

## Chapitre 2

## Matière colorée

(Interaction lumière-matière)

### Introduction : Objets colorés

#### *Pourquoi ce cahier est-il vert et cet autre rouge ?*

La réponse est manifestement à trouver dans l'interaction avec la lumière qui les éclaire (vu que, lorsque l'on éteint la lumière, on ne fait plus de différence... On ne voit plus ni l'un ni l'autre)

Les deux cahiers sont donc éclairés avec (« **reçoivent** ») la même lumière (*blanche, mais dont on sait que...expérience décomposition/recomposition par prisme*) et alors la différence se fait (l'un est vu vert, l'autre rouge).

Il y a donc une interaction différente entre la lumière et la matière qui recouvre chacun des deux cahiers).

Si nous voyons le premier cahier vert, nous pouvons dire que la lumière que nous renvoie le cahier (on dit « **diffuse** ») est (à dominante) verte. Mais alors où est passé le reste de la lumière **incidente** (**émise** par la source) ?

Le reste de la lumière a été **absorbé** lors de la rencontre entre la lumière incidente et la matière constituant la couverture du cahier. Il y a eu **interaction entre la lumière et la matière**.

« **Absorbé** » : il faudra se pencher sur ce que cela signifie...

L'expérience peut être prolongée en éclairant les deux cahiers (ainsi qu'une feuille blanche) avec des lumières incidentes elles-mêmes colorées (verte ou rouge en particulier...)

(Notez vos *observations*)

### **Mettons maintenant tout cela en ordre :**

#### **I- Couleurs émises, reçues, absorbées et vues (synthèses des couleurs)**

Tout objet éclairé par de la lumière blanche reçoit donc tout ce qui compose cette lumière.

##### **1) Obtentions de lumières composées : expériences d'additions de couleurs (TP)**

Expériences au cours desquelles des faisceaux produisant des lumières colorées dites primaires (rouge, vert et bleu) colorées viennent éclairer un écran blanc.

- *Superposer (faire arriver sur la même zone de l'écran) deux faisceaux lumineux de deux couleurs primaires, en réalisant toutes les combinaisons possibles.*

- *Superposer trois faisceaux lumineux de couleurs primaires différentes.*

<b>Faisceaux superposés</b>	<b>Couleur observée sur l'écran</b>
Rouge et bleu	
Rouge et vert	
Vert et bleu	
Rouge, vert et bleu	

Il y a apparition de trois nouvelles couleurs :

Le cyan, le jaune et le magenta sont les couleurs secondaires

- *Superposer un faisceau lumineux de couleur primaire à un faisceau lumineux de couleur secondaire de telle sorte à obtenir de la lumière blanche.*

Couleur primaire du faisceau	Couleur secondaire du faisceau
Rouge	
Vert	
Bleu	

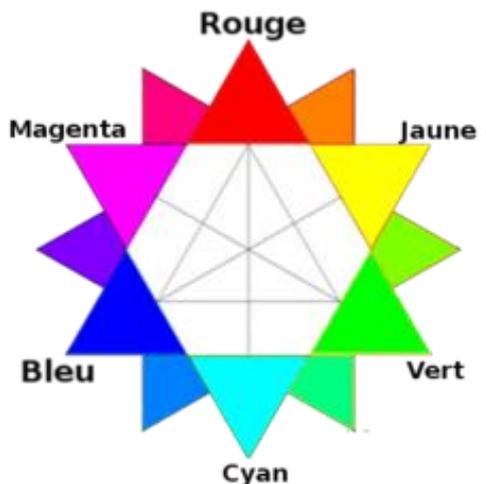
*Expliquer la démarche qui a été mise en œuvre*

### Conclusion : synthèse additive des couleurs

- *La synthèse additive consiste à composer une lumière d'une certaine couleur par superposition de lumières colorées.*
- *En synthèse additive, les trois couleurs primaires de la vision sont le Rouge, le Vert et le Bleu (RVB).*
- *En synthèse additive, le noir correspond à une absence de lumière.*
- *En synthèse additive, les couleurs secondaires de la vision sont le Cyan, le Jaune et le Magenta.*
- *En synthèse additive, deux couleurs sont dites complémentaires lorsque la superposition (ici addition) de leurs lumières donne de la lumière blanche.*

### **Outil : le cercle (ou l'étoile) chromatique (des couleurs)**

Les couleurs complémentaires sont ici à l'opposé les unes des autres.



