)	Réactifs			→	Produits		
		4Al _(s)	+	3CO _{2(g)}		2Al ₂ CO _{3(s)}	+	C(s)
Etat initial	$x = 0$	0,16 mol		0,12 mol		0 mol		0 mol
Etat intermédiaire	x	0,16 - 4 x mol		0,12 - 3 x mol		2 x mol		x mol
Etat final	$x = x_{\max}$	0 mol		0 mol		0,08 mol		0,004 mol

- ✓ Si Al disparaît : $0,16 - 4x_{\max} = 0$ donne $x_{\max} = 0,040$ mol.
- ✓ Si CO₂ disparaît : $0,12 - 3x_{\max} = 0$ donne $x_{\max} = 0,040$ mol.

L'avancement maximal est $x_{\max} = 0,040$ mol : les deux réactifs sont entièrement consommés. Ils sont dans **les proportions stoechiométriques**.

6) Bilan de matière :

Un **bilan de matière** précise la composition du système chimique dans son état initial et dans son état final. Il est toujours effectué en quantité de matière et s'exprime donc en moles.