

## Les fonds marins, un milieu totalement dépourvu de lumière ?

UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES - FACULTÉ DES SCIENCES - DÉPARTEMENT DE CHIMIE

BERBALK Justus, JANSSENS Julie, MBIMBA Ismael, MOURTADA Souheil, OCTORS Clara

Les profondeurs sous marines sont caractérisées par l'obscurité, mais sont-elles réellement plongées dans le noir absolu? NON, les espèces sous-marines sont capable de produire de la lumière à l'aide de procédés tels que la bioluminescence ou la fluorescence.

### La bioluminescence

Il s'agit d'un cas particulier de chimiluminescence impliquant des substrats d'origine biologique spécifiques. Le substrat et l'enzyme d'intérêt sont directement produits au sein des organismes vivants, l'information nécessaire à cette production étant contenue dans leur gène.

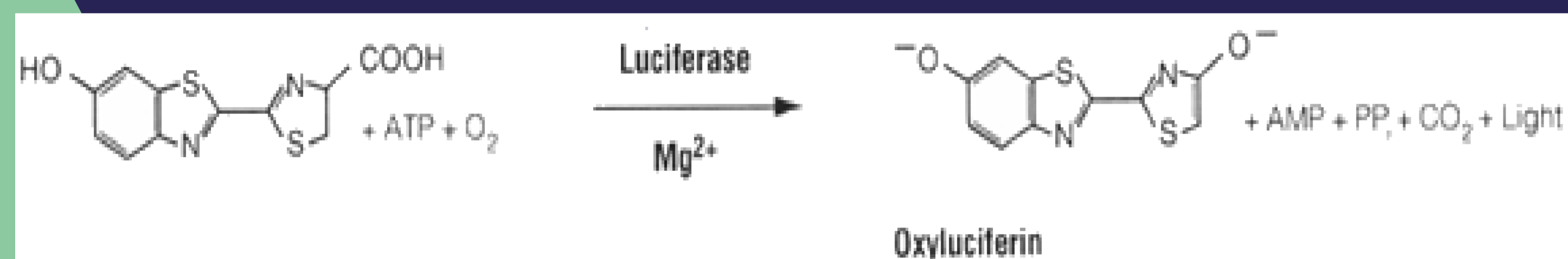


Fig.1. Mécanisme schématique de la réaction de bioluminescence

Ainsi, un grand nombre d'espèces vivant dans les abysses produisent leur propre lumière grâce à une réaction chimique impliquant des substrats biologiques.

### La chimiluminescence

La chimiluminescence est l'émission de lumière sans dégagement de chaleur causé par une réaction chimique. Ceci s'opère lorsqu'une espèce en réaction atteint un état excité et libère cet excédent d'énergie sous forme de photons.

#### Cas du luminol

Ce procédé est notamment celui qui cause la luminescence du luminol en milieu basique lorsque celui-ci est oxydé par de l'eau oxygénée en présence d'un catalyseur de Fe<sup>2+</sup>. On observe alors cette couleur bleue caractéristique.

