

HOMMAGE À ISMAEL MOYA



Ismael Moya est un chercheur spécialisé en physico-chimie né en Espagne (Valencia ?). Il a fait partie du laboratoire de météorologie dynamique de l'Institut polytechnique de Paris à Palaiseau. Il a aussi travaillé sur le synchrotron Super-ACO à Orsay.

C'est un spécialiste de la détection de la fluorescence de la chlorophylle et un excellent instrumentaliste et inventeur.

Il a développé les instruments de détection soit passifs qui utilisent la lumière du soleil pour l'irradiation et des instruments qui utilisent des lasers, pour l'excitation de la chlorophylle. Il a développé différents Lidar dont certains embarqués sur des avions.

Ces méthodes permettent d'obtenir des renseignements sur l'état de la végétation, stress hydrique du au manque d'eau, manque d'intrants, etc..

Certains des instruments développés l'ont été avec des méthodes « frugales » qui montrent l'intérêt d'Ismael pour le « low cost ». Il ne s'agit en aucun cas d'instruments industriels.

Il a également induit le développement d'une start up, Force A, qui a abouti à l'élaboration d'une « pince » permettant de détecter plusieurs paramètres sur les feuilles de vigne et sur le raisin. qui permettent de caractériser l'état des vignes.



Pince Dualex entreprise FORCE A

<https://www.youtube.com/watch?v=Tfop94PvFDM>

Paramètres mesurés :

FLAV pour la mesure des Flavonols

ANTH pour les Anthocyanes

HCA pour les Acides Hydroxycinamiques (acides chlorogénique, chicorique...)

Schéma d'un des dispositifs expérimentaux (Spectroflex) utilisés pour la détection active de la fluorescence.