## 2) Expériences de soustraction de couleurs, absorptions de lumières

### a) Expériences

- *Un faisceau de lumière blanche éclaire un écran après avoir traversé différentes solutions colorées (ou des diapositives colorées).*
- *Allons plus loin : la lumière qui a traversé la solution (ou la diapositive) colorée est dispersée / décomposée afin de détailler sa composition.*
- *La lumière blanche traverse un filtre coloré, puis deux, puis trois. Présentez les différents résultats au dos de la feuille.*

Présentez les observations réalisées et proposez, à chaque fois, une interprétation en considérant les notions de couleurs absorbées ou de couleurs transmises.

### b) Synthèse soustractive des couleurs, présentation

Quand on mélange des pigments, on peut constater que la couleur obtenue devient plus sombre. Les pigments qui se mélangent absorbent donc d'avantage de lumière. On parle alors de **synthèse soustractive**.

**Cette notion de synthèse chromatique soustractive peut être considérée de manière encore plus directe : si un objet est coloré, c'est qu'il ne diffuse (ou transmet si on regarde à travers) pas toute la lumière avec laquelle il a été éclairé (considérant qu'il est éclairé par de la lumière blanche).**

**La lumière que nous renvoie cet objet (par exemple un mélange de pigments) contient moins de radiations que la lumière incidente, certaines ont été absorbées par les molécules de pigments.**

**A la surface de cet objet se réalise une synthèse soustractive des couleurs contenues dans le rayonnement qui l'éclaire.**

**Attention : dans ce nouveau cadre, les raisonnements se font obligatoirement en termes de synthèse soustractive.**

**Ainsi (en synthèse soustractive), on appelle couleur primaire la couleur d'un objet matériel qui absorbe une des couleurs primaires définie précédemment dans le cadre de la synthèse additive (lumières rouge, verte ou bleue transportées par les faisceaux). L'objet considéré diffuse (ou transmet) les couleurs autres que la couleur absorbée. On peut considérer qu'il diffuse les deux autres couleurs primaires (de la synthèse additive).**

*Exemple : un objet est jaune. Cela signifie qu'il nous a renvoyé une lumière jaune, c'est à dire une lumière pouvant être considérée comme l'addition de rouge et de vert. L'objet a donc absorbé la lumière bleue (penser à raisonner à l'aide du cercle ou de l'étoile chromatique).*

**Les lumières absorbées par l'objet n'atteignent pas l'œil de l'observateur. Les lumières non absorbées sont soit transmises (elles passent à travers l'objet pour atteindre l'œil de l'observateur), soit diffusées (et ainsi renvoyées vers l'œil de l'observateur).**

**c) Questions**

- a. *Quelles sont les couleurs primaires en peinture ? Justifier.*
- b. *En synthèse soustractive, en mélangeant deux pigments de couleurs complémentaires, qu'obtient-on ?*
- c. *Donner les couleurs complémentaires des couleurs primaires en peinture.*
- d. *Conclusion : expliquez les termes « absorbée », « diffusée », « transmise » dans le cadre de l'interaction entre un faisceau de lumière et un objet matériel de votre choix. Vous décrirez des exemples d'objets colorés opaques ou translucides éclairés par des lumières blanches ou, pourquoi pas elles-mêmes colorées. Vous pourrez vous aider d'expériences réalisées au cours de séances de TP ou ailleurs (photos acceptées).*

**d) La lumière produite par un écran plat** (exposé AP)

**e) Le daltonisme et autres phénomènes** (exposé AP)  
(différencier couleur perçue et couleur spectrale)

**f) Compléments :**

- couleur d'un mélange de peintures ou, plus récent, l'impression en couleur

Le rôle des encres est de nous donner des sensations colorées en stimulant de façon contrôlée les trois types de cônes de nos yeux : les S sensibles aux lumières bleues, les M intermédiaires, et les L qui captent les lumières rouges. Mais l'encre n'émet pas de lumière ; elle absorbe seulement une partie de la lumière blanche qui l'éclaire, et nous voyons le reste, qu'elle diffuse. Sur le papier, les couleurs « se soustraient »: chaque gouttelette d'encre prélève une partie de la lumière qui lui parvient, selon sa couleur.