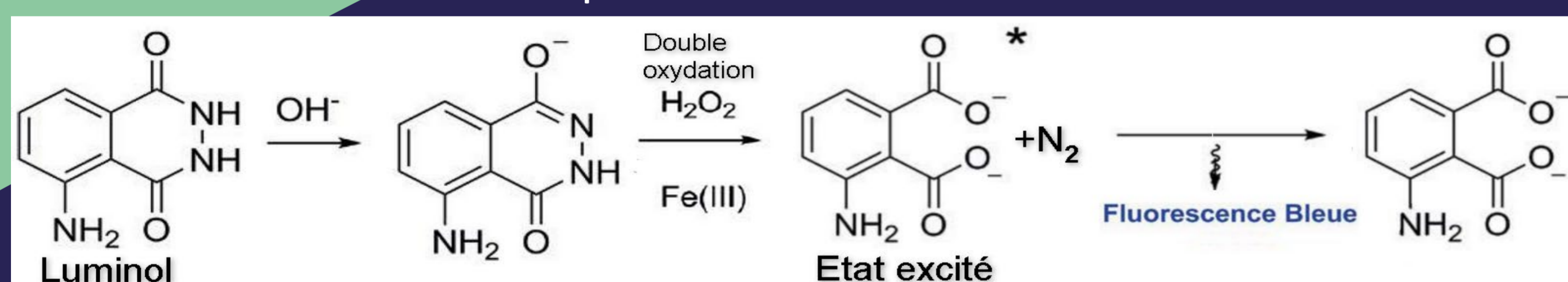


Fig.2. Mécanisme schématique de l'origine de la luminescence du luminol

### Applications de la chimiluminescence, de la bioluminescence et de la fluorescence biologique

Chimiluminescence :

- ❖ Les bâtons lumineux utilisés en exploration marine.

Bioluminescence & fluorescence biologique :

- ❖ l'éclairage, la fonction principale
- ❖ la protection contre les prédateurs
- ❖ l'attraction des proies
- ❖ la communication

Cette caractéristique confère de nombreux avantages de survie aux organismes la possédant. De plus, la protéine GFP a été isolée et est maintenant utilisée comme marqueur fluorescent dans divers domaines de recherche, notamment en biologie moléculaire et en neurosciences. Cette découverte a d'ailleurs été récompensée par le Prix Nobel de chimie en 2008.



Fig.3. Méduse Aequorea victoria

### La fluorescence

La fluorescence est produite suite à l'absorption de lumière incidente par un atome ou une molécule. La particule passe dans un état excité qui, pour revenir dans son état fondamental, émet de la lumière.

