

## CHIMIE DES COULEURS QUAND L'INFINIMENT PETIT NOUS ECLAIRE...

BAUDUIN Sophie, DELVILLE Alix, JANSSIS Julie, LOODTS Vanessa  
BA3 Chimie

### PRINCIPES THEORIQUES

#### 1. Qu'est-ce que la lumière?

La lumière est définie par sa double nature : **ondulatoire** et **corpusculaire**.

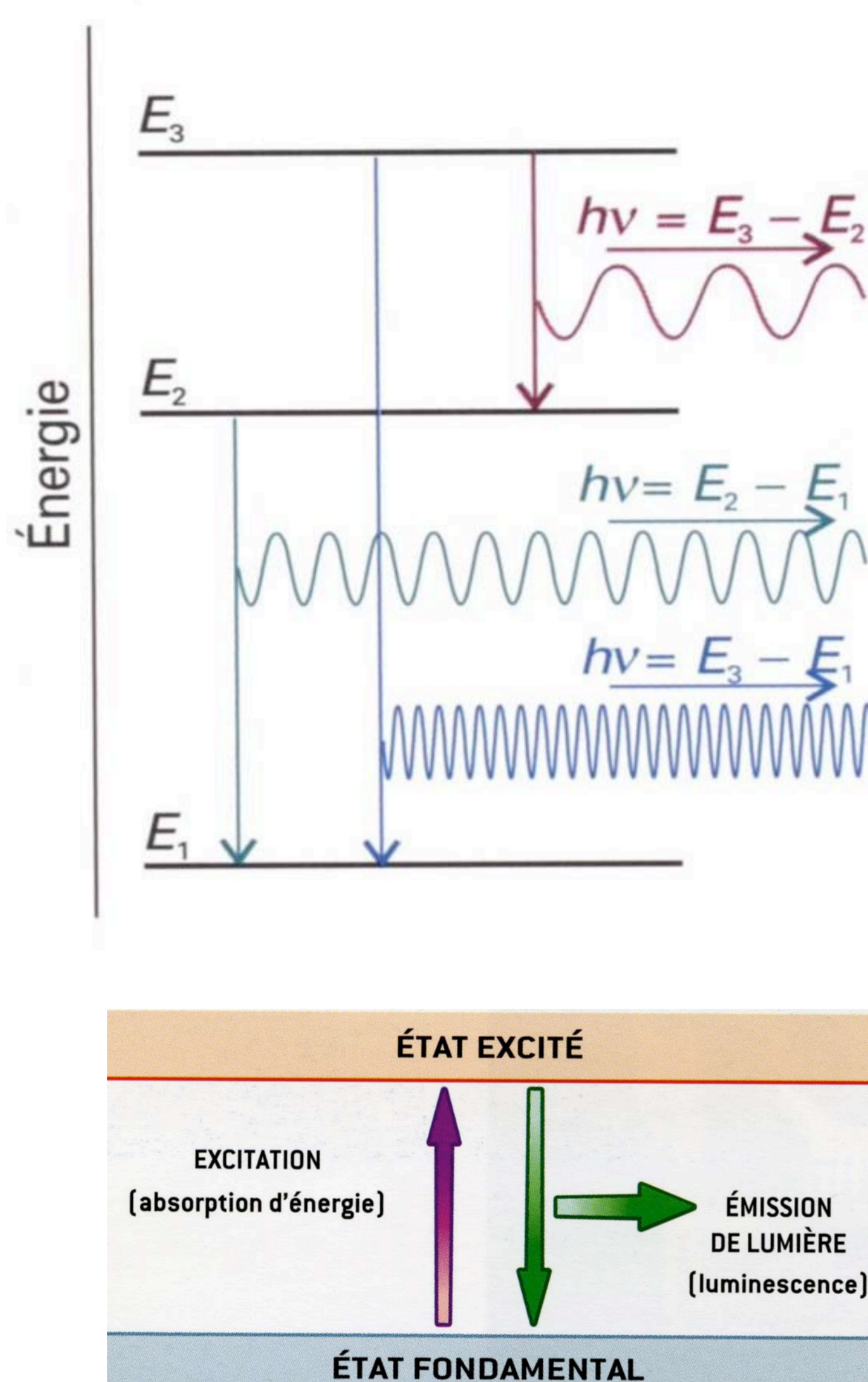
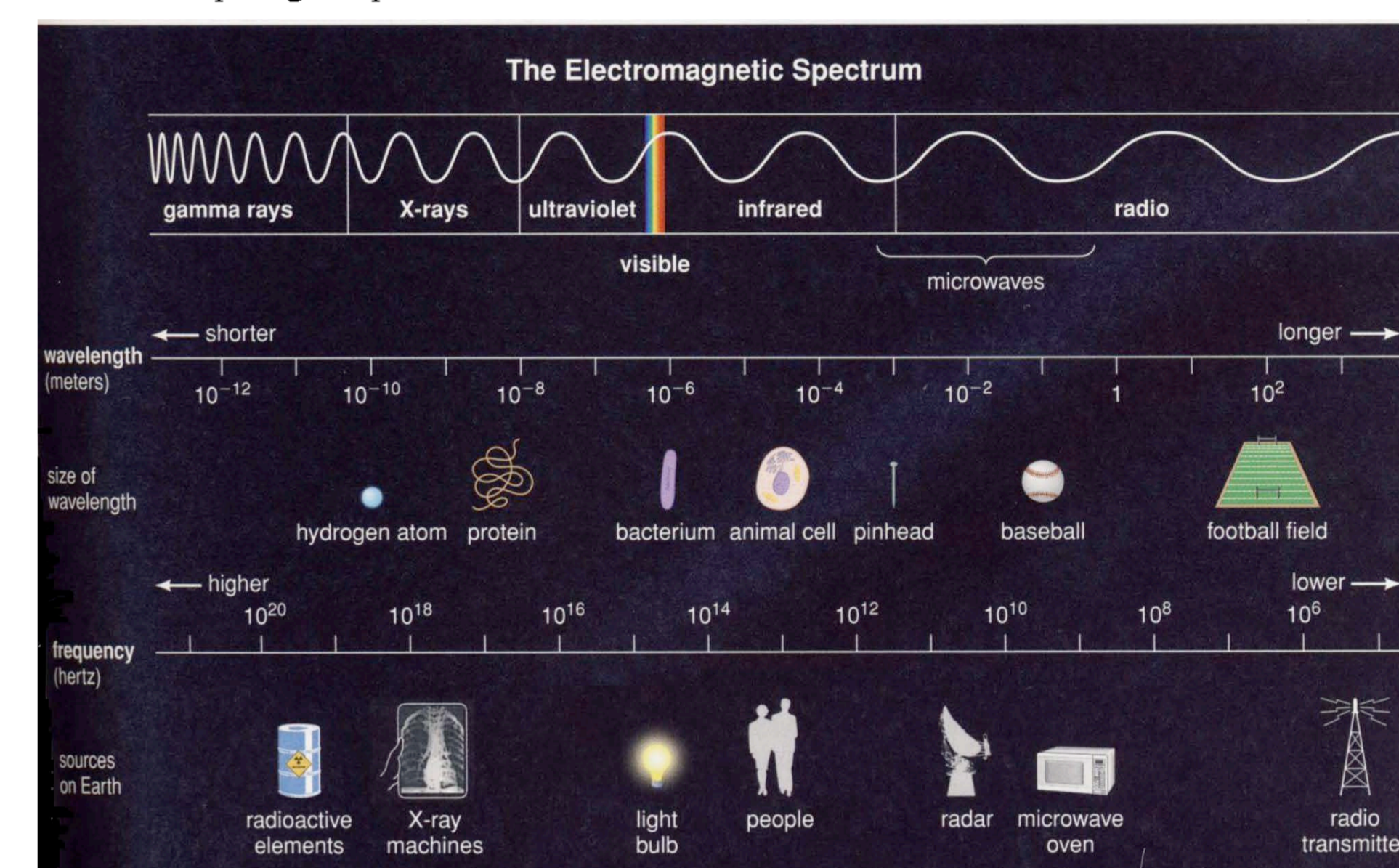
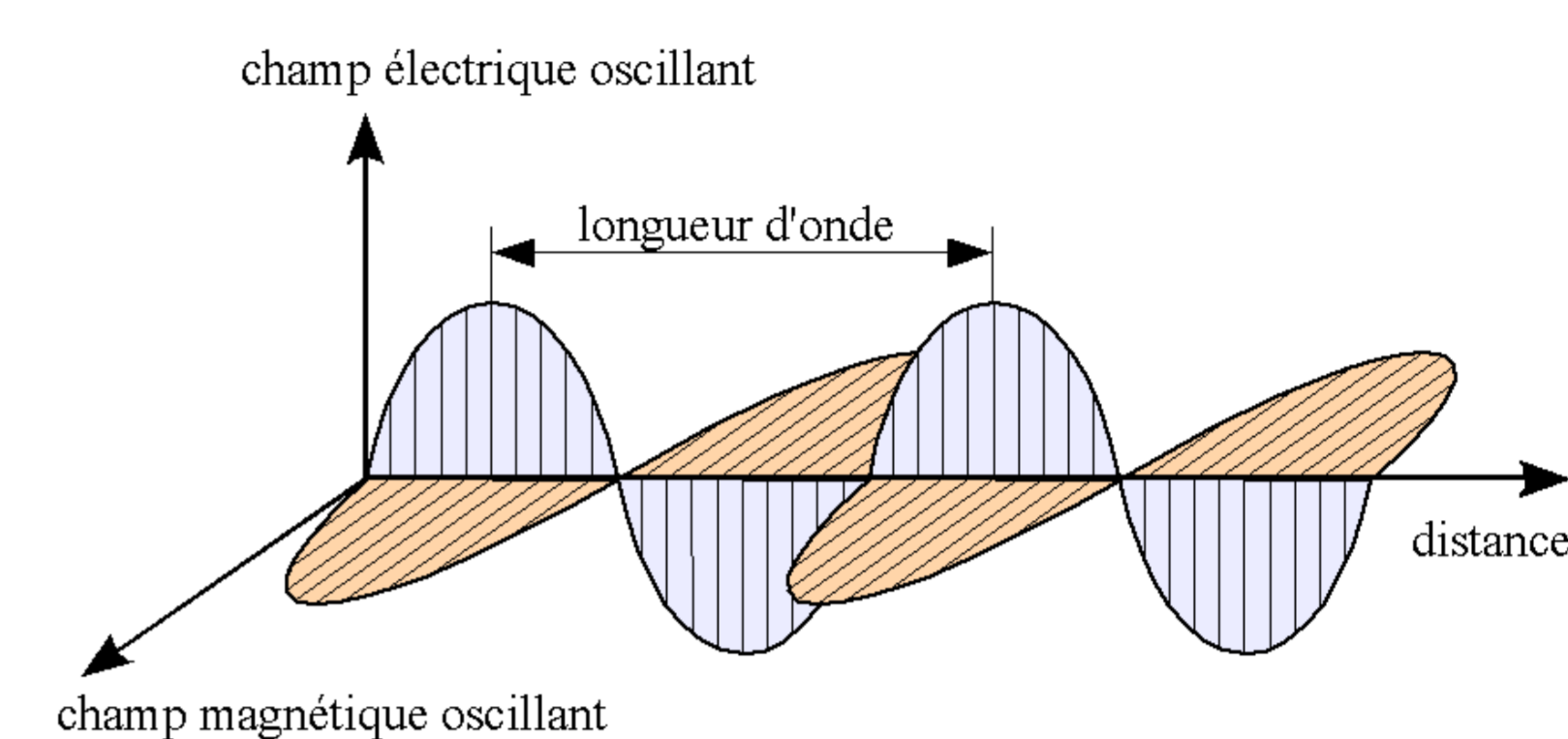
• D'une part, la lumière peut être considérée comme une onde électromagnétique. Elle est caractérisée par une longueur d'onde  $\lambda$  et une fréquence  $\nu$ , toutes deux liées par la relation suivante:

$$\lambda = c/\nu \quad \text{avec } c = \text{vitesse de la lumière dans le vide } (c \approx 3.10^8 \text{ m/s})$$

• D'autre part, la lumière peut être aussi considérée comme un ensemble de corpuscules appelés photons. Chaque photon possède une énergie  $E$  qui peut être exprimée par la relation suivante:

$$E = h\nu \quad \text{avec } h = \text{constante de Planck } (h \approx 6,626.10^{-34} \text{ Js})$$

Selon la longueur d'onde de la lumière, nous pouvons la classer dans différents domaines répartis sur un **spectre électromagnétique** :



#### 2. Comment la lumière interagit-elle avec la matière?

Les atomes et les molécules sont caractérisés par un ensemble de niveaux d'énergie qui leur sont propres.

Le niveau le plus bas en énergie est appelé « **niveau fondamental** ». Les niveaux supérieurs correspondent aux « **niveaux excités** ».

A température ordinaire, tous les atomes et les molécules se trouvent dans leur état électronique fondamental.

Un photon de fréquence  $\nu$  peut permettre le passage d'un niveau d'énergie  $E_1$  à un niveau  $E_2$  tel que  $E_2 - E_1 = h\nu$  (ce passage peut également se faire par effet thermique). Cette interaction entre la lumière et la matière peut être décrite par deux phénomènes :

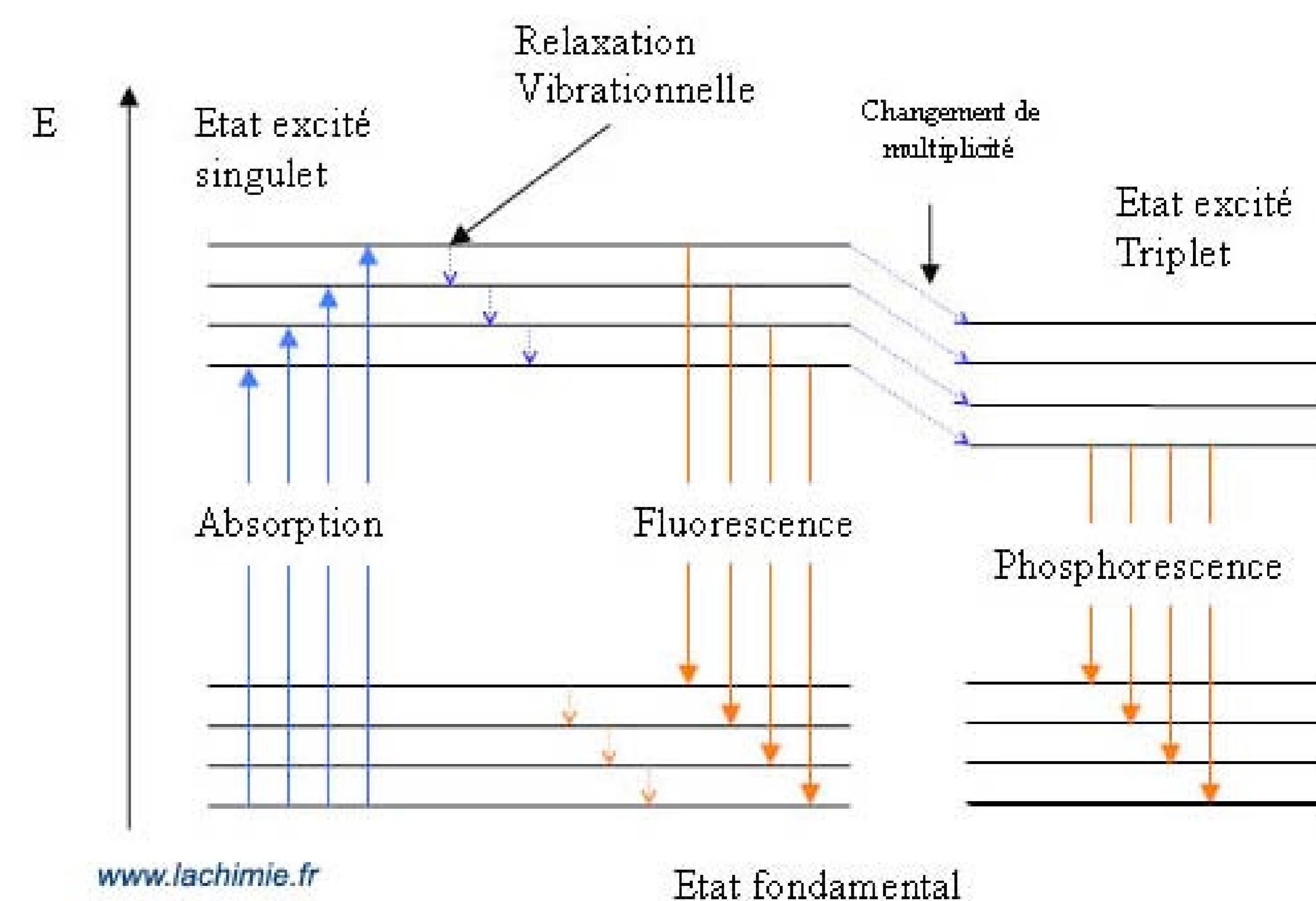
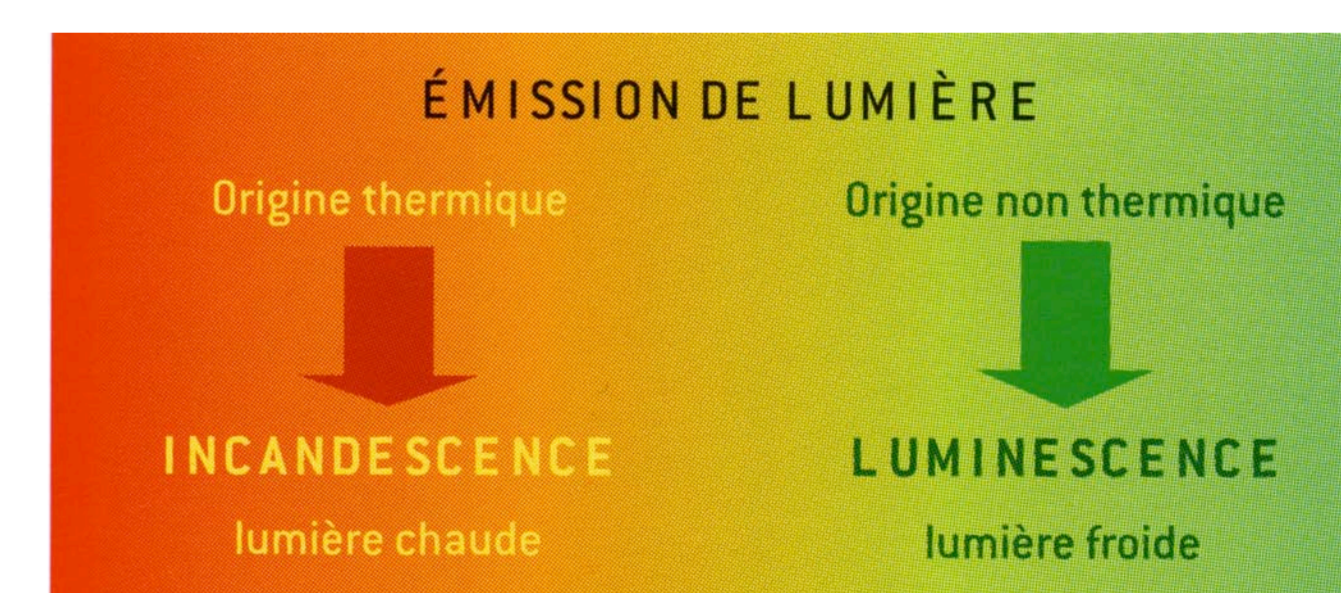
- L'**absorption** d'un rayonnement peut faire passer un atome ou une molécule d'un niveau de plus basse énergie vers un niveau de plus haute énergie.
- L'**émission** d'un rayonnement se produit lorsqu'un atome ou une molécule descend vers un état de plus basse énergie.