**Questions :**

- *Quelle synthèse chromatique est à la base de la technique d'impression en couleur ?*
- *Pour une imprimante quatre couleurs, quelles sont les couleurs des différentes cartouches d'encre ?*
  - *Que se passe-t-il lors de l'impression d'un texte vert ?*
  - *Que se passe-t-il lors de l'impression d'un texte jaune ?*
  - *Que se passe-t-il lors de l'impression d'un texte noir ?*
  - *Que se passe-t-il lors de l'impression d'une image contenant du blanc ?*

*Des pigments colorés sont mélangés en proportions égales. Compléter le tableau ci-dessous. Représenter alors un schéma analogue à celui du paragraphe A.2).*

<b>pigments superposés</b>	<b>Couleur observée</b>
Cyan + jaune	
Magenta + jaune	
Cyan + magenta	
Cyan + magenta+ jaune	

- Couleur d'un objet éclairé par de la lumière elle-même colorée.  
(expériences de début de séance + exemples à commenter)

**Résumé :**

*Le complémentaire du rouge est le cyan*

*Le complémentaire du vert est le magenta*

*Le complémentaire du bleu est le jaune*

*Les couleurs primaires de la synthèse additive : RVB*

*Les couleurs primaires de la synthèse soustractive : CMJ*

*Dans la synthèse additive, une couleur est complémentaire d'une autre si le mélange des deux donne du blanc.*

*Dans la synthèse soustractive, une couleur est complémentaire d'une autre si le mélange des deux donne du noir.*

*L'addition successive des trois couleurs primaires (synthèse additive) produit un faisceau de lumière blanche.*

*L'absorption successive des trois couleurs primaires (synthèse soustractive) à partir d'une source unique de lumière blanche donne du noir.*

## II Utilisation de l'absorption de la lumière pour la réalisation de mesures (dosages spectrophotométriques, loi de Beer-Lambert)

### 1) Présentation

Nous venons de constater que lorsqu'un rayonnement lumineux tombe sur un objet, une partie des radiations peut être absorbée (l'autre étant transmise dans le cas d'un objet transparent, ou diffusée dans le cas d'un objet opaque)

Il est maintenant envisagé de considérer des solutions, de mesurer l'intensité lumineuse transmise à la sortie de la solution, ainsi que l'intensité de la radiation incidente.

En comparant les deux valeurs, on doit pouvoir en déduire la quantité d'énergie lumineuse absorbée par la matière.

Les questions que se pose alors le chimiste sont alors :

- "Comment interpréter cette absorption de lumière ? Puis-je en tirer des informations sur la nature des molécules éclairées ?
- "Quels sont les paramètres qui interviennent dans l'absorption d'énergie lumineuse ?

La quantité de molécules présentes (ou la concentration) a sûrement une influence (plus ça absorbe plus il y a de matière, c'est évident), pourquoi n'utiliserais-je pas ce phénomène pour doser (déterminer des quantités de matière) des espèces responsables de l'absorption de lumière ?

On ne s'intéressera aujourd'hui qu'à la deuxième question, mais après avoir abordé un dernier point : nous savons que la lumière visible appelée lumière blanche est en fait constituée d'une infinité de radiations de longueurs d'onde allant d'environ 400 nm à 800 nm correspondant à l'ensemble des couleurs du spectre visible.

Nous avons maintenant compris :

- qu'une espèce est vue blanche ou incolore lorsqu'elle n'absorbe aucun rayonnement du domaine visible ;
- qu'une espèce est vue noire lorsqu'elle absorbe toute les radiations du domaine visible ;
- qu'une espèce est vue colorée lorsqu'elle absorbe seulement une partie des radiations du spectre de la lumière blanche.

**Si notre objectif final est d'utiliser l'absorption de la lumière visible par la matière pour mesurer les concentrations d'espèces chimiques, nous devons disposer d'espèces colorées et si possible travailler dans le domaine du spectre où se produit l'absorption caractéristique des molécules qui nous intéressent.**

### 2) L'absorbance

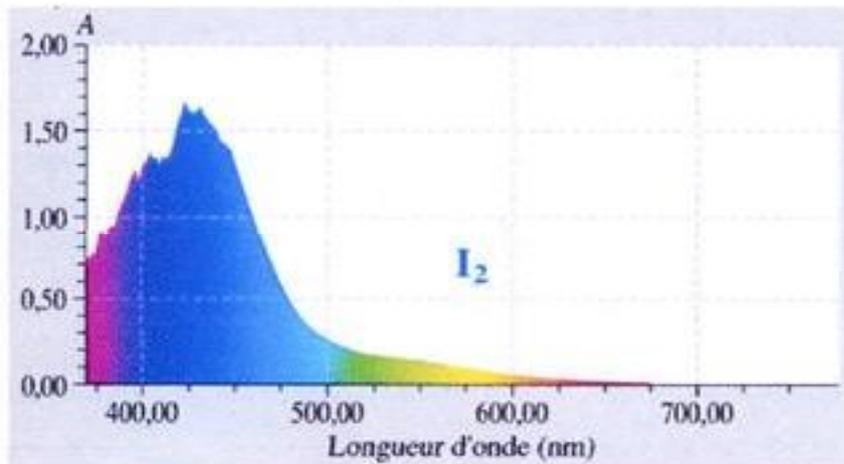
Des appareils sont disponibles et nous permettent de mesurer une grandeur appelée absorbance, dont le symbole est  $A$  et qui est sans unité. Cette grandeur est une traduction de la comparaison entre lumière transmise et lumière incidente (à longueur d'onde donnée)