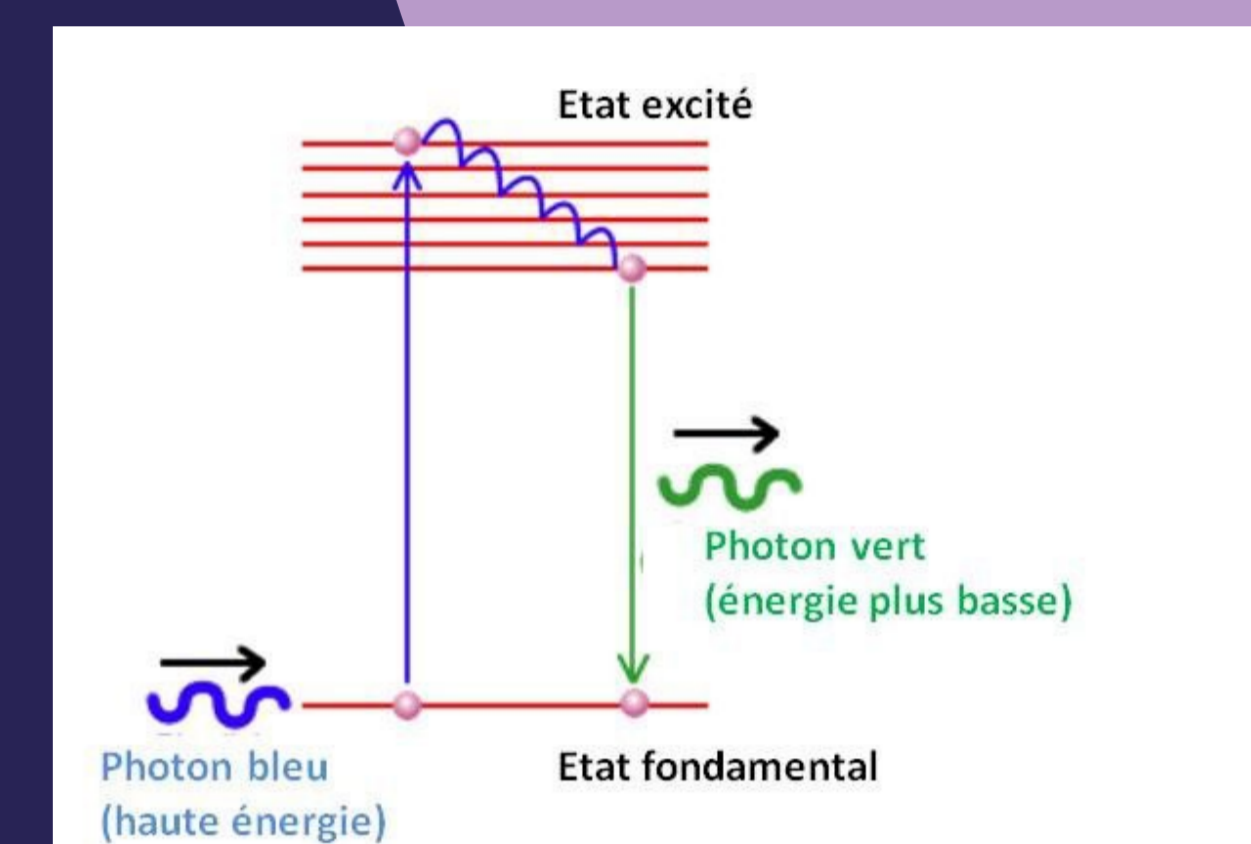


Fig.4. Schéma représentant le principe de fluorescence.

### En biologie, la protéine fluorescente verte, GFP

Les espèces fluorescentes possèdent un gène qui code pour une protéine fluorescente, la GFP. Cette dernière est excitée au sein de l'individu par une production de lumière interne.

La couleur verte observée chez la méduse *Aequorea victoria* repose sur l'activité successive de deux protéines : l'aequorine et la GFP.