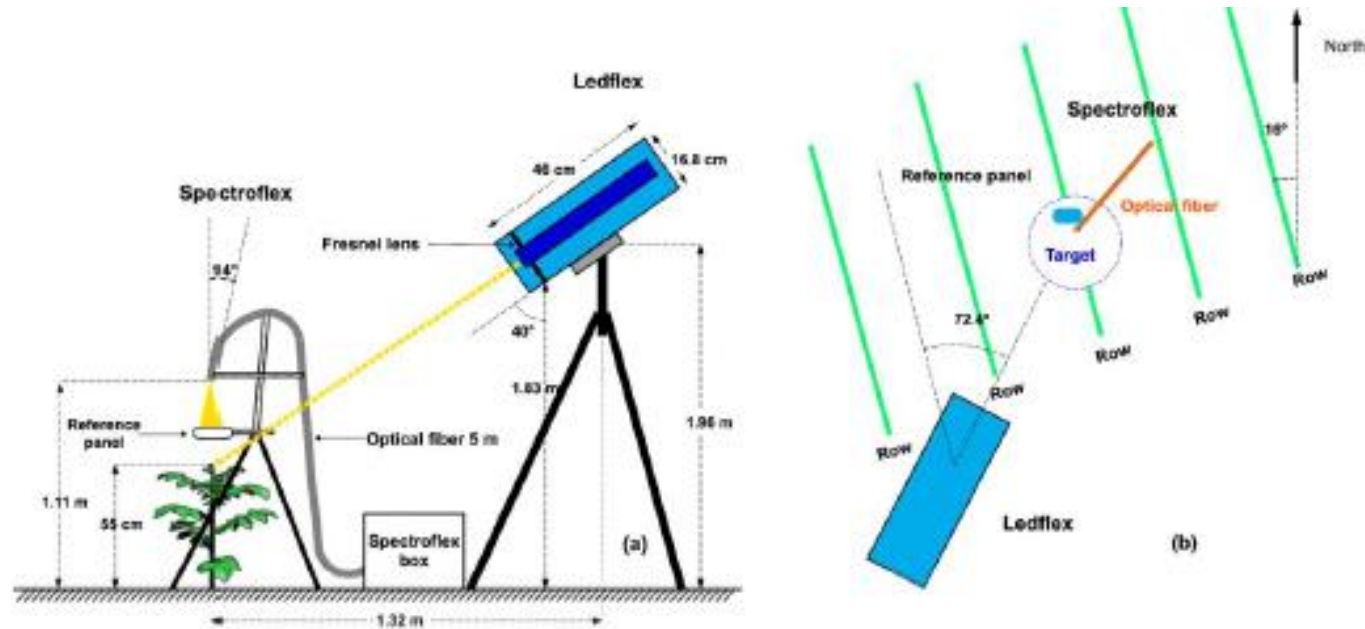


Fig. 3. 4 Schematic representation of the geometric configuration of Spectroflex2 and Ledflex measuring devices as conducted on the plot: **a** Front view and **b** top view. Fluorescence measurements – passive and active – started once the plants reached an average of 55 cm height (maximum vegetation cover).

Il a encadré plusieurs thèses.

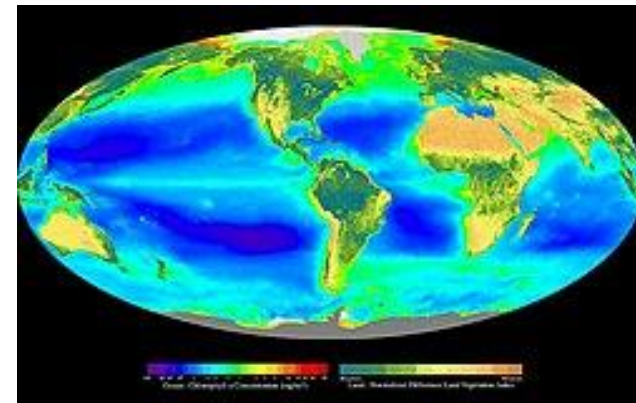
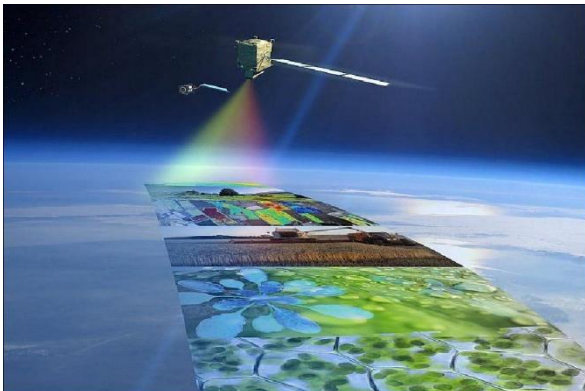
La dernière (en co-tutelle), a été réalisée avec un étudiant péruvien **Hildo Loayza Loza** (ingénieur formé à la UNI à Lima) de l'Institut International de la pomme de terre, **Centro Internacional de la Papa** en espagnol (CIP) soutenue le 12 décembre 2022, qui a donné lieu à plusieurs articles , dont un avec le titre : « *Suivi expérimental du rendement de fluorescence des couverts végétaux par des techniques actives et passives. Application à la détection du stress hydrique.* ». Le but de la thèse était le développement d'outils pour suivre et améliorer les cultures. Et notamment caractériser le stress hydrique pour les cultures de pommes de terre.

Ismael Moya a beaucoup interagit avec le Pérou notamment par l'intermédiaire de l'association Puya de Raimondi, avec laquelle il a participé à différentes actions . Son interaction avec le Pérou a duré plus d'une dizaine d'années. Il y a réalisé plusieurs campagnes de mesures sur le terrain. Il a collaboré une dizaine d'années avec Hildo., qui aura été son dernier thésard.

Le micro Lidar LED FLEX développé a été testé dans différents environnements.

Dans le même temps, il a avec d'autres membres de la communauté scientifique exécuté un lobbying intense pour la mise en place d'un programme ESA destiné à un satellite à la détection de la fluorescence de la chlorophylle sur la surface du globe.
Le nom du satellite est **FLEX**. Il vient d'être lancé en orbite le **15 septembre 2026**.