### 3) Spectres d'absorption

Nous pouvons demander à notre spectrophotomètre (mesureur de lumière à longueur d'onde choisie) de mesurer l'absorbance d'une solution à différentes longueurs d'onde et de nous présenter les résultats sous la forme d'un graphe abscisse-ordonnée  $A = f(\lambda)$ .

Si une solution est colorée, c'est qu'elle contient des espèces qui absorbent une partie des radiations de la lumière visible. La lumière transmise n'est donc plus de la lumière blanche complète et nous apparaît donc colorée.

Si l'on regarde quelques spectres d'absorption :



Les solutions de  $I_{2(aq)}$  sont jaunes (lumière transmise) elles absorbent donc plutôt la lumière dans un domaine dit complémentaire : dans le bleu...

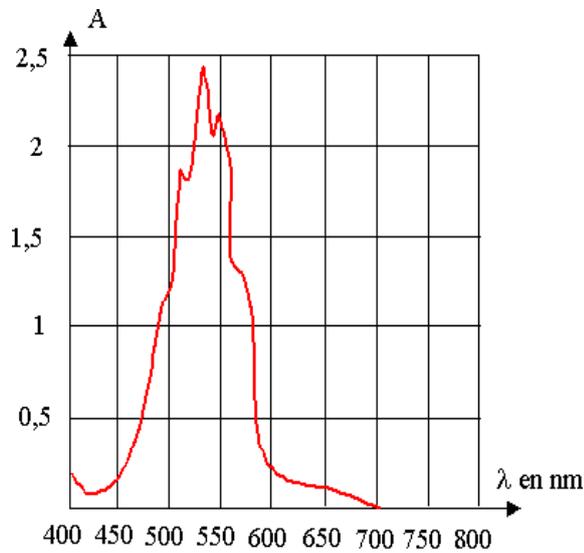


Figure 1

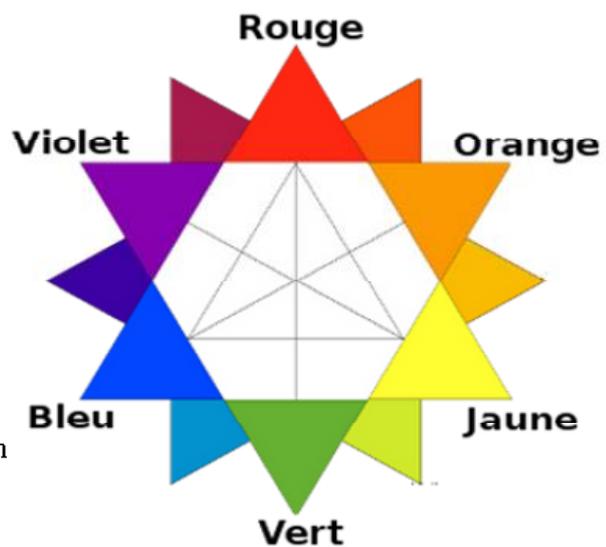


figure 2

**Figure 1** : l'ion permanganate  $MnO_4^-(aq)$  est mauve, on note qu'une solution de permanganate absorbe la lumière dans le milieu du spectre visible (entre le vert et le orange...) mais transmet les lumières rouges d'une part et bleu violet d'autre part.

**Figure 2** : Avec l'étoile d'Oswald (ou cercle chromatique), on peut associer rapidement couleurs dominante d'une solution (notée (1) ) et domaine de couleur des radiations absorbées par cette solution (noté (2) )

C'est très simple : les domaines (1) et (2) sont face à face dans l'étoile.

Par exemple, si une solution est rouge, c'est qu'elle absorbe fortement dans le vert...