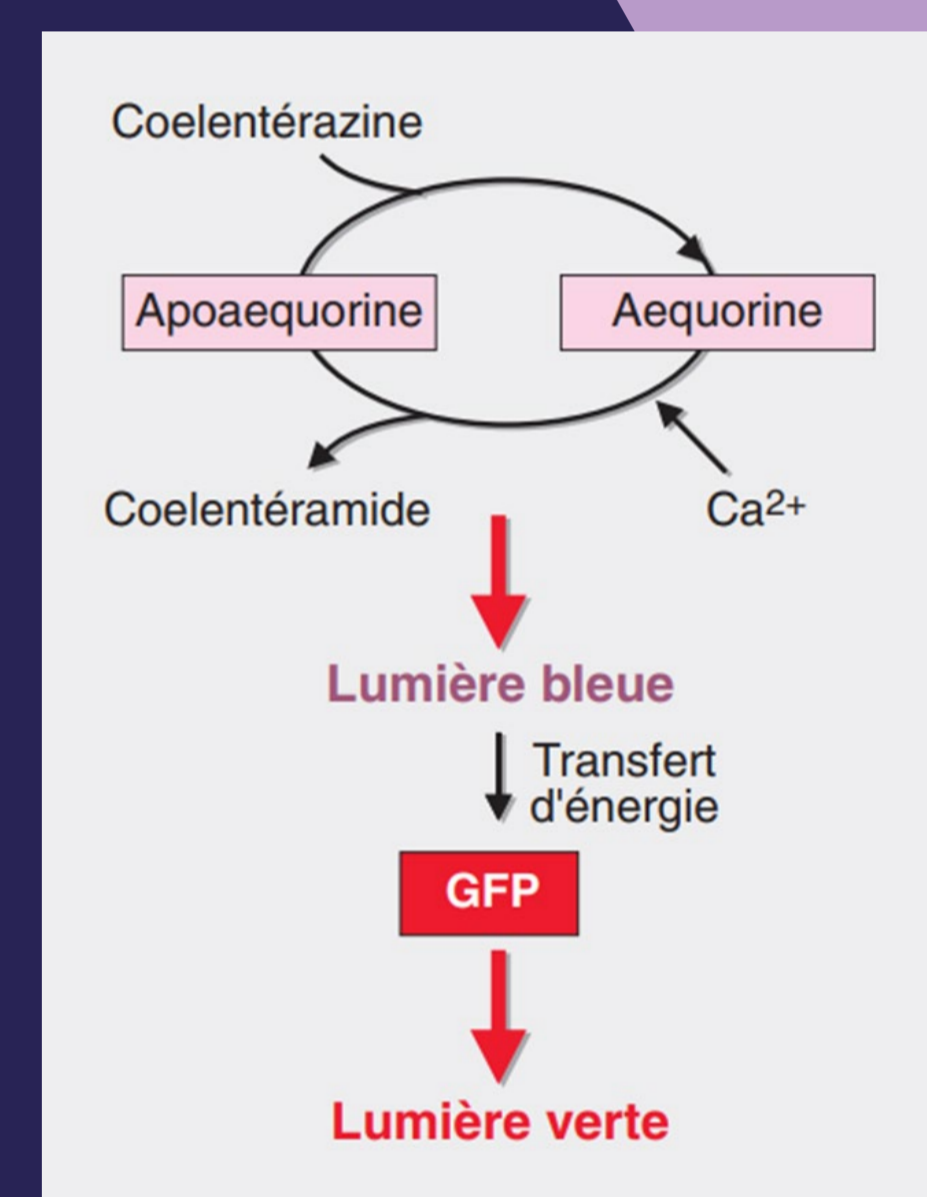