FLEX (*Fluorescence Explorer*) est un satellite d'observation de la Terre faisant partie du programme Living Planet de l'ESA. L'objectif de la mission *FLEX* est de mieux comprendre le fonctionnement du processus de photosynthèse en effectuant des mesures globales de la fluorescence liée à ce mécanisme. Le satellite dont la masse est d'environ 450 kg sera placé sur une orbite héliosynchrone. Il travaille en synergie avec le satellite *Sentinel-3*, et utilise un spectromètre imageur pour réaliser une carte globale quantifiant ce processus. Le satellite a été lancé par une fusée *Vega-C* le 15 septembre 2026, en tandem avec le satellite *Sentinel-3C*. La durée de vie prévue (mission primaire) est de 5 ans.





Ismael Moya Jose Moreno meeting at ESA

Ismael Moya a beaucoup interagit avec le Pérou notamment par l'intermédiaire de l'association Puya de Raimondi, avec laquelle il a participé à différentes actions .

Son dernier thésard (en co-tutelle), Hildo Loayza avait été formé à l'université Nationale des Ingénieurs (UNI) et travaillait à l'Institut International de la Papa - Pomme de Terre - (CIP Lima – Pérou). Le but de la thèse était le développement d'outils pour suivre et améliorer les cultures.

Et notamment caractériser le stress hydrique pour les cultures de pommes de terre.
Il a collaboré une dizaine d'années avec Hildo., qui aura été son dernier thésard.
Le micro Lidar LED FLEX développé a été testé dans différents environnements.

Photosynthesis Research (2019) 142:1–15 <https://doi.org/10.1007/s11120-019-00642-9>

Ismael Moya · Hildo Loayza · Maria Llanos López · Roberto Quiroz · Abderrahmane Ounis · Yves Goulas

Canopy chlorophyll fluorescence applied to stress detection using an easy-to-build micro-lidar

Photosynthesis Research (2023) 155:271–288 <https://doi.org/10.1007/s11120-022-00995-8>

Hildo Loayza · Ismael Moya · Roberto Quiroz · A. Ounis · Yves Goulas

Active and passive chlorophyll fluorescence measurements at canopy level on potato crops. Evidence of similitude of diurnal cycles of apparent fluorescence yields

Photosynthesis Research (2023) 155:159–175 <https://doi.org/10.1007/s11120-022-00983-y>

Active in situ and passive airborne fluorescence measurements for water stress detection on a fescue field

Ismael Moya · Hildo Loayza · Maria-Llanos López · Juan Manuel Sánchez · Yves Goulas ·

Abderrahmane Ounis · Roberto Quiroz · Alfonso Calera

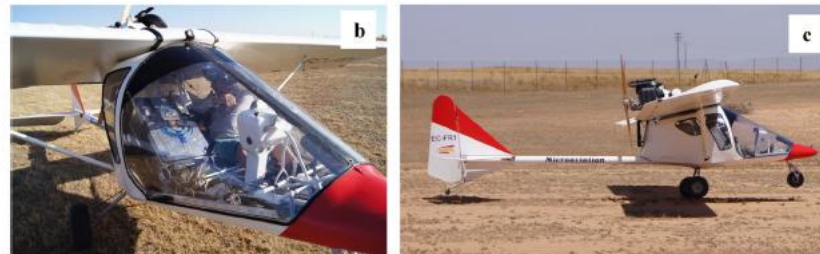
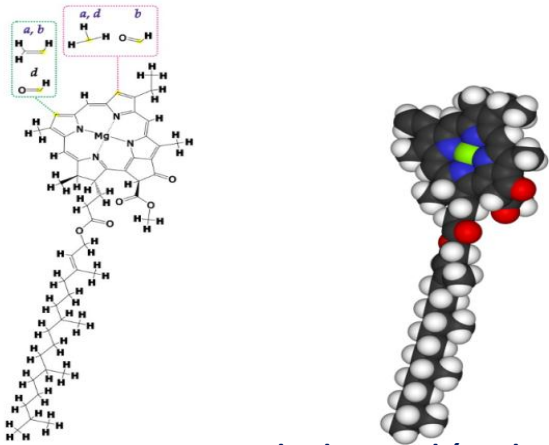
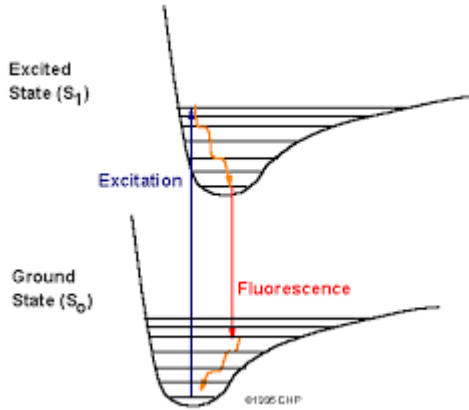