#### 4) Loi de Beer-Lambert

##### a) Mesures (TP)

Une solution de permanganate de potassium de concentration inconnue  $c_i$  est présentée, il s'agit d'un désinfectant courant, le Dakin. Cette solution est rose et les ions responsables de cette couleur sont les ions permanganate  $\text{MnO}_4^-$  à la concentration  $c_i$ .

L'objectif est de doser le permanganate dans le Dakin, c'est-à-dire de déterminer  $c_i$ .

Nous allons procéder par étalonnage, c'est-à-dire par comparaison avec des solutions de  $\text{MnO}_4^-$  de concentrations connues.

La grandeur mesurée permettant la comparaison sera l'absorbance de la lumière absorbée par l'ion  $\text{MnO}_4^-$ , c'est-à-dire l'absorbance à  $\lambda = 530 \text{ nm}$  (il faut que l'on soit certain qu'à la longueur d'onde choisie, seuls les ions  $\text{MnO}_4^-$  sont responsables d'absorption de lumière).

Nous allons mesurer, toujours dans les mêmes conditions (même cuve, même longueur d'onde de travail) les absorbances de différentes solutions de  $\text{MnO}_4^-$  de concentrations connues et consigner les résultats sous la forme d'une courbe (courbe d'étalonnage)  $A = f(c)$ .

Ensuite nous pourrons utiliser cette courbe (en principe il s'agira d'une droite) afin de déterminer la concentration inconnue  $c_i$  des ions  $\text{MnO}_4^-$  dans le Dakin (comment ? A vous de voir).

Les solutions de concentrations connues sont-elles disponibles ? Il n'y en a qu'une, la solution mère, de concentration  $c_0$ .

Les autres (les solutions filles) seront obtenues par des opérations de dilution.

Il vous est demandé de réaliser à partir de la solution mère et du matériel mis à votre disposition (pipettes et fioles jaugées) des solutions de concentrations :

$$c_1 = 0,5 \times c_0, c_2 = 0,4 \times c_0, c_3 = 0,2 \times c_0 \text{ et } c_4 = 0,1 \times c_0.$$

Ensuite, vous mesurerez les absorbances de ces solutions (à 530 nm) et vous pourrez exploiter vos résultats.

Questions pour le compte-rendu :

1. Décrivez en détail au moins une opération de dilution réalisée afin d'obtenir une des solutions filles.
2. Quel type de relation entre A et c est mis en évidence par la courbe d'étalonnage obtenue ? Présenter une version numérique de cette relation.
3. Utilisez la courbe d'étalonnage pour déterminer  $c_i$ .

b) La loi de Beer-Lambert

$$A = \epsilon \cdot l \cdot c$$

A est sans unité

l : longueur de solution traversée par la lumière (cm)

c : concentration de l'espèce responsable de l'absorption de la lumière (mol.L<sup>-1</sup>)