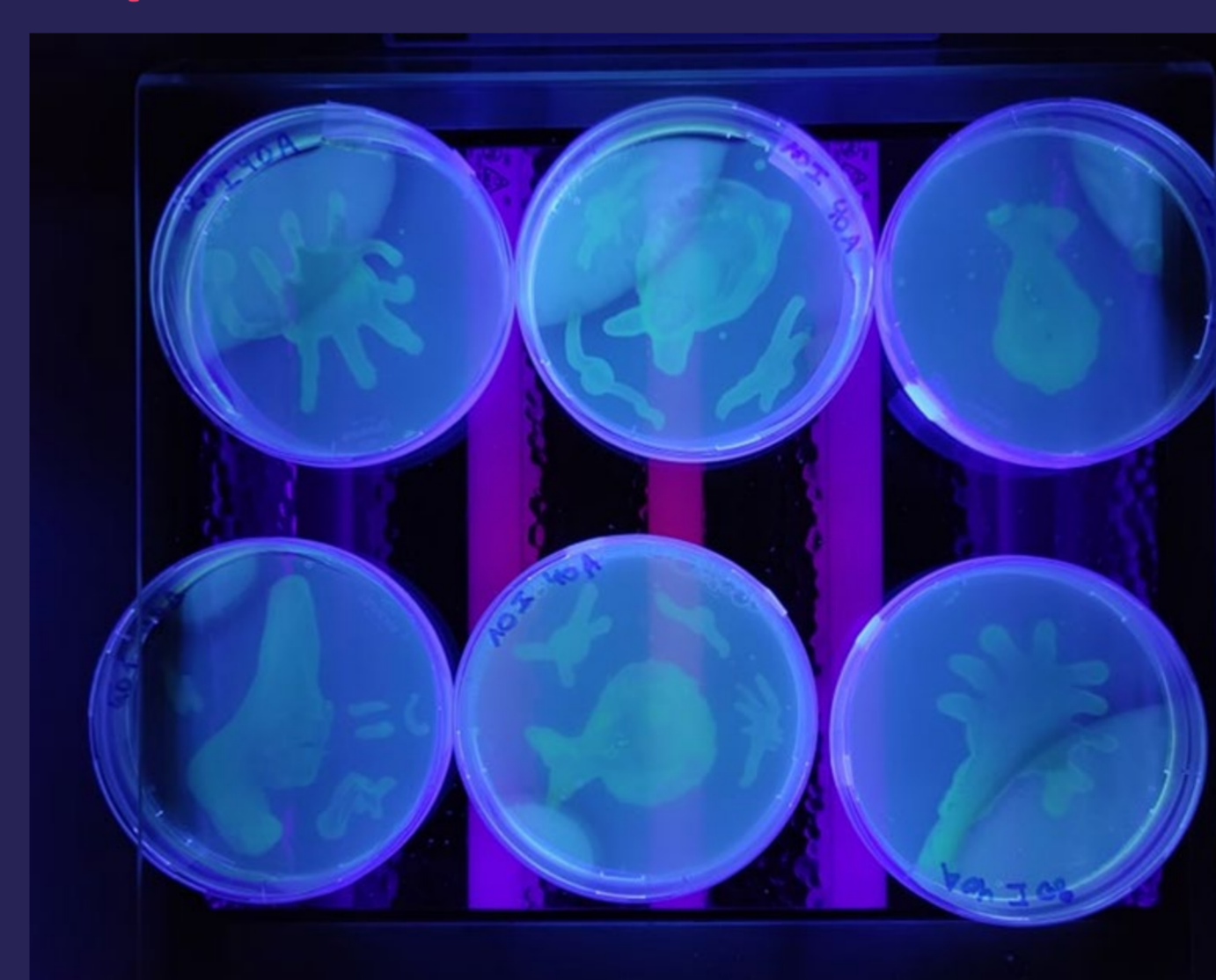