Fig. 5 **a** Airflex and associated electronics inside the instrumental box. **b** The Airflex box in the airplane cabin. **c**. The ultralight airplane at take-off

Quelques exemples pour la fluorescence

I - La fluorescence: une méthode indirecte pour mettre en évidence l'absorption

Définition de la fluorescence : c'est l'une des réponses à l'absorption d'un photon par l'état excité d'une molécule. Cet état excité va se « relaxer » et revenir à l'état fondamental en émettant un photon d'énergie inférieure à celle du photon d'excitation. La détection de cette émission implique qu'il y a eu absorption de la lumière incidente d'excitation.



Structure de la molécule de chlorophylle

- L'exemple que nous prendrons est la fluorescence de la **chlorophylle**, molécule impliquée dans la photosynthèse. L'avantage est que cette molécule se trouve dans la plupart des plantes donc accessibles à tous -tes. Par exemple les feuilles de **persil** que nous avons tous dans notre cuisine donnent une fluorescence très intense.

Beaucoup de produits de notre quotidien, à la suite surtout d'une excitation dans l'**UV** montrent une fluorescence : huile d'olive, tonics, produits d'entretien, etc...

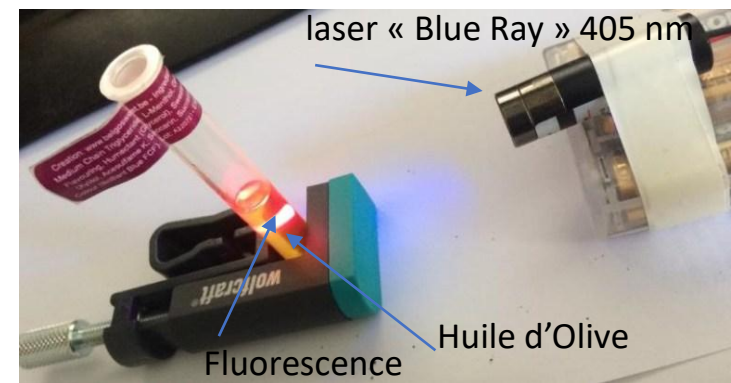
La longueur d'onde de l'émission de fluorescence est une caractéristique d'une molécule contenue dans le produit ainsi que la durée de vie de fluorescence dont la mesure demande un équipement plus spécialisé et que nous n'utiliserons pas pour les expériences confinées.

Matériel: module diode laser « Blue ray » 405 nm

Alimentation: 3 piles de 1,5V Boitier récupéré sur les guirlandes leds de Noël.

Coût: diode laser (fabriquée en Chine) de l'ordre de 20 €, boîtier d'alimentation, de l'ordre de 15 € pour un logement pour 3 piles AA, c'est le cout de la guirlande LED.