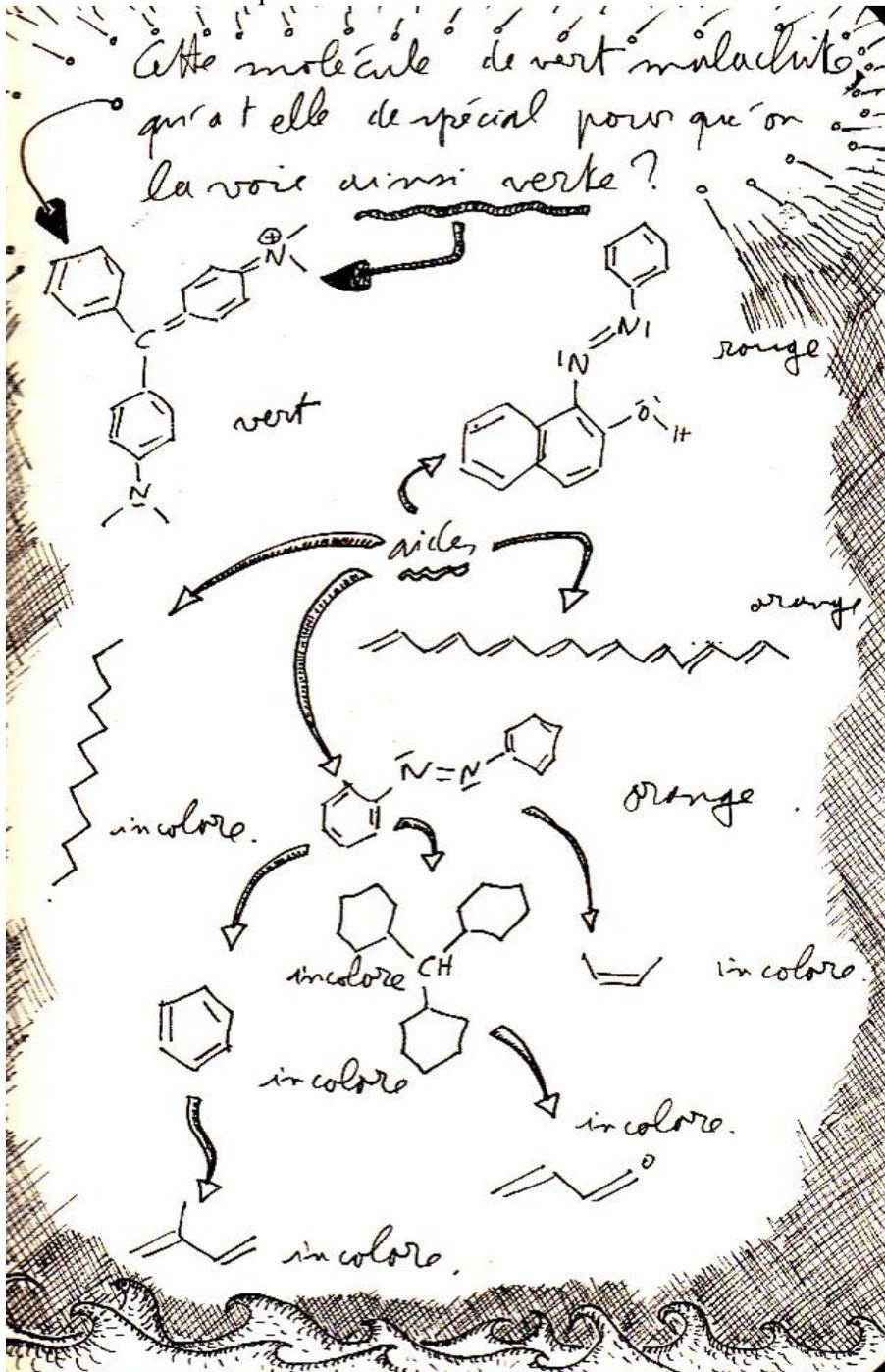
$\epsilon$  : coefficient d'absorption molaire, rend compte de l'intensité de l'absorption.

$\epsilon$  dépend de la longueur d'onde de la radiation incidente à laquelle on choisit de mesurer A,  
mais aussi de la nature de la molécule responsable de l'absorption de la lumière.

Unité de  $\epsilon$  : L.mol<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup>.

### III - Molécules organiques colorées

- 1) TP : synthèse du vert malachite (voir document correspondant)
- 2) Une particularité structurale ?
  - a. Rappel : molécules organiques
  - b. Rappel : formules topologiques
  - c. Pourquoi la molécule est-elle verte ?



- d. Au moins 7 doubles liaisons conjuguées successives (7 doublets  $\pi$  si nous voulons être plus rigoureux et plus généraux)
  - e. Autres exemples
- 3) TP : extraction d'un pigment naturel

## **IV – Interaction Lumière – Matière : première discussion un peu plus approfondie**

*Que se passe-t-il au niveau microscopique  
pour que nous puissions voir un cahier rouge et l'autre vert ?*

### **1) Introduction**

Nous considérons l'interaction en termes d'échanges d'énergie : l'énergie que transporte la lumière se transfère à la matière.

Plus précisément et très probable : Si un rayonnement est absorbé, cela signifie que l'énergie qu'il apporte est transférée dans la matière, c'est-à-dire que les électrons des atomes ou molécules utilisent cette énergie (d'où le terme « transfert ») et que cela modifie leur état (leur état toujours du point de vue énergétique)

Un exemple immédiat de changement d'état : l'énergie est suffisante pour arracher un électron à l'atome et former un ion.

Mais ce n'est pas ce qui nous intéresse !

Un objet coloré n'est pas constitué de molécules en permanence en train de se briser, de perdre des électrons, etc. lorsqu'il est simplement éclairé. Si c'était le cas, ces molécules seraient transformées rapidement et nous formerions de nouvelles structures chimiques, notre objet se transformerait, se dégraderait probablement (nous ne disons pas que ce phénomène n'existe pas, mais ce n'est pas notre sujet d'études aujourd'hui)

Nous avons juste affaire à des molécules colorées parce qu'elles absorbent une partie des rayonnements visibles qu'elles reçoivent, mais qui gardent leur structure moléculaire.

L'énergie absorbée est manifestement insuffisante pour ioniser, pour casser des liaisons, alors comment est-elle utilisée ??