#### 3. Qu'est-ce que la luminescence ?

La luminescence consiste en une émission d'un rayonnement suite à une **excitation non thermique** (contrairement à l'incandescence).

Elle se divise en plusieurs branches. Nous nous intéressons particulièrement à :

1. **Photoluminescence** : l'excitation est provoquée par l'absorption de photons. On distingue dans cette catégorie les phénomènes de **phosphorescence** et **fluorescence**.
2. **Chimiluminescence**: une réaction chimique génère un produit qui se trouve dans un état excité. Un cas particulier, bien connu, de la chimiluminescence est la **bioluminescence**.



## CHIMIE DES COULEURS

### QUAND L'INFINIMENT PETIT NOUS ECLAIRE...

BAUDUIN Sophie, DELVILLE Alix, JANSSIS Julie, LOODTS Vanessa  
BA3 Chimie

## CHIMILUMINESCENCE

### 1. Principe général

La chimiluminescence s'observe suite à une **réaction chimique** qui produit une molécule se trouvant dans un niveau d'énergie excité. Cette molécule émet alors un rayonnement pour retomber dans son niveau d'énergie fondamental.

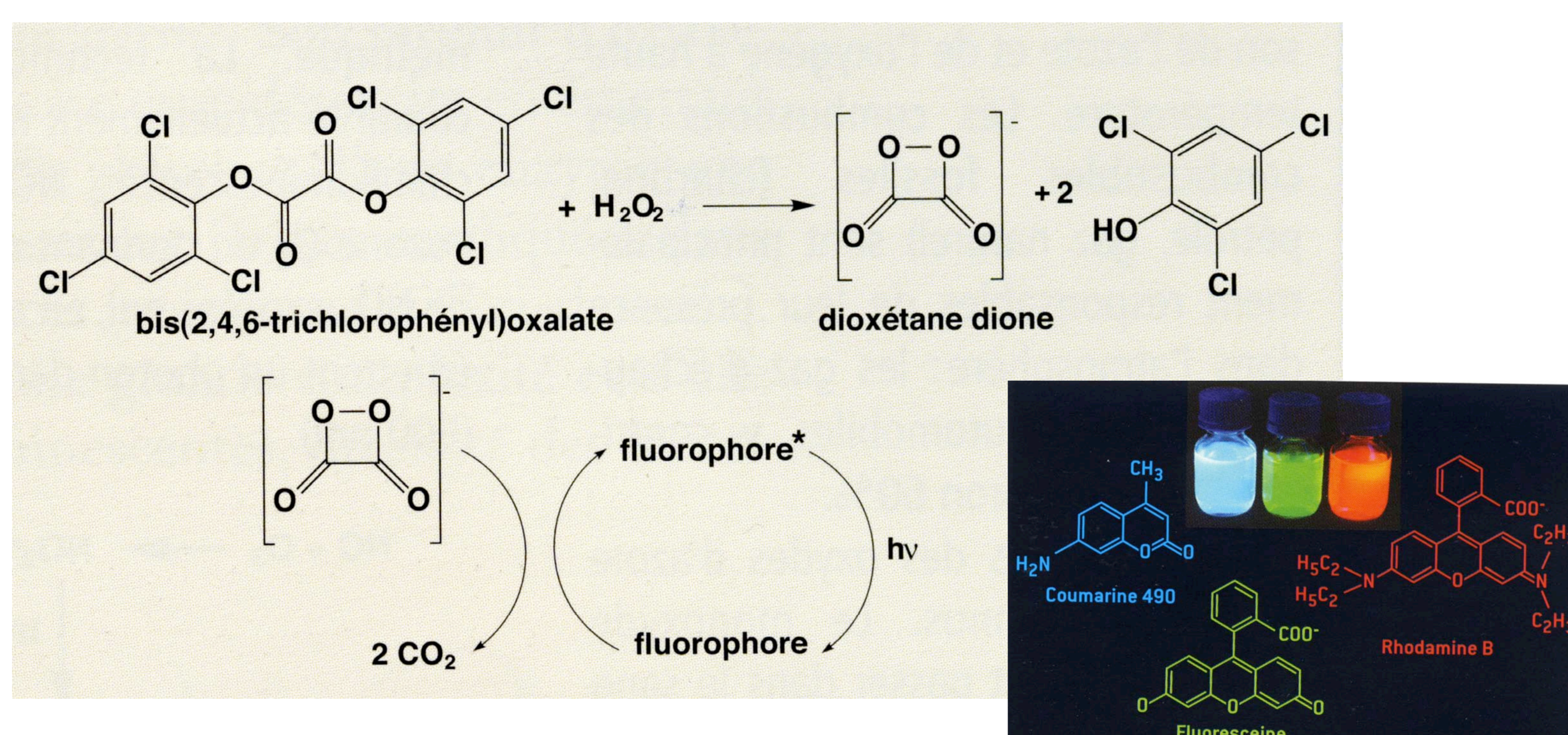
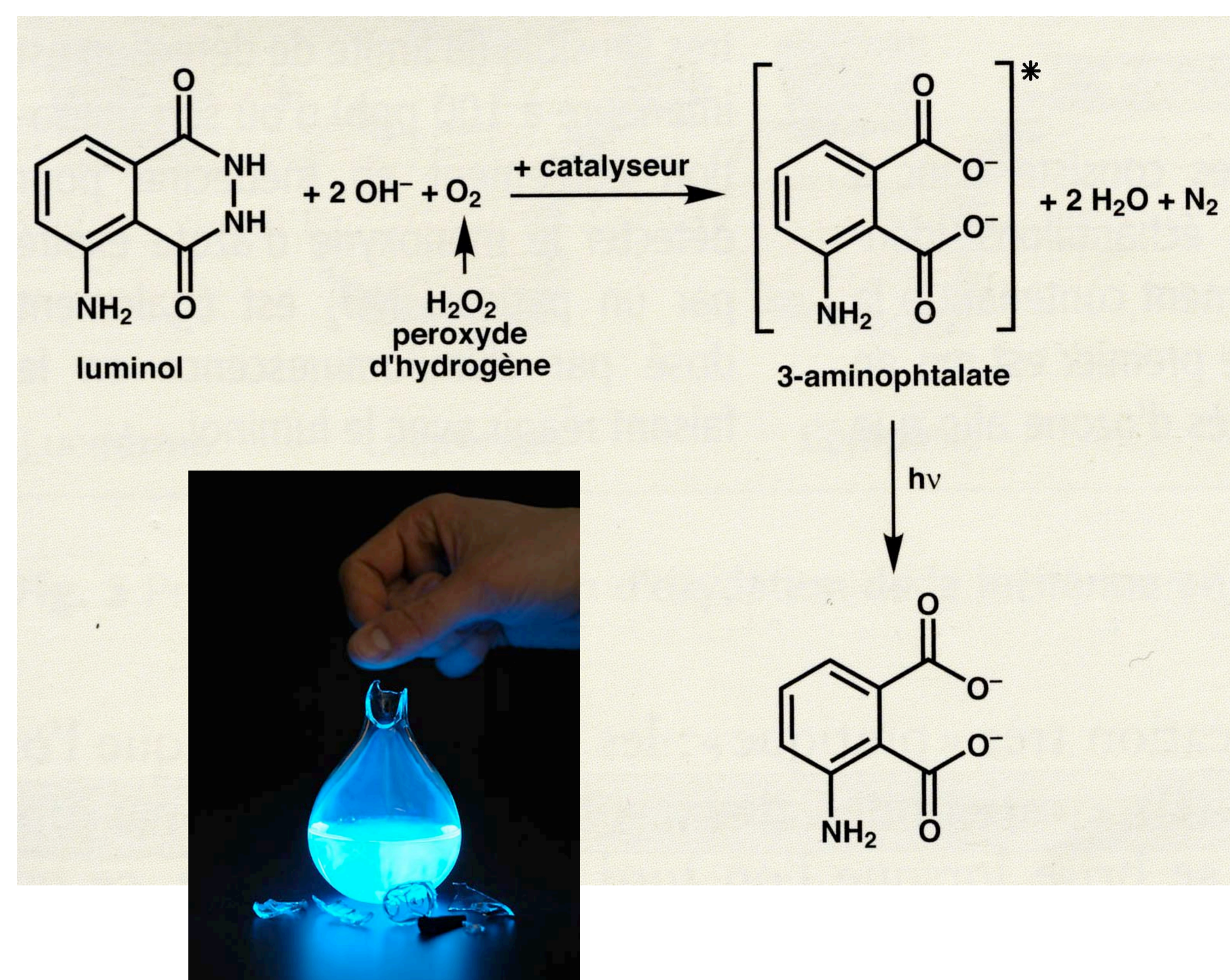