- Dans l'absolu il faudrait un filtre (pour occulter la lumière d'excitation) pour n'observer que l'émission de fluorescence, mais comme le but des mesures est qualitatif et que la fluorescence est assez intense on peut s'en passer dans un premier temps.
- Le matériel dont on caractérise la fluorescence se trouve à la maison; persil, coriandre, Aloe Vera, huile d'olive, Schweppes, tonics, produits d'entretien contenant des produits de blanchiment.
- Le milieu qui entoure la molécule qui fluoresce peut changer ses propriétés d'absorption (on parle de solvatochromisme).
- Alternative à la diode laser: on peut utiliser des leds qui émettent dans le même domaine de longueur d'onde, mais leur émission diverge beaucoup et il faut rajouter de l'optique, de plus la largeur spectrale de l'émission est assez étendue.



e : F. Piuze

APPLICATIONS DE LA FLUORESCENCE A LA MAISON (suite)

- Expérience avec une diode laser d'excitation de type Blue ray (405 nm)
- ❑ Caractérisation de la boisson "Indian Tonic" (Schweppes), le passage d'un faisceau laser (405 nm) dans un verre contenant cette boisson permet de voir que la trajectoire du faisceau est caractérisée par une couleur bleue – voir diapo suivante- (alors qu'il n'y a aucune coloration avec l'eau). Ceci est dû à la présence de molécules de quinine dans la boisson et qu'elle fluoresce dans la partie bleue du spectre. http://www.armelmartin.mon-site-a-moi.fr/doc/tipe/1-BUP_Quinine.pdf
- ❑ La quinine est une molécule aromatique qui fluoresce efficacement avec un maximum à 450 nm, son domaine d'absorption s'étend de 250 à 350 nm. La quinine qui originalement est extraite de l'écorce de l'arbre Chinchona (Pérou), constitue la base d'un traitement efficace de la malaria. Pour des raisons de goût, essentiellement son amertume, la quinine a été mélangée à du gin pour la réalisation des cocktails « toniques ». La quinine est utilisée comme un agent aromatisant dans: l'eau « Tonic », le citron amer (Schweppes) et le Vermouth. La quantité est limitée par les organismes de régulation de l'alimentation à un maximum de 83 ppm, les produits commerciaux en contiennent généralement entre 25 et 65 ppm.

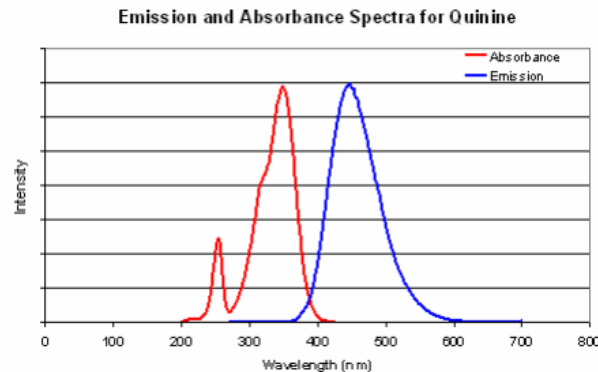
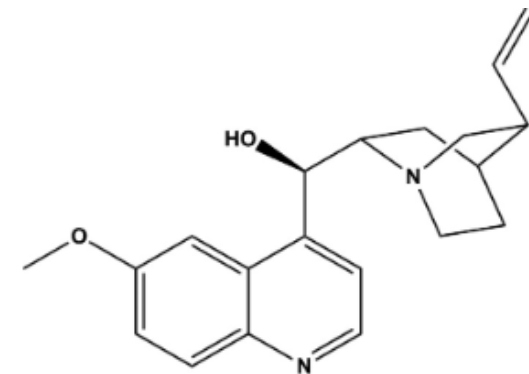
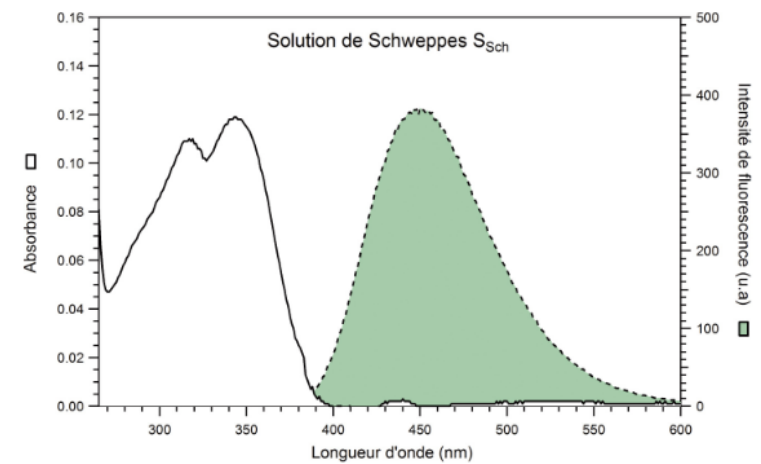
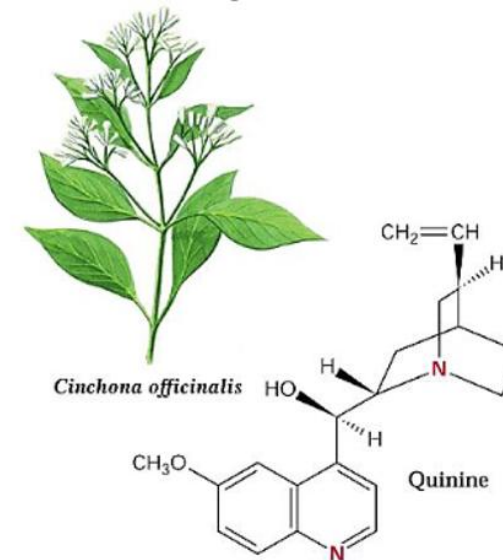