Peut-être faut-il commencer par définir clairement l'énergie transportée par un rayonnement lumineux.

### **2) L'énergie lumineuse**

#### **Une expérience historique : obtention d'un effet photoélectrique**

Il s'agissait tout simplement d'éclairer de la matière avec une lumière dont on pouvait modifier les propriétés : sa longueur d'onde (ce qui revient à modifier sa fréquence) et sa puissance. L'objectif était d'ioniser les atomes, c'est-à-dire de leur arracher un électron qui était détecté sous la forme d'un courant électrique (d'où l'intitulé de l'expérience – effet photoélectrique – qui consiste à obtenir un courant électrique à partir de lumière)

Les résultats sont présentés sous la forme d'une petite animation Java

#### **L'expérience et les idées que l'on s'en fait à l'avance**

On envoie un rayonnement lumineux sur de la matière en considérant qu'à partir d'une certaine valeur d'énergie apportée, il y en aura suffisamment pour arracher les électrons les plus externes à l'attraction de leur noyau.

On voit les choses de la façon suivante : Il y aura probablement une énergie « seuil » et si on apporte plus, on communiquera une énergie cinétique  $E_c$  supplémentaire de plus en plus grande à l'électron arraché. C'est d'ailleurs cette énergie cinétique des électrons éjectés qui est mesurable.

Soit :  $E_{\text{apportée}} = E_{\text{lum}} = E_c + E_{\text{seuil}}$

### Le résultat

L'  $E_c$  (mesurable) est indépendante de l'intensité  $I$  du rayonnement E.M. envoyé, mais qu'elle est fonction affine de la fréquence  $\nu$  de ce rayonnement :

$$E_c = a \times \nu - b$$

On comprend que  $b$  c'est  $E_{\text{seuil}}$ .

On mesure pour  $a$  une valeur constante, notée  $h$ .

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  S.I. (constante de Planck)

$$\text{Soit } E_c + E_{\text{seuil}} = h\nu$$

Si  $I$  augmente, le nombre d'électrons éjectés augmente, mais pas leur  $E_c$ .

### Donc ?

L'énergie lumineuse reçue et utilisée par un électron est fortement dépendante de la fréquence du rayonnement envoyé sur la matière.

### Mieux :

*L'énergie de tout rayonnement électromagnétique (la lumière est un cas particulier de rayonnement électromagnétique) de fréquence  $\nu$  est transportée par paquets d'énergie de valeur  $h\nu$ . (Max Planck, 1900)*

*L'énergie des rayonnements E.M. est donc quantifiée, c'est-à-dire qu'elle ne peut pas prendre n'importe quelles valeurs.*

Si l'on diminue l'intensité du rayonnement, on véhicule moins de paquets d'énergie  $h\nu$ , mais on apportera toujours aux électrons des valeurs d'énergie toutes égales à  $h\nu$ .

Si l'on éclaire de la matière avec ce rayonnement, on n'apporte jamais autre chose que des paquets (quanta) d'énergie de valeur  $h\nu$ . L'énergie qui a permis d'arracher un électron c'est  $W$  et elle vaut  $h\nu$ . (Evidemment, on constate qu'elle n'est pas la même selon la nature de l'atome et le type d'électron. Pour l'électron unique de l'atome d'H, elle vaut 13,6 eV)

Si maintenant on fixe  $\nu$  et que l'on éclaire plusieurs matériaux différents, il y aura forcément des électrons qui auront, par exemple, besoin de plus d'énergie que cette valeur  $h\nu$  apportée... eh bien ils ne seront pas arrachés et le rayonnement passera sans que son énergie soit absorbée.

Mais alors ? L'énergie des électrons d'un atome est aussi quantifiée ?

### Remarque : le photon

Einstein a tenu à associer un objet transporteur du quantum d'énergie  $h\nu$ . Il n'est pas matériel mais il est considéré comme une entité élémentaire : terminaison « on ».

Il est présent, dans tout rayonnement E.M et en particulier dans le plus célèbre, la lumière.

Il est le grain d'énergie lumineuse.

Il est le photon.

### 3) Alors les objets colorés ? (et la matière en général)

Ils absorbent certains photons et pas d'autres...

Ils absorbent certaines valeurs d'énergie et pas d'autres...

Les états d'énergie des électrons des atomes ou molécules de ces objets (et de tous les autres...) ne peuvent donc pas correspondre à n'importe quelle valeur.