### 2. Chimiluminescence du luminol

La réaction se déroule en milieu basique.

En présence d'un catalyseur tel que le fer contenu dans l'hexacyanoferrate(III) de potassium  $K_3[Fe(CN)_6]$ , l'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ) oxyde le luminol (3-aminophtalhydrazide).

Le produit formé, le 3-aminophtalate, se trouve dans un niveau d'énergie excité. Sa désexcitation produit l'émission de la lumière bleutée observée.



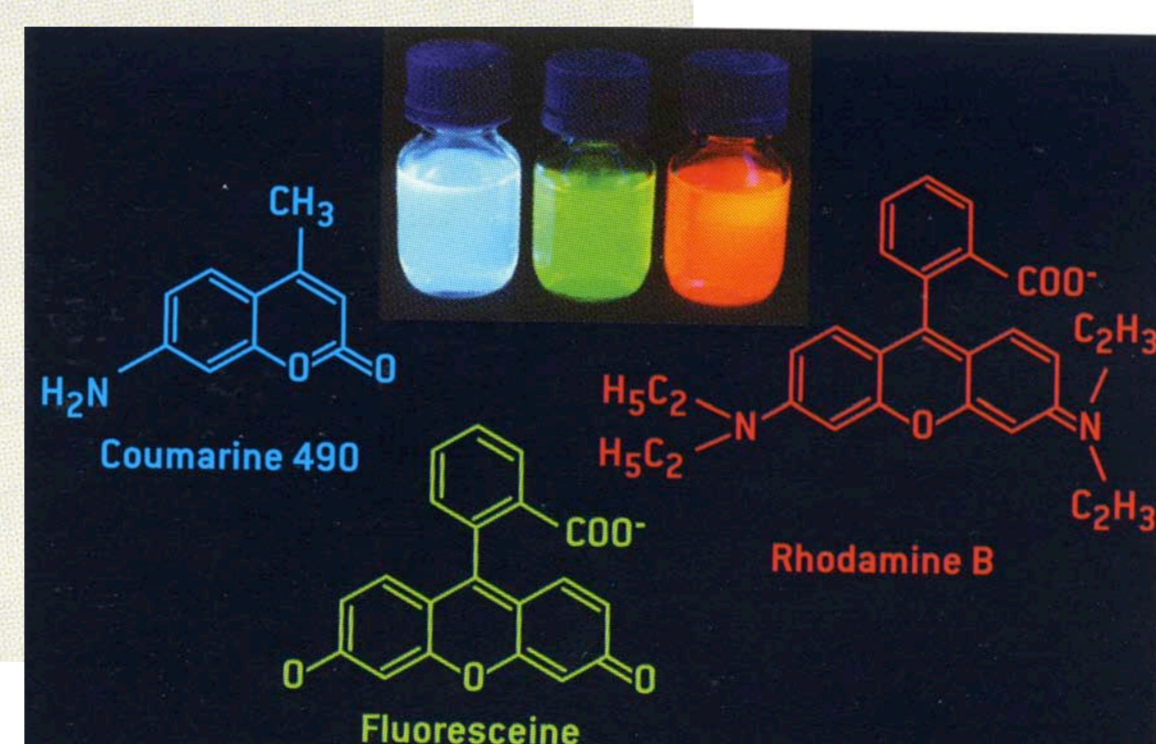
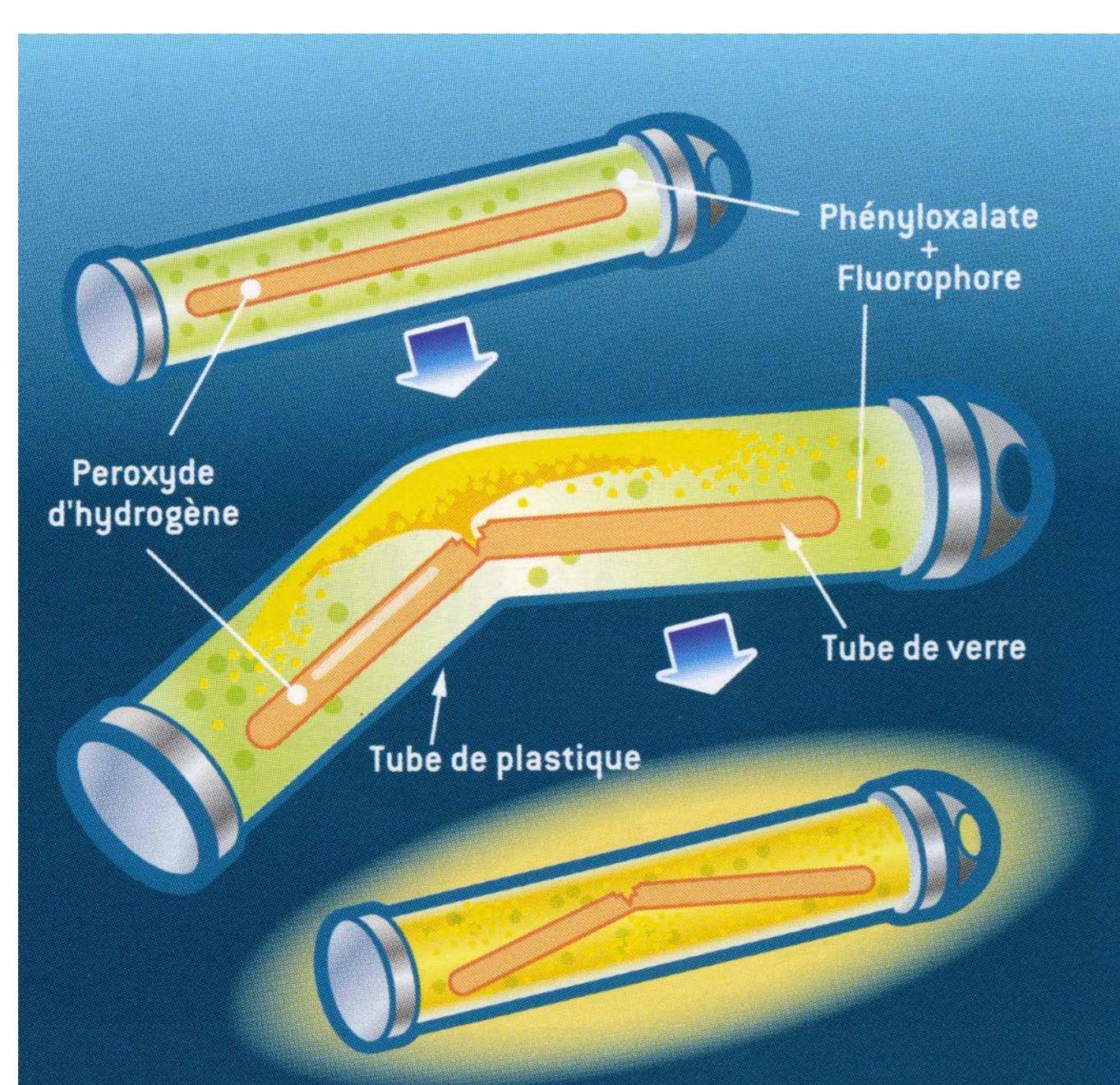
### 3. Chimiluminescence des « Lightsticks »

