

# Par une nuit sans lune

Les photomultiplicateurs et thermorécepteurs

« Pas de photographie sans lumière », certes. Mais entre l'absence complète de particules lumineuses et la lumière du soleil, la limite de la photographie est imprécise. Tout le travail des chercheurs a été de reculer cette limite.

Il existe un moyen bien connu de tricher avec elle : c'est la lumière artificielle des lampes ou d'un flash. Mais sa portée est relativement limitée : elle varie en raison inverse du carré de la distance ; en fait, elle est même plus courte, si l'on tient compte de l'absence de réflexion sur d'autres structures que le sujet et de la diffusion dans l'atmosphère (1).

## Reculer les limites des objectifs et des films

Traditionnellement, deux moyens ont été utilisés pour pouvoir photographier en lumière faible.

Le premier est l'augmentation de la luminosité des objectifs en augmentant le diamètre des lentilles, et bien entendu leur nombre, pour corriger les aberrations supplémentaires ; on a fait aussi appel aux surfaces asphériques et aux lentilles flottantes (Asahi Pentax f/3,5 de 15 mm, Olympus Zuiko f/2 de 21 mm, Canon SSC-AL f/1,4 de 24 mm, Leitz Noctilux f/1 de 50 mm, etc.). Les Nikkor f/1,1 de 50 mm et Canon f/0,95 de 50 mm, apparus il y a une quinzaine d'années et destinés à des appareils à télémètre, ne sont donc plus des cas isolés (2) et (3).

Le second est l'augmentation de la sensibilité intrinsèque des films ainsi que des révélateurs propres à multiplier dans de larges proportions cette sensibilité. Il est assez courant, avec des films modernes comme la Recording 2475 de Kodak, d'exposer à 10 000, voire 12 000 ASA. Un de nos confrères publiait ainsi, voici une dizaine d'années, la photo d'une rame de métro en marche entre deux stations... Bien sûr le grain devient considérable, mais on a quand même une image...

Luc Fellot (4) explique dans *Science & Vie*, en se basant sur les calculs de la *Royal Photographic Society* de Londres qu'il serait possible d'atteindre des rapidités de 100 000 à 1 million d'ASA, à condition de pouvoir activer l'ensemble des grains d'argent inclus dans la gélatine du film. On obtiendrait alors des photos à la seule lumière des étoiles, au 1/30 s à f/22... Mais le chargement et le développement du film, s'il existait, nécessiterait des précautions spéciales. Ce film, bien entendu, ne pourrait servir que dans les cas d'absence quasi-totale de lumière. A un tel stade, de nouvelles difficultés surgissent. La mise au point, d'abord, devient de plus en plus imprécise et laborieuse : la vi-

sée réflexe étant quasi-inutilisable, il faut recourir à un télémètre à grande base et, tout compte fait, son abandon par les constructeurs (Canon et Nikon) est peut-être injustifié. Qui-conque a photographié par manque sérieux de lumière avec un Leica, même d'avant-guerre, et avec un Réflex, même moderne, me comprendra. Or, avec un objectif très ouvert, une mise au point parfaite est nécessaire : la profondeur de champ étant presque nulle. Le choix du Leica à télémètre pour le Noctilux f/1 de 50 mm est effectivement le bon. Mais, si la nuit est seulement peuplée d'étoiles, le cadrage devient impossible et l'intérêt de la scène peut échapper entièrement à l'opérateur.

## Les limites de l'acuité visuelle

Ce sont elles, en définitive, qui rendent la photographie inopérante. L'œil s'adapte de plusieurs manières au manque de luminosité : la pupille se dilate de 2 à 8 mm de diamètre ; les bâtonnets de la rétine, saturés de lumière le jour (pendant lequel seuls les cônes sont actifs et sensibles à la couleur), se mettent à fonctionner. Comme ils ne sont pas sensibles à la couleur, la vision nocturne est essentiellement en noir et blanc.

Enfin, la rétine s'imprègne plus longtemps des signaux lumineux : le temps nécessaire pour atteindre 0,2 s. Il résulte donc une moindre perception des mouvements.

## Les photomultiplicateurs

L'une des idées qui vient le plus rapidement à l'esprit, c'est l'augmentation électronique de la lumière, de même que l'on augmente le son d'un électrophone en intercalant un amplificateur entre la platine et les haut-parleurs.

Dans un article récent de la revue anglaise *Nature*, le professeur P. Schagen, de la Division de physique appliquée des laboratoires Mallard, fait le point sur les possibilités offertes par ces photomultiplicateurs et par les récepteurs d'images thermiques (5). Nous n'avons d'autre ambition ici que de résumer son étude. Mais nous conseillons à ceux que les calculs physiques intéressent de s'y référer.

