

La bougie est restée l'unité d'intensité lumineuse jusqu'en 1954

comparateur de luminosités. En particulier, il est capable de détecter si les éclairagements entre deux zones adjacentes illuminées simultanément par deux sources de lumière sont égaux. C'est cette propriété que Bouguer utilise pour effectuer sa mesure : une fois assurée l'égalisation des éclairagements des deux sources à comparer, le rapport des intensités lumineuses est égal au rapport des distances au carré.

Reste encore à mettre en pratique ce principe de mesure. Pour établir l'égalisation des éclairagements, il est nécessaire d'utiliser une source auxiliaire déplaçable. Par exemple, une bougie. Celle-ci deviendra l'unité d'intensité lumineuse et le restera jusqu'en 1954, où la candela prendra sa place dans le système international des unités.

Cependant, mesurer l'intensité lumineuse du Soleil aux solstices d'hiver et d'été pose d'autres problèmes pratiques. Il faut attendre six mois entre les deux mesures et, surtout, la luminosité du Soleil est bien trop importante par rapport à celle des chandelles dont dispose le savant. Astucieusement, Bouguer considère la pleine Lune plutôt que le Soleil. À des hauteurs identiques, la lumière des deux astres traverse bien la même épaisseur d'atmosphère et diminue par conséquent de la même proportion.

UNE NUIT DE PLEINE LUNE