La chimiluminescence des bâtons lumineux provient de l'oxydation par l'eau oxygénée d'un dérivé du diphényloxalate tel que le TCPO: bis(2,4,6-trichlorophényl)oxalate.

L'un des produits formés, le dioxétane dione, se trouve dans un niveau d'énergie excité. Il se désexcite en se décomposant et en transférant son excès d'énergie à un **fluorophore**.

Le fluorophore est un colorant fluorescent : par absorption de l'énergie qui lui est fournie, il passe dans un niveau d'énergie excité. Son retour à l'état fondamental se traduit par l'émission d'un photon d'une fréquence qui lui est propre.

Ces bâtons lumineux sont utilisés par les plongeurs en eau profonde, en spéléologie, pour créer un éclairage en atmosphère de gaz inflammable,...



## CHIMIE DES COULEURS QUAND L'INFINIMENT PETIT NOUS ECLAIRE...

BAUDUIN Sophie, DELVILLE Alix, JANSSIS Julie, LOODTS Vanessa  
BA3 Chimie

### BIOLUMINESCENCE

#### 1. Principe général

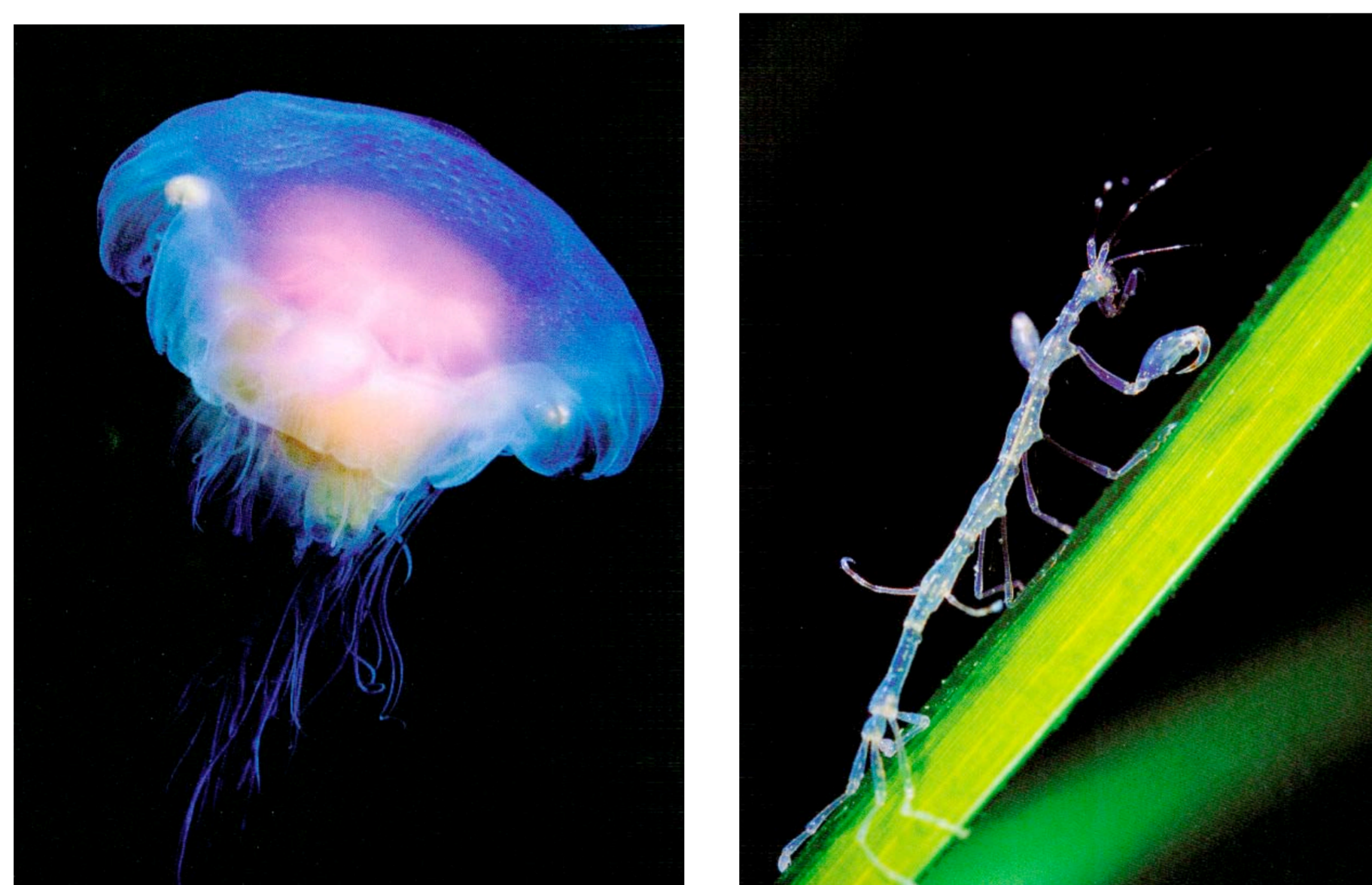
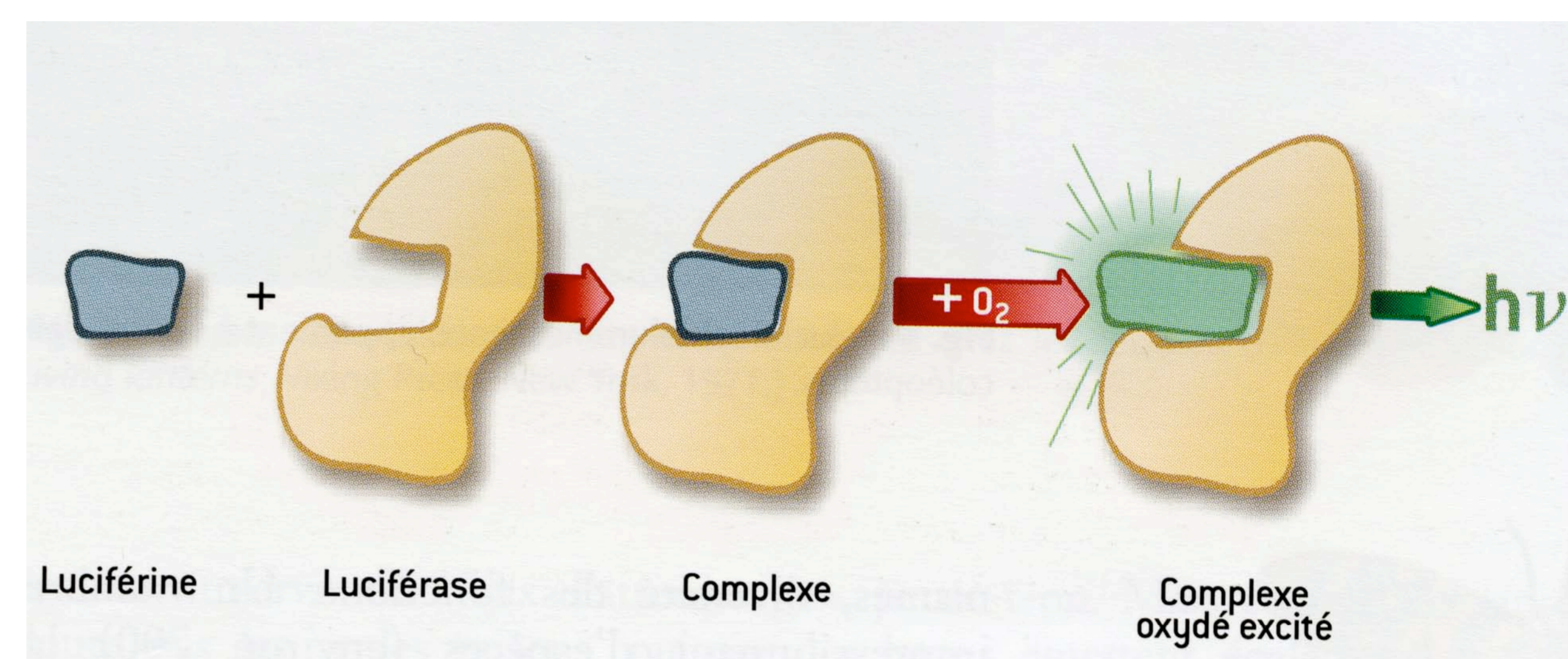
La **bioluminescence** est un cas particulier de la chimiluminescence.