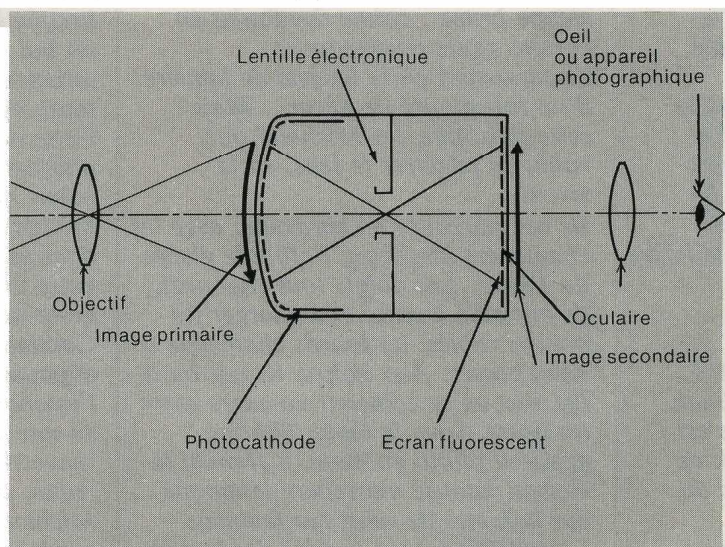


Fig. 1 : Principe d'un photomultiplicateur (inspiré de P. Schagen, 1977).

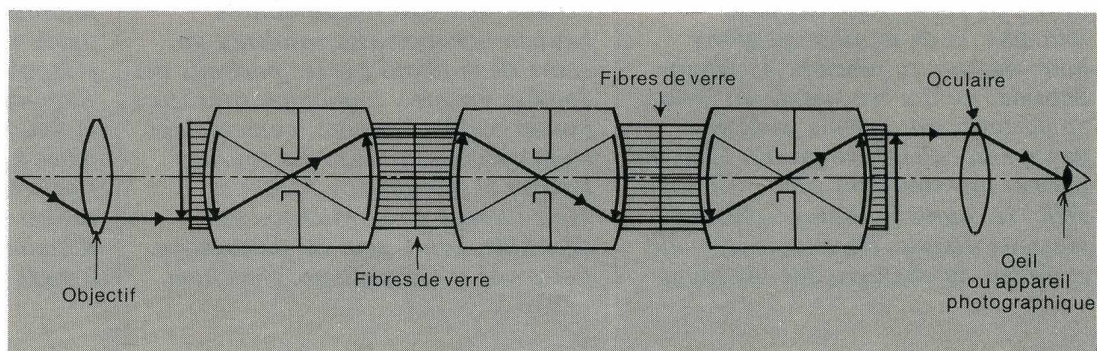


Fig. 2 : Principe du photomultiplicateur à éléments en cascade (inspiré de P. Schagen, 1977).

Les photomultiplicateurs ne datent pas d'hier : le premier brevet fut en effet déposé par Philips, en Hollande, en 1928. Le principe de pouvoir voir sans avoir à éclairer ni être vu était d'un intérêt militaire évident : les armées de nombreux pays s'emparèrent de la découverte et en couvrirent les applications du secret de défense qui empêcha pendant près de trente à quarante ans tout travail ouvert d'approfondissement à ce sujet ; c'est ce que montre à l'évidence la bibliographie du professeur Schagen.

Schématiquement, un photomultiplicateur est constitué comme suit (fig. 1). Un objectif à haute luminosité forme une image primaire sur une photocathode. Les photons de cette image arrachent à la cathode des électrons qui sont focalisés par une lentille électronique sur un écran fluorescent lequel transforme cette image électronique en une image secondaire, à son tour visible. L'image secondaire peut avoir des milliers de fois la brillance de l'image primaire.

Deux applications de ce principe ont été mises au point. Le premier procédé (fig. 2) consiste simplement à monter en série plusieurs photomultiplicateurs dont les écrans respectifs sont reliés par des fibres de verre très fines (moins de 10 µ de diamètre). En assemblant un maximum de trois éléments et une source électrique de haute tension, on a un photomultiplicateur miniature, très efficace.

Le second procédé consiste à multiplier les électrons juste avant qu'ils n'atteignent l'écran fluorescent d'un photomultiplicateur simple. Les électrons traversent une multitude de tubes de verre creux de 1 mm de long et 10 à 15 µ de diamètre ; sur les quelques cm<sup>2</sup> de l'écran fluorescent sont ainsi groupés près d'un million de tubes de verre. Ces tubes se voient appliquer à leurs extrémités une différence de potentiel très élevée qui accélère les électrons ; lorsque ceux-ci frappent la paroi du tube, ils y arrachent des électrons secondaires, et ainsi de suite (fig. 3). Le gain de lumino-

sité dépasse facilement 100 000 !

Ce second procédé présente sur le premier des avantages importants : l'image est plus « piquée », et les hautes lumières éventuelles ne « bavent » pas sur le reste de l'image. Enfin, les photomultiplicateurs à micro-tubulures peuvent être très compacts. P. Schagen le montre avec une photographie de jumelles photo-amplificatrices dont la taille est inférieure à des jumelles 8x30 classiques. Toutefois, il existe des limites à la photomultiplication, comme il en existe à l'amplification sonore. En effet, outre les photons provenant de sources lumineuses, il y a des photons erratiques qui forment un bruit de fond d'autant plus nocif à la qualité de l'image que le niveau lumineux est plus bas. C'est pourquoi pour y voir encore dans une nuit noire, on a eu recours à un autre procédé : la thermoréception.