Figure 5: Absorption and emission spectra of quinine.

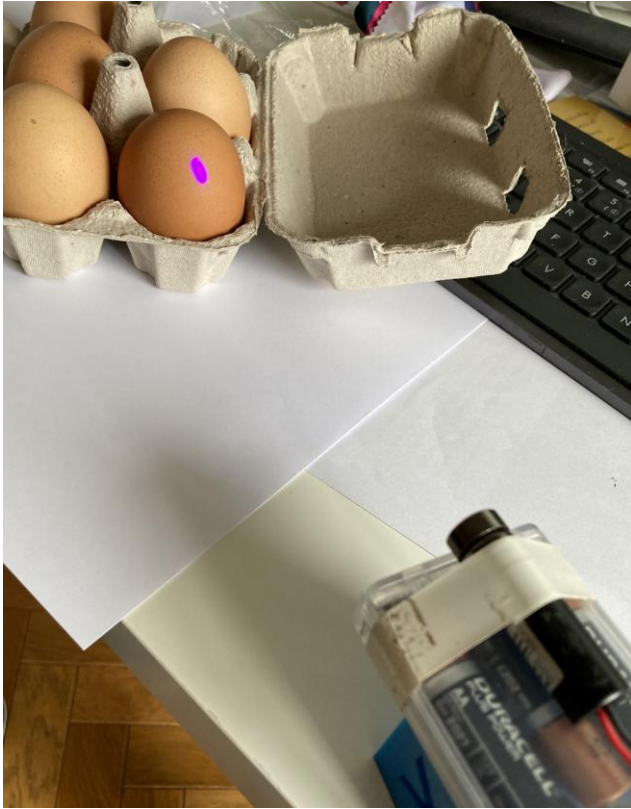


Structure de la molécule de quinine

Caractéristiques de l'absorption et de la fluorescence d'une solution de Schweppes