Une enzyme, la **luciférase**, catalyse l'oxydation par l'oxygène moléculaire  $O_2$  d'une substance appelée **luciférine**.

Cette réaction nécessite la présence d'ATP (adénosine triphosphate) comme source d'énergie.

Le produit formé, l'**oxyluciférine**, se trouve dans un niveau d'énergie excité. Il se désexcite en émettant un rayonnement.

La luciférine est ensuite régénérée par une suite de réactions.



#### 2. Diversité de la bioluminescence

Environ 700 espèces utilisent la bioluminescence.

Les structures de la luciférine et de la luciférase varient selon l'espèce. Par conséquent, les couleurs observées sont très diverses.

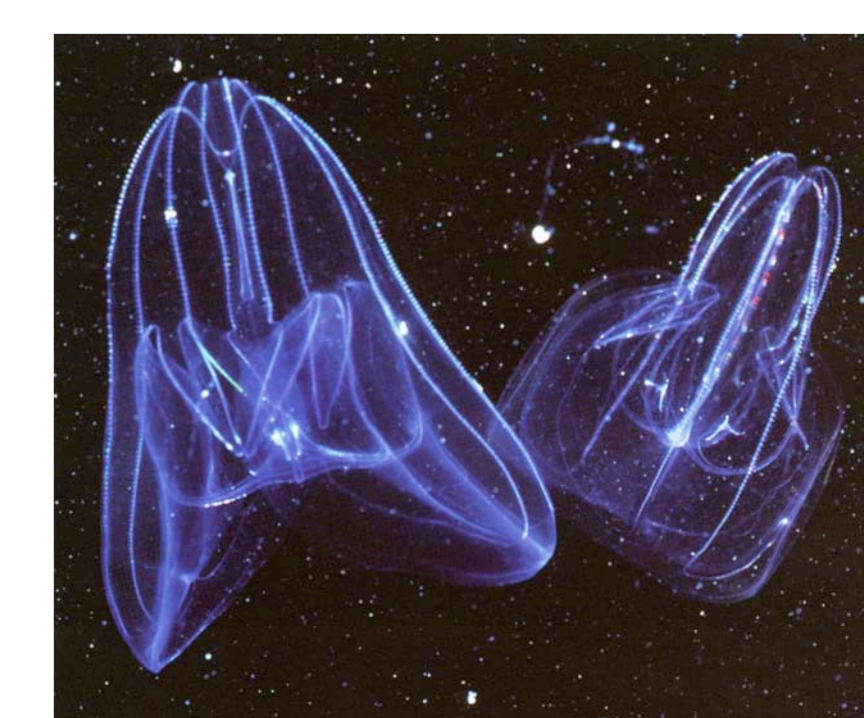
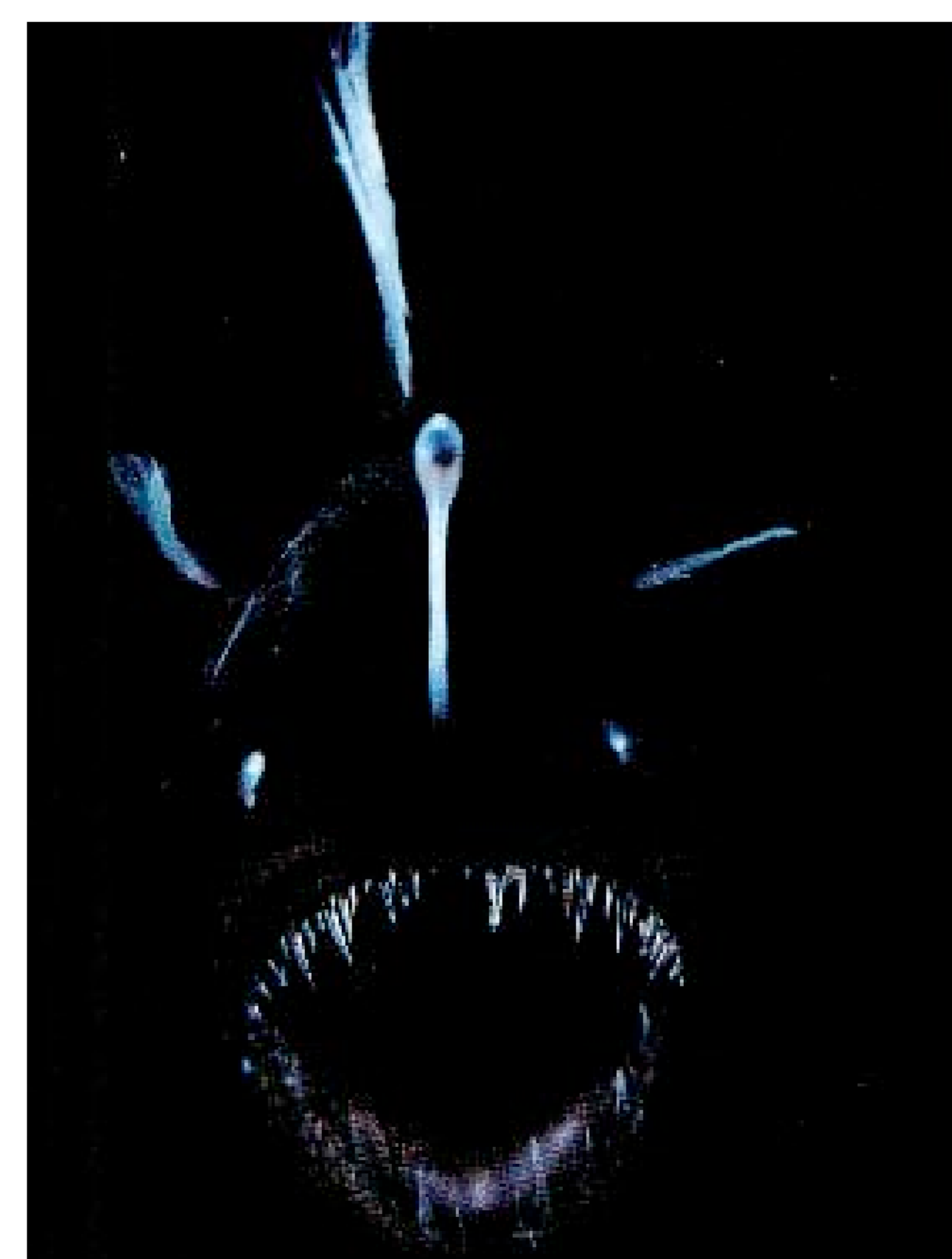
L'activation de la bioluminescence diffère également selon la nature de l'organisme:

- **bactérie** : bioluminescence spontanée.
- **organisme monocellulaire** : bioluminescence déclenchée par un stimulus mécanique (agitation de l'eau) qui induit une déformation de la membrane cellulaire.
- **organisme pluricellulaire** : bioluminescence déclenchée par un stimulus mécanique mais contrôlée par voie nerveuse.