Fig.5: Mécanisme d'activation de la GFP dans la méduse Aequorea victoria.

### Expérience avec la GFP sur E. Coli



Par une expérience de biologie moléculaire, il est possible d'incorporer le gène codant pour la GFP dans un organisme tel que la bactérie E. Coli. Elles sont alors fluorescentes sous une lumière UV, comme le montre l'image ci-joint.

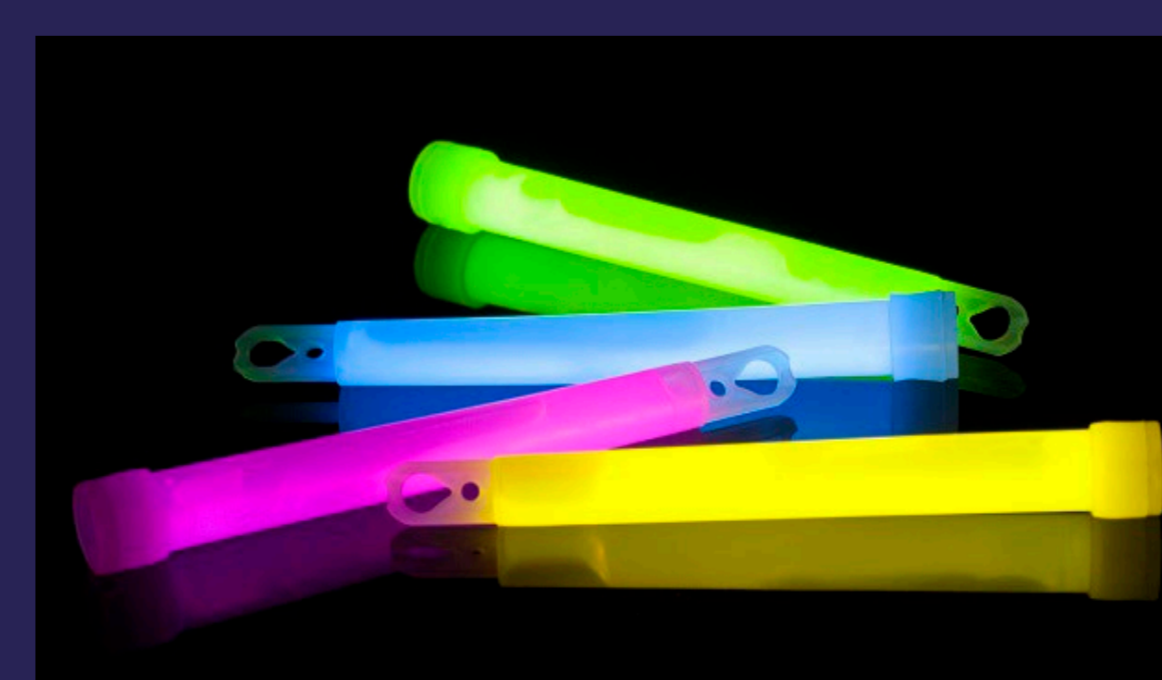


Fig 6. : Bâtons lumineux



Fig 7. : Méduse lumineuse

#### Bibliographie

- Figure 1 : Hanrahan, J. (2004, août 18). Dr. John Hanrahan Research Laboratory: Epithelial Biology.  
 Figure 2 : Franco, R., Castaing, V., Hahn, R., Gautier, N., & Jonathan, P. (2015). La luminescence moléculaire : Définitions, exemples et applications B - Chimiluminescence, bioluminescence et triboluminescence.  
 Figure 3 : How the jellyfish revolutionised brain science—Queensland Brain Institute—University of Queensland. (s. d.).  
 Figure 4 : Lalo, H. (2009). Réalisation d'une plateforme biopuce sans marquage basée sur la lithographie douce  
 Figure 5 : Georget, V., Nicolas, J., & Sultan, C. (1999). La green fluorescent protein : Application à la dynamique intracellulaire des récepteurs stéroïdiens. *médecine/sciences*, 15(1), 45.  
 Figure 6 : The science and history of glow sticks | goldbio. (s. d.).