*(A titre de comparaison, on peut considérer qu'un train qui accélère sur une voie horizontale voit son énergie mécanique passer par toutes les valeurs possibles entre 0 J et  $E_c$  finale)*

L'énergie des électrons d'un atome (ou d'un ion ou d'une molécule) est quantifiée.

Exemple de l'atome d'H : l'énergie de l'électron de cet atome ne peut pas prendre n'importe quelle valeur entre :

- 0 eV, correspondant à l'état de référence choisi comme origine des valeurs d'énergie : l'électron immobile mais arraché à l'influence de son noyau, suffisamment éloigné de celui-ci)
- et - 13,6 eV (électron de l'atome d'hydrogène dans son état le plus stable)
- 

Les valeurs possibles d'énergies pour cet électron sont : -13,6 eV, - 3,4 eV, -1,51 eV, -0,85 eV, - 0,54 eV, etc...

Mais, par exemple, -10 eV ce n'est pas possible !

*Un chapitre à part, décrivant la matière (les états d'énergies des électrons de la matière) est nécessaire pour en présenter une description selon un modèle quantique (dont on ne présentera que les aspects les plus simples).*

## Annexe au chapitre 2 : formules développées de Lewis, géométrie des molécules.

### Introduction

C'est au cours du chapitre 2 qu'en utilisant les formules développées topologiques nous avons pu décrire les caractéristiques d'une molécule organique colorée (présence d'au moins 7 doublets d'électrons externes  $\pi$  en positions conjuguées).

Nous allons ici rappeler l'origine de la représentation des molécules à l'aide de formules de Lewis, ce qui nous permettra entre autre de justifier la géométrie des molécules, ce qui n'a pas été fait lors de la discussion sur le caractère coloré ou non des molécules (après tout, nous n'avons pas expliqué pourquoi nous représentons les chaînes d'atomes de carbone en zigzag...).

### I - La liaison covalente

- 1) Stabilité des structures à l'échelle de la chimie (atomes, molécules et ions)
  - a) Rappel 1 : répartitions des électrons d'un atome, électrons de cœur, électrons externes ou de valence.
  - b) Rappel 2 : règles de stabilité à l'échelle de la chimie (règle de l'octet, règle du duet).
- 2) Partage d'électrons externes, obtention de molécules stables
  - a) Obtention des électrons manquant par mise en commun et réalisation d'une liaison covalente (le mot « covalence » sera expliqué).
  - b) Exemples de molécules stables
- 3) Formules développées de Lewis
  - a) On ne représente que les électrons externes.
  - b) On les présente par doublets, chacun d'entre eux étant modélisé par un trait, un petit segment.
  - c) Exemples

### II - Les molécules dans l'espace (séance à l'aide de modèles moléculaires)

Les nuages d'électrons se repoussant, quelle est la géométrie des molécules ?

- 1) Chaînes d'atomes simplement liés
  - a) Recouvrement axial entre nuages électroniques : liberté de rotation des groupes les uns par rapport aux autres.
  - b) Stéréoisomères de conformation (on passe de l'un à l'autre sans casser de liaison).
    - i. Rappel : notion d'isomérisation
    - ii. Stéréoisomérisation
  - c) 4 doublets séparés autour d'un atome = géométrie tétraédrique.
  - d) Premières discussions, premiers exemples, essais de représentation.
  - e) Pourquoi la forme zigzag est-elle la plus favorable pour une chaîne de plus de 4 atomes ?
  - f) Pourquoi les cycles les plus courants sont-ils des cycles à 6 atomes (de tailles similaires) ?
  - g) Transition vitreuse d'une matière plastique

2) Stéréoisomérisation Z/E

- a) La double liaison entre deux atomes oblige à un recouvrement transversal !
- b) La libre rotation des groupes autour de l'axe d'une double liaison est bloquée !!
- c) Stéréoisomérisation causée par l'existence d'une double liaison C=C (construction de 2 stéréoisomères du but-2-ène)
- d) La nomenclature Z/E
- e) Deux stéréoisomères Z/E sont des stéréoisomères de configuration, ce qui signifie la plupart du temps (en simplifiant) qu'il faut casser au moins une liaison covalente pour transformer l'un en l'autre.
- f) Expliquer en quoi va consister « l'isomérisation photochimique de l'azobenzène » (l'isomérisation Z/E est présente dans l'azobenzène à cause du doublet non liant présent sur chaque atome d'azote).
- g) Expliquer pourquoi la molécule de benzène est plane (tous les atomes de la molécule sont dans un même plan de l'espace)
- h)