#### 3. Fonctions biologiques de la bioluminescence

Les fonctions de la bioluminescence sont nombreuses. On distingue trois fonctions principales:

- **La communication** : les signaux lumineux constituent un mode de communication lors de l'accouplement (ex: la luciole).
- **L'attraction des proies** : un organe lumineux peut servir de leurre pour attirer les proies à proximité de la bouche (ex : Anglerfish, Lophiiforme).
- **La défense** : différents mécanismes de défense utilisent la bioluminescence pour
  - ✓ Faire diversion (ex: petit crustacé *Cyprinida*).
  - ✓ Effrayer les prédateurs (ex: méduse).
  - ✓ Se camoufler : certains poissons émettent de la lumière au niveau de leur ventre pour imiter le ciel et ainsi passer inaperçus aux yeux des prédateurs situés en-dessous d'eux.



## CHIMIE DES COULEURS QUAND L'INFINIMENT PETIT NOUS ECLAIRE...

BAUDUIN Sophie, DELVILLE Alix, JANSSIS Julie, LOODTS Vanessa  
BA3 Chimie

### APPLICATIONS

#### 1. Applications de la chimiluminescence et de la bioluminescence

##### A. Criminologie

La réaction d'oxydation du luminol est utilisée en criminologie pour la détection de sang. Le fer de l'hémoglobine joue, dans ce cas, le rôle de catalyseur.

##### B. ATP-métrie (dosage de l'ATP)

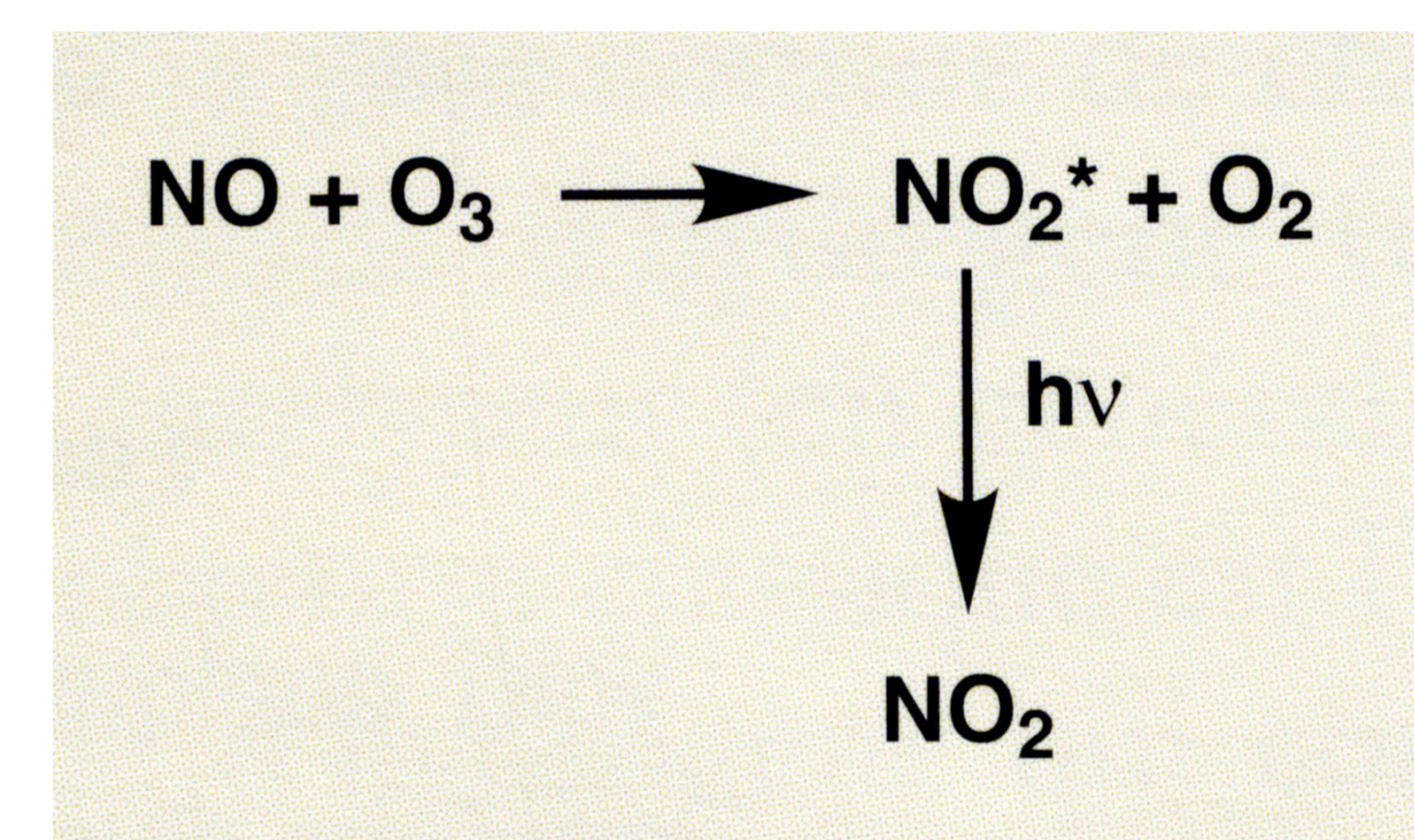
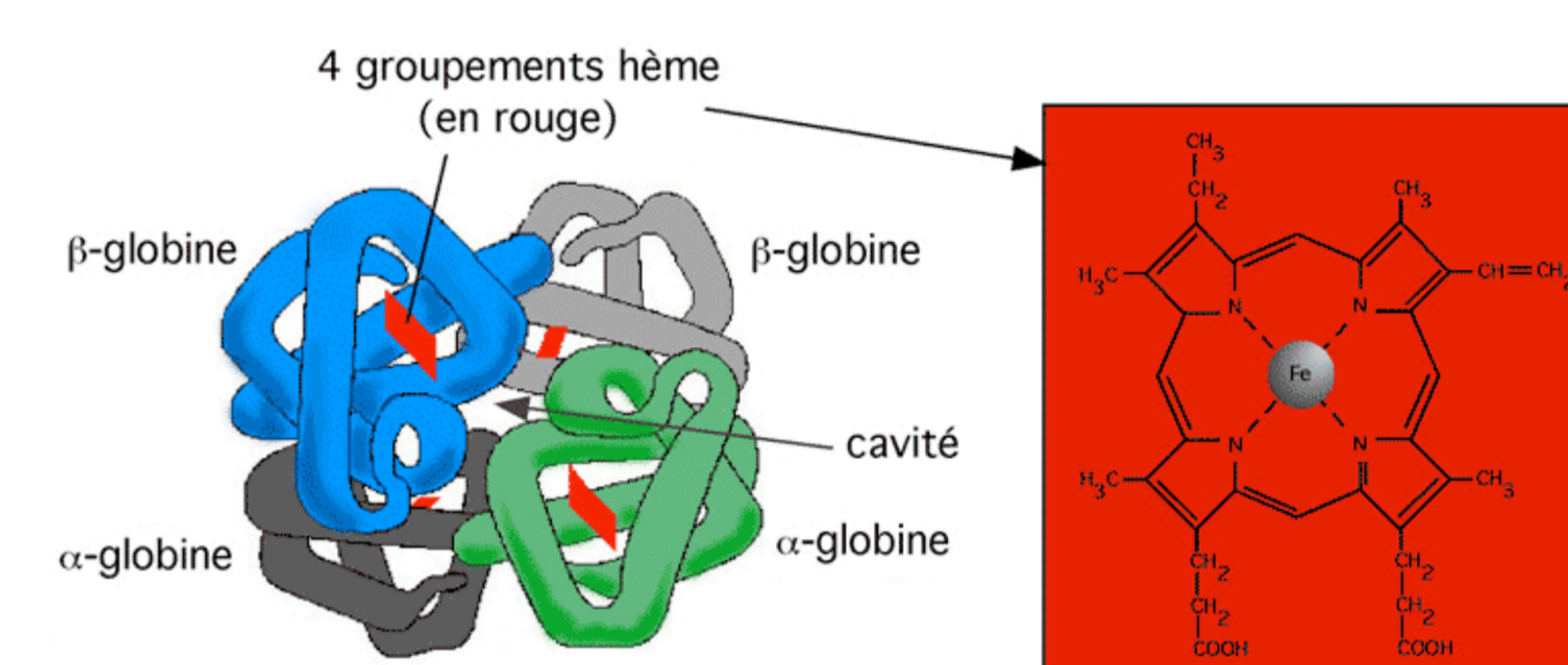
L'ATP, adénosine triphosphate, est une molécule qui intervient dans le transfert d'énergie chez les êtres vivants.