## Les fonds marins, dépourvu de lumière?

UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES - FACULTÉ DES SCIENCES - DÉPARTEMENT DE CHIMIE

BERBALK Justus, JANSSENS Julie, MBIMBA Ismael, MOURTADA Souheil, OCTORS Clara

### Anna Atkins: Illustration de la flore sous-marine

#### Premier ouvrage illustré à l'aide de technique photographique

Anna Atkins, botaniste du 19<sup>e</sup> siècle, a été la première personne à illustrer son ouvrage à l'aide d'une technique photographique. L'utilisation de cyanotypes a permis d'atteindre un plus grand niveau de précision et de reproductibilité dans la description des plantes.



Fig 1. : Impression de plantes sous-marine, réalisée par Anna Atkins

### Le Cyanotype qu'est ce que c'est ?

Le cyanotype est un procédé d'impression photographique, inventé dans les années 1840 par John Herschel. Ce procédé, contrairement à la photographie, repose sur l'utilisation du rayonnement électromagnétique hors de la plage du visible, dans l'UV, pour imprimer une photo, ou bien dans le cas de Anna Atkins, illustrer la nature qui nous entoure

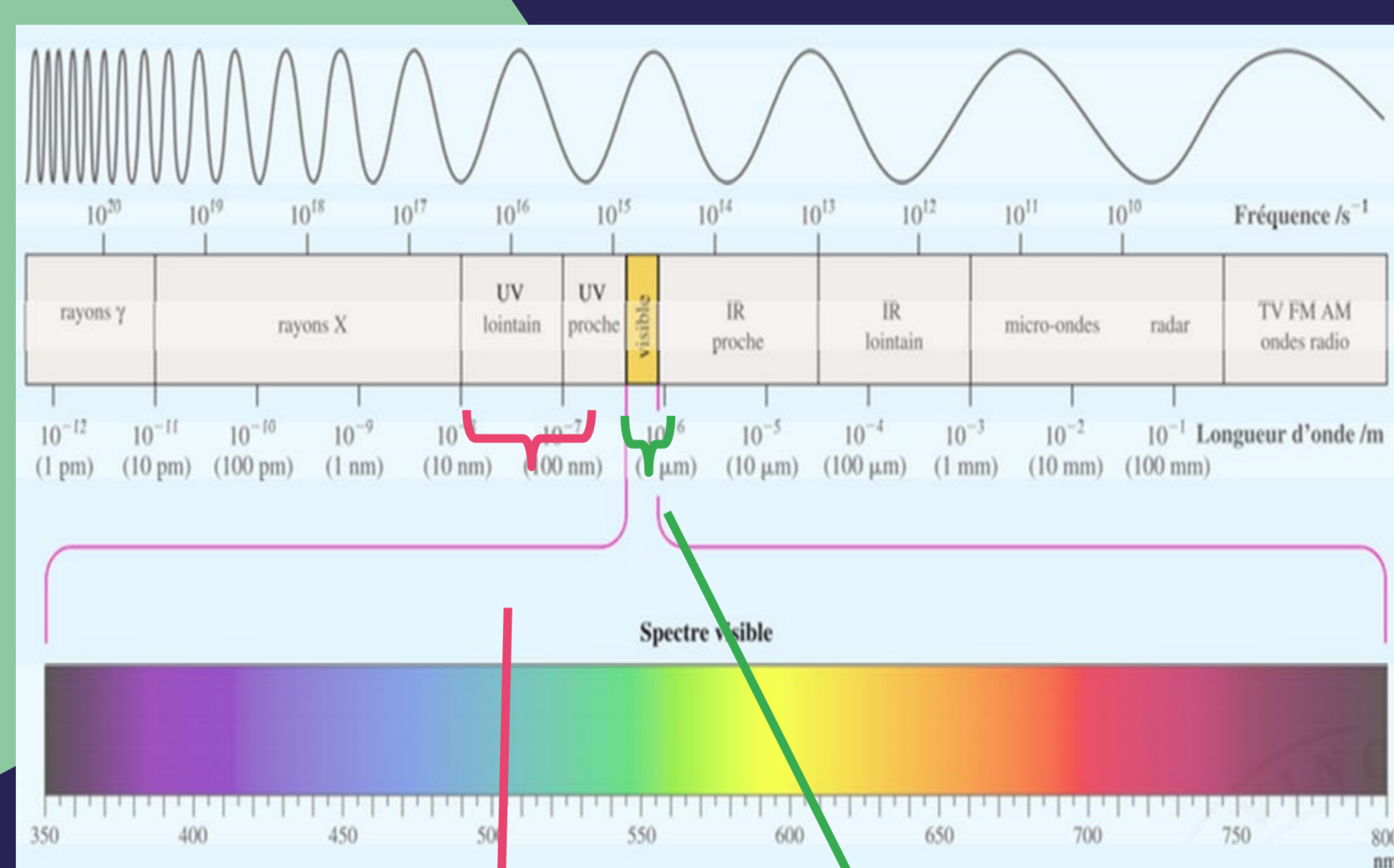


Fig 2. : Spectre électromagnétique

Zone du spectre utilisé pour l'impression cyanotypique

Zone du spectre prise en photo, capturé jadis par des films argentiques, et de nos jours par des capteurs électroniques

### L'UV comme moteur de la réaction

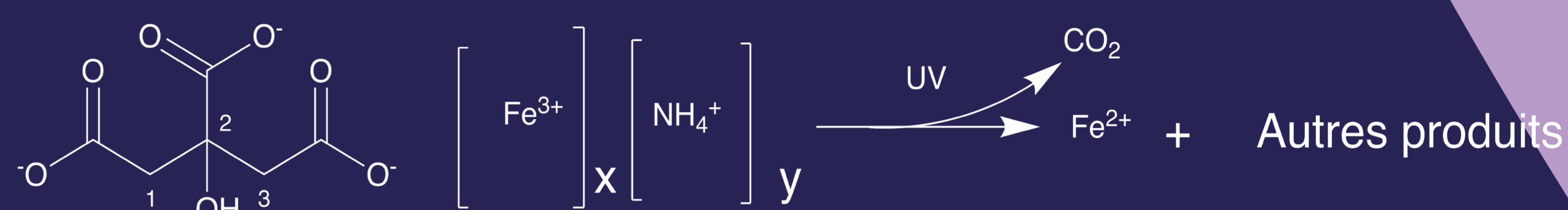
Pour une explication détaillée, nous invitons à la consultation du document pédagogique, ainsi que la consultation de [1] et [2]

#### 1) Mise en présence des deux produits

- Mélange 50:50 de citrate d'ammonium ferrique et de cyanure de fer (III)
- Application de la solution sur papier dessin, à l'abri de lumière UV

#### 2) Étape UV sensible

- Réaction de réduction du  $Fe^{3+}$  en  $Fe^{2+}$  dans le complexe citrate: c'est l'étape qui se déroule grâce à l'UV, ceci justifie l'appellation "photochimique" de la réaction
- Dégagement de  $CO_2$



- Nouvelle étape d'oxydoréduction: l'ion  $Fe^{2+}$  complexé par le citrate réagit avec le ferricyanure de potassium. La réaction permet la réduction du ferricyanure ( $[Fe^{III}(CN)_6]^{3-}$ ) en ferrocyanure ( $[Fe^{II}(CN)_6]^{4-}$ ) et l'oxydation du fer du complexe citrate.
- Création d'un complexe  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ , "Bleu de Prusse"