## Les thermorécepteurs

Un corps noir porté à une température de 290 Kelvin, soit 17 C (273 + 17), émet quelques

$$10^{18} \text{ photons s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$$

avec une longueur d'onde de l'ordre de 20 µ. Le soleil en dépose sur le sol lorsqu'il est brillant, quelques

$$10^{17} \text{ photons s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$$

c'est-à-dire dix fois moins que ce qu'un corps n'en réfléchit

sous forme de chaleur ! Mais, dans la nuit, le contraste intrinsèque d'une image thermique est très faible : les corps ne différenciant généralement que d'une température de 1 °C. Si l'on soumettait cette image à un analyseur bi-dimensionnel (afin de transformer l'image thermique en image visuelle, par exemple à l'aide d'un écran fluorescent), la sensibilité des photorécepteurs individuels qui composeraient l'écran thermique ne serait pas assez homogène pour que l'on ait une image correcte. L'armée américaine au Vietnam fut l'une des premières à mettre au point des thermorécepteurs opérationnels, susceptibles de faire apparaître les moteurs chauds ou récemment éteints, et des personnes camouflées dans la forêt ; c'est ce que dévoila le projet Narmic, organisé par le mouvement antiguerre. P. Schagen montre qu'une des solutions à la thermoréception est d'utiliser un capteur thermique linéaire, qui balaye le champ d'image. Les capteurs utilisés sont soit au tellure de cadmium et de mercure (CMT), soit au sulfate triglycinique (TGS). Mais ils doivent être maintenus à une température bien précise : +22° pour le TGS, -196, -80 ou -40 °C pour le CMT. Ils comportent typiquement de 30 à 192 éléments chaque, mais actuellement on sait faire des photorécepteurs avec un plus grand nombre d'éléments ayant chacun à pei-

ne 50 µ. La résolution thermique est de 0,1 °C, la résolution angulaire de 0,2 mrad (7) et l'angle de champ peut dépasser 12°. Les équipements ainsi réalisés sont relativement compacts, mais incluent nécessairement une chambre isotherme pour le thermorécepteur, du moins en l'état actuel de la technique. Les chercheurs ne désespèrent pas non plus de mettre au point un thermorécepteur unique qui supprimerait le problème complexe du balayage mécanique.

## Intérêt des photomultiplicateurs et des récepteurs thermiques

Les photomultiplicateurs, comme les récepteurs thermiques, ont eu au début un usage exclusivement militaire. Mais on pourrait tout autant s'en servir pour le sauvetage ou l'étude des animaux sauvages en liberté, spécialement des animaux nocturnes très difficiles à détecter et à approcher, en particulier en forêt vierge. La thermodétection, déjà utilisée en médecine (mammographie), peut servir à étudier les pollutions urbaines ou fluviales, les maladies des cultures ou à compléter les données de la détection aérienne des sites archéologiques et des ressources géologiques.

L. Gérard-Colbère

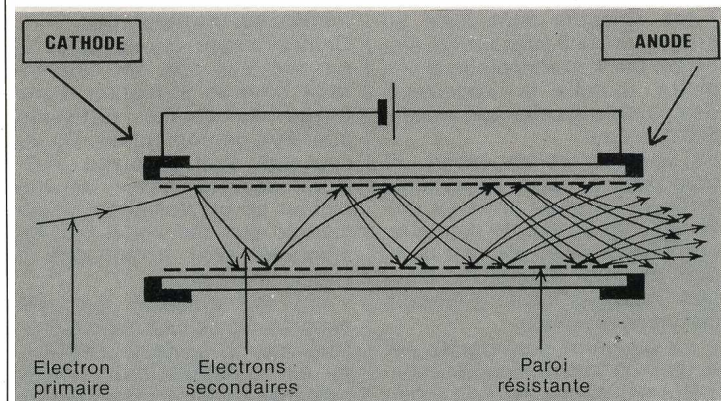


Fig. 3 : Multiplication des électrons par tubulures en verres, soumises à une différence de potentiel élevée. Un photomultiplicateur comporte près d'un million d'éléments-de ce type (d'après P. Schagen, 1977).

(1) B.F. Testez votre flash électronique - NPC n° 29, nov. 1974, pp15-20 + 78.  
 (2) L. Gérard-Colbère : Quoi de neuf dans les objectifs ? NPC n° 41, déc. 75, pp 64-67 et 78-79.  
 (3) L. G.-C. : Les lentilles flottantes NPC n° 50, oct. 76, pp87-89.  
 (4) Luc Fellot : Emulsions, bientôt un million d'ASA ? *Science & Vie*, n° hors série, mars 1977, pp46-55.  
 (5) P. Schagen : Some recent developments in remote sensing. *Nature*, London, vol. 266, 17 mars 1977, pp 223-228.  
 (6) Soit en langage plus clair : 10 x 10 x 10... (le tout dix-huit fois) photons par seconde et par centimètre carré.  
 (7) mrad : abréviation pour milliradian.