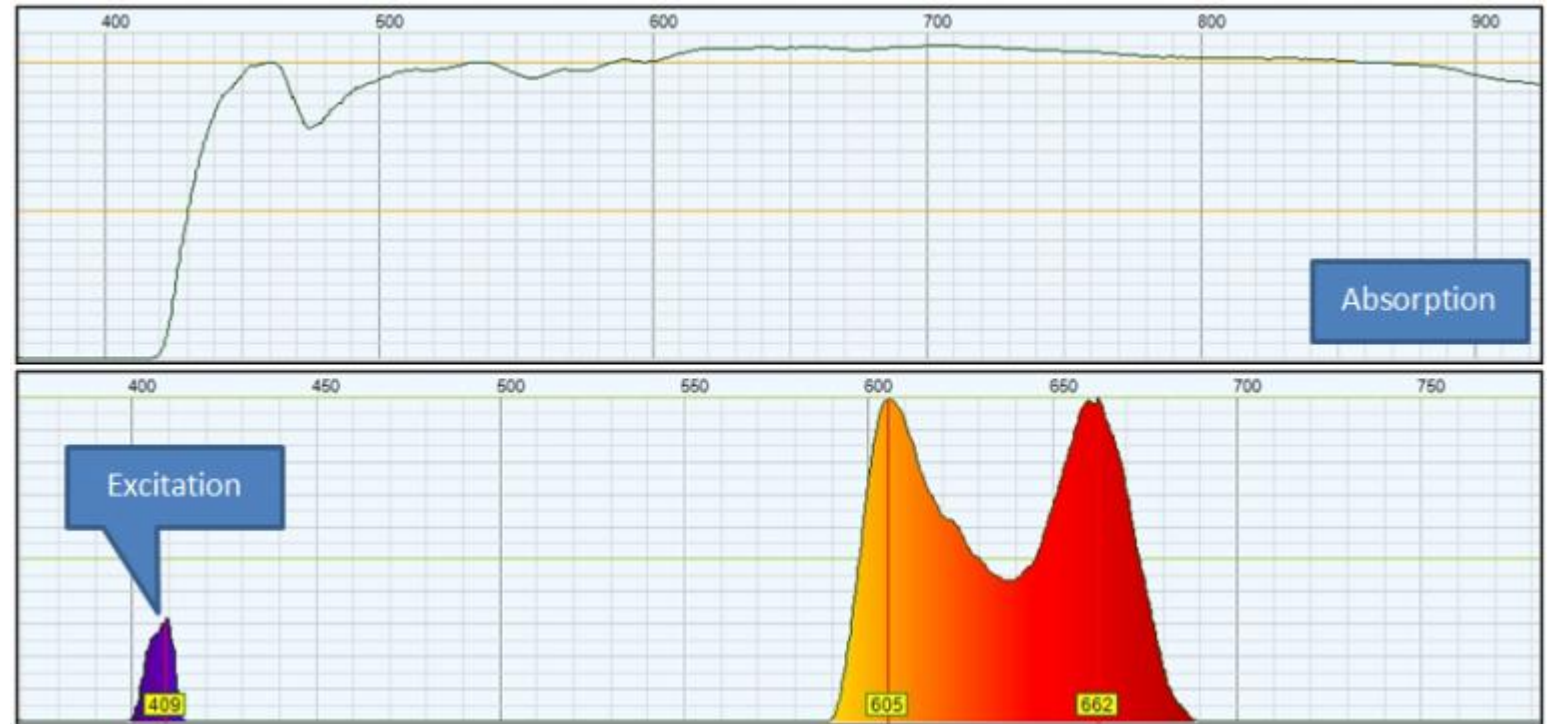
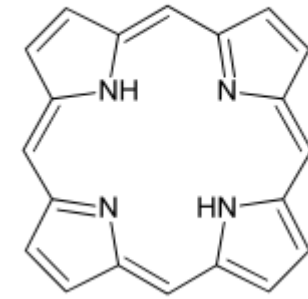


FLUORESCENCE DE LA PORPHYRINE PRÉSENTE DANS LA COQUILLE DES OEUFS



L'excitation est toujours réalisée avec un laser à 405 nm. La couleur devrait être rouge mais la gestion des couleurs de l'iPhone est loin d'être parfaite.

ProtoPorphyrin



Source :<https://physicsopenlab.org/2016/07/04/porphyrins-the-colors-of-life/>