#### 3) Étape de révélation

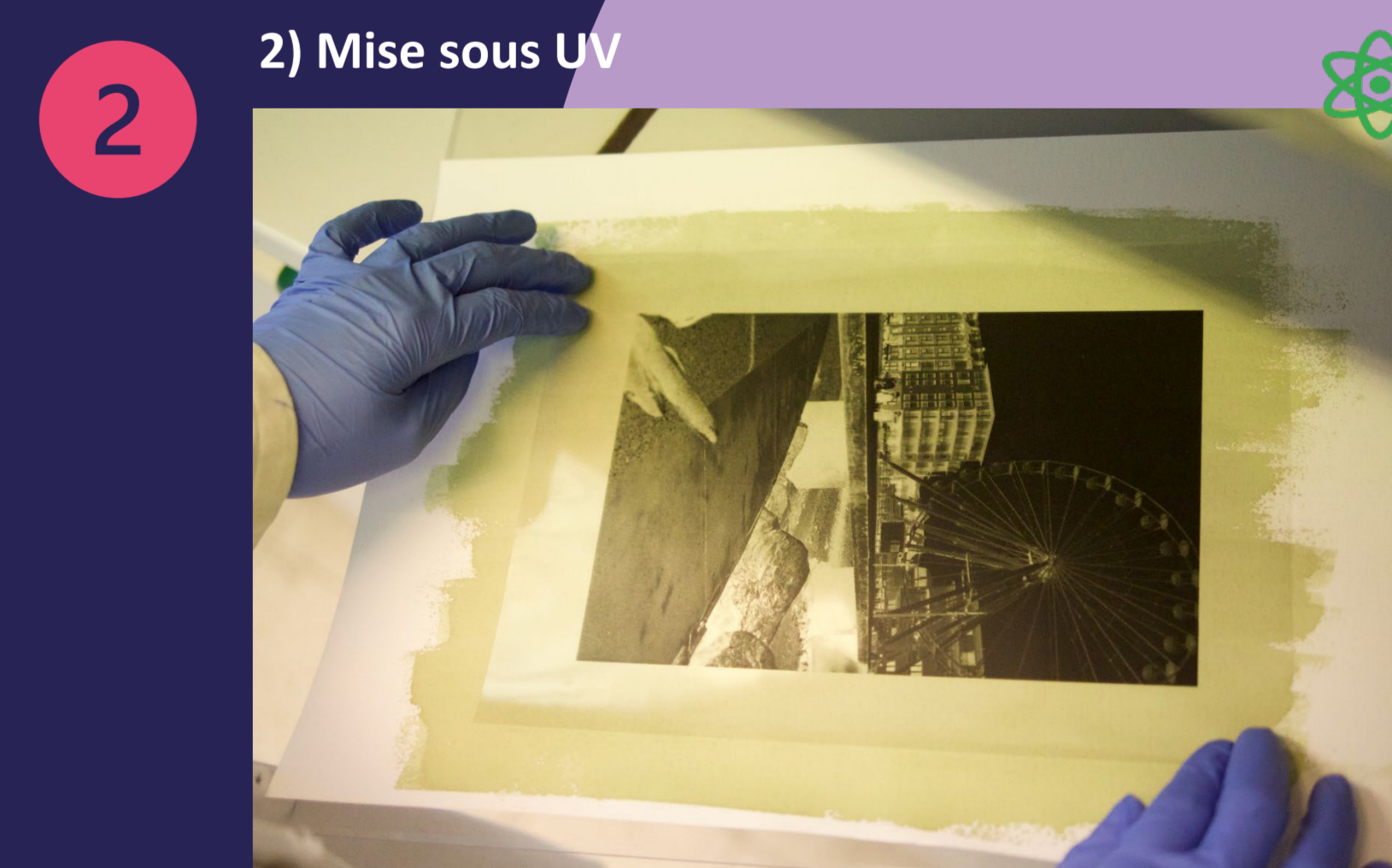
- Lavement des sels solubles dans de l'eau distillée

#### 4) Oxydation du Bleu de Prusse

- Assombrissement de la couleur bleu et terminaison de la réaction



1) Application du mélange



2) Mise sous UV



3) Lavage à l'eau



4) Produit final