La détection d'ATP révèle la présence de cellules vivantes. Cette méthode de détection, utilisant la luciférine et la luciférase, est basée sur le principe général de la bioluminescence. Elle est utilisée dans des domaines tels que:

- **l'alimentaire** : contrôle de la stérilité des aliments,...
- **la médecine** : contrôle de la stérilité des vaccins, mise en évidence des infections urinaires, évaluation du pouvoir fertilisant des spermatozoïdes,...
- **la conservation des oeuvres d'art** : détection rapide de moisissures viables sur les oeuvres.

##### C. Dosage du monoxyde d'azote (NO)

Les oxydes d'azote sont des polluants qui proviennent en grande partie de la combustion dans les moteurs de voitures. Les plus courants sont le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). La détection du NO est basée sur sa réaction avec l'ozone (O<sub>3</sub>) qui aboutit à la formation du NO<sub>2</sub> dans un niveau excité. La désexcitation du produit se fait par émission d'un rayonnement dans l'infrarouge.



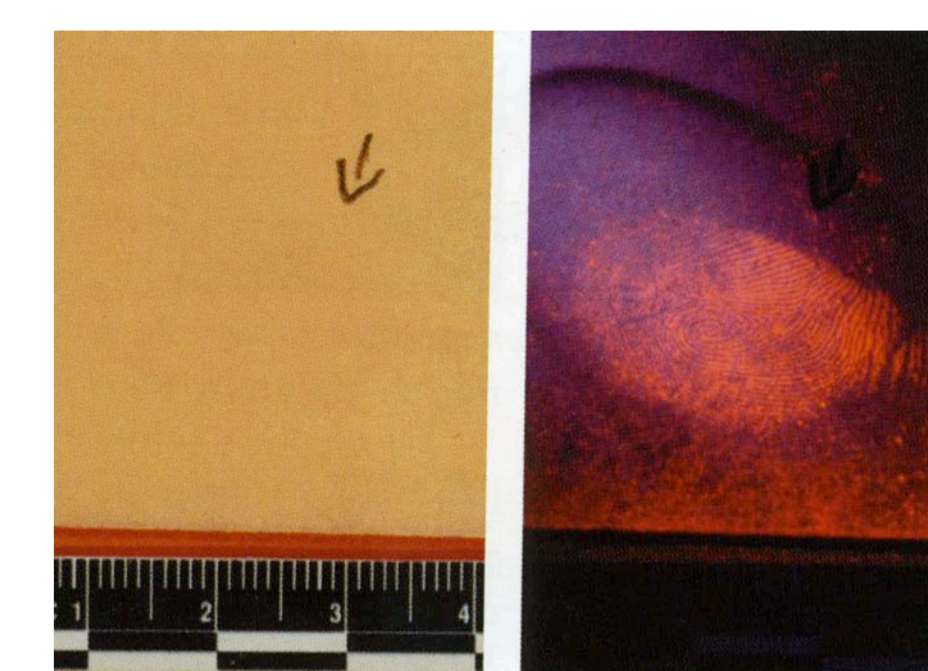
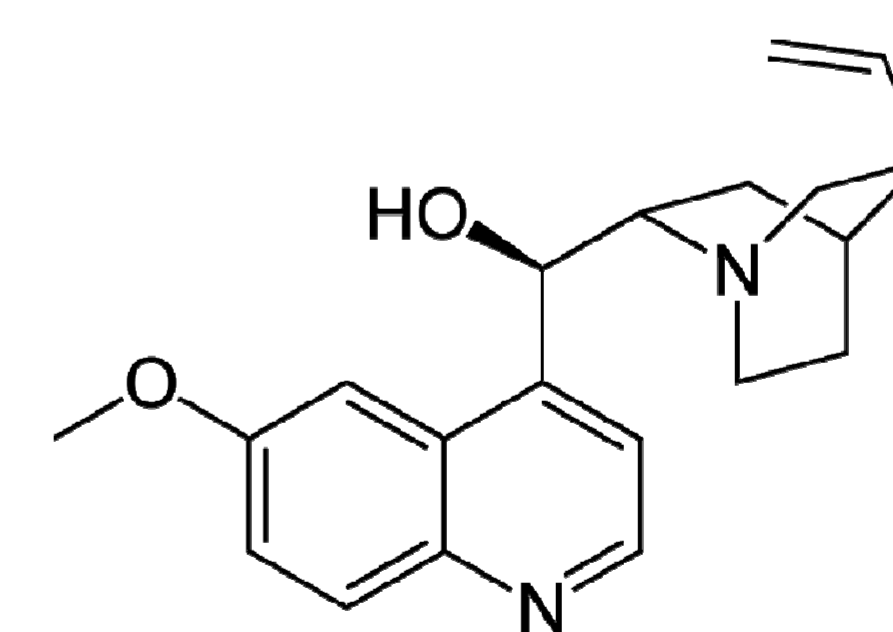
#### 2. Applications de la photoluminescence

##### A. Criminologie

Pour détecter les empreintes digitales, la police scientifique utilise des poudres fluorescentes capables d'adhérer aux résidus huileux laissés par les doigts.

##### B. Schweppes

Une substance présente dans le Schweppes, la **quinine**, est capable de fluorescer lorsqu'elle est éclairée par une lampe UV.



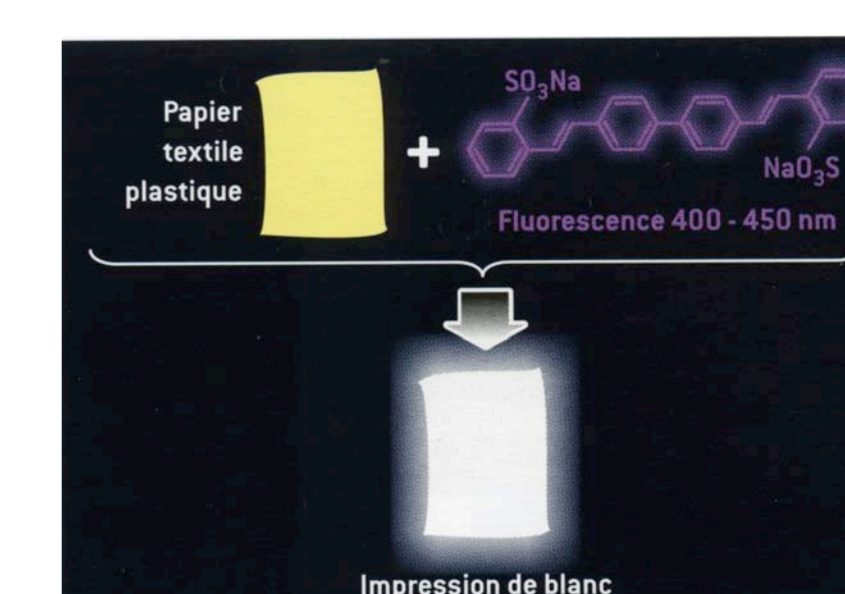
##### C. Billets de banque

Pour lutter contre la contrefaçon des billets de banque, ceux-ci sont marqués à l'aide de substances fluorescentes. Pour vérifier l'authenticité du billet, il suffit de le placer sous une lampe UV.



##### D. Azurant optique

La couleur naturelle du coton et du papier est légèrement jaune. Pour donner une impression de blanc, ceux-ci sont traités avec un **azurant optique**. Un azurant optique est un colorant qui fluoresce dans le bleu. La combinaison des couleurs provoque l'impression de blanc.



##### E. Signalisation

Les aiguilles et les chiffres d'un réveil peuvent être recouverts de composés phosphorescents permettant la lecture de l'heure dans le noir.

La phosphorescence peut aussi être utilisée pour signaler les sorties de secours.

