

Photomètre sous-marin destiné à mesurer un flux de photons (Quantum-mètre)

par

LOUIS PRIEUR

Laboratoire d'océanographie physique, Faculté des sciences de Paris, Villefranche-sur-Mer (France)

Les mesures d'éclairement à différentes profondeurs dans la mer présentent un grand intérêt pour les Océanographes biologistes en particulier en leur permettant de connaître l'énergie disponible aux fins de photosynthèse. Ces mesures, qui doivent pouvoir être comparées entre elles, sont de trois sortes :

- celles, les plus complètes, donnant la répartition spectrale de l'éclairement en valeur absolue, mais nécessitant actuellement des appareils sinon encombrants du moins coûteux,
- celles, faites dans un domaine étroit de longueurs d'onde, en utilisant un filtre interférentiel,
- celles, globales, donnant l'éclairement pour un domaine étendu de longueurs d'onde.

Ces dernières peuvent être effectuées au moyen de thermopiles, pour mesurer le flux énergétique par unité de surface, ou au moyen de quantum-mètres, pour déterminer le nombre total de photons traversant l'unité de surface dans l'unité de temps. Les irradiance-mètres existant actuellement sont décrits dans le livre d'optique océanographique de N.G. JERLOV [1].

Le groupe de travail n° 15 de l'UNESCO-SCOR (2) s'intéressant à l'énergie disponible pour la photosynthèse a mis l'accent sur la nécessité de construire un quantum-mètre simple et petit, sensible à des radiations de longueurs d'onde comprises entre 350 et 700 nm. N.G. JERLOV [1] a déjà étudié la possibilité d'utiliser des filtres optiques colorés dans la masse, joints à des cellules photovoltaïques pour réaliser un tel appareil.

Principe d'un quantum-mètre

Pour mesurer un flux de photons, il suffit de réaliser un appareil dont la densité spectrale de la sensibilité en valeur relative soit directement proportionnelle à la longueur d'onde.

En effet, si n_λ est le nombre de photons incidents de longueur d'onde comprise entre λ' et $\lambda + d\lambda$ l'énergie correspondante est :

$$dW_\lambda = \frac{hc}{\lambda} n_\lambda d\lambda$$

h étant la constante de Planck

c la vitesse de la lumière.

Le photomètre donne une indication i telle que $di = \sigma_\lambda dW_\lambda$

σ_λ étant la sensibilité de l'appareil en valeur absolue pour les radiations de longueur d'onde λ .

$$\text{donc : } di = hc \cdot \frac{\sigma_\lambda}{\lambda} n_\lambda d\lambda$$

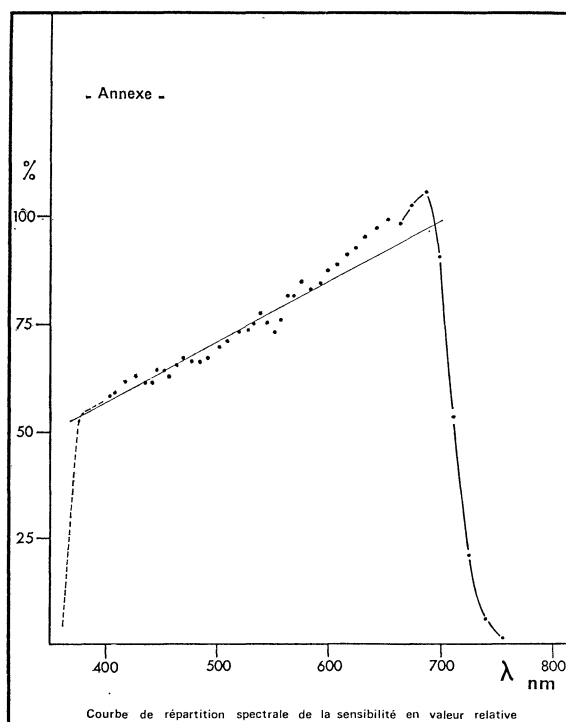
Lorsque $\sigma_\lambda = k\lambda$, k étant indépendant de la longueur d'onde,

$$di = hck \cdot n_\lambda d\lambda$$

et l'indication est proportionnelle au nombre de photons quelle que soit la longueur d'onde.

Descriptions de la partie optique de l'appareil

L'élément sensible à la lumière est un photo-multiplicateur à photocathode du type S 10, choisi de manière à ce que sa densité spectrale de sensibilité varie le moins possible dans le domaine de longueurs d'onde considéré; ainsi la sensibilité à 700 nm est neuf fois plus faible que celle au maximum de sensibilité à 450 nm. Un diaphragme (voir ci-dessous et un filtre interférentiel continu sont placés devant la photocathode du photomultiplicateur; la fenêtre d'entrée du photomètre est constituée par un collecteur diffusant résistant à la pression.



Étalonnage

Dans le laboratoire de Photométrie du Laboratoire, nous avons taillé le diaphragme de manière à obtenir la courbe de répartition spectrale désirée pour l'appareil ainsi construit. (Voir en annexe). La méthode d'étalonnage, qui est aussi employée au National Physical Laboratory [3], consiste à comparer les signaux délivrés d'une part, par le récepteur à étalonner et d'autre part, par une thermopile, lorsque ces éléments reçoivent alternativement un même flux lumineux sortant d'un monochromateur.

La partie en traits pointillés de la courbe donnée en annexe indique l'allure probable de la courbe de répartition spectrale obtenue par une méthode indirecte, le flux sortant du monochromateur en-dessous de 400 nm étant trop faible pour poursuivre l'étalonnage en valeur relative. La précision de ce dernier est de 2 p. 100 à 700 nm et de 4 p. 100 à 400 nm; l'erreur introduite par l'effet des radiations de longueurs d'onde supérieures à 700 nm est inférieure à 4 p. 100 pour un éclairage dont la répartition spectrale est indépendante de la longueur d'onde. Dans ces mêmes conditions, l'erreur due aux écarts de la courbe réelle à la droite idéale est inférieure à 1 p. 100. L'appareil fonctionne donc, en tant que quantum-mètre, entre 370 et 700 nm.

Performances de l'appareil

L'alimentation haute tension du photomultiplicateur est incorporée à l'intérieur de la boîte étanche et fonctionne à partir d'une basse tension continue, amenée par câble électrique. Nous pouvons faire varier la haute tension du photomultiplicateur, donc la sensibilité, en jouant sur la basse tension; le signal est remonté à bord.

Actuellement, nous pouvons mesurer des éclairagements supérieurs ou égaux à $1,4 \times 10^{11}$ photons par centimètre carré et par seconde, qui correspondent à des éclairagements supérieurs ou égaux à $0,05 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ à $546 \text{ m}\mu$. Ainsi l'appareil permet de faire des mesures jusqu'à 150 mètres de profondeur par temps clair, à midi, et dans des eaux claires.

Références bibliographiques

- [1] Report of the second meeting of the joint group of experts on photosynthetic radiant energy, held at Karuizawa, 15-19 August 1966. *Unesco Tech. Pap. mar. Sci.*, **5**, 4 p.
- [2] JERLOV (N.G.), 1968. — *Optical oceanography*. — Amsterdam, Elsevier publishing company. XIII-194 p.
- [3] Photométric - Standards. *Note appl. Sci.*, **29**, pp. 12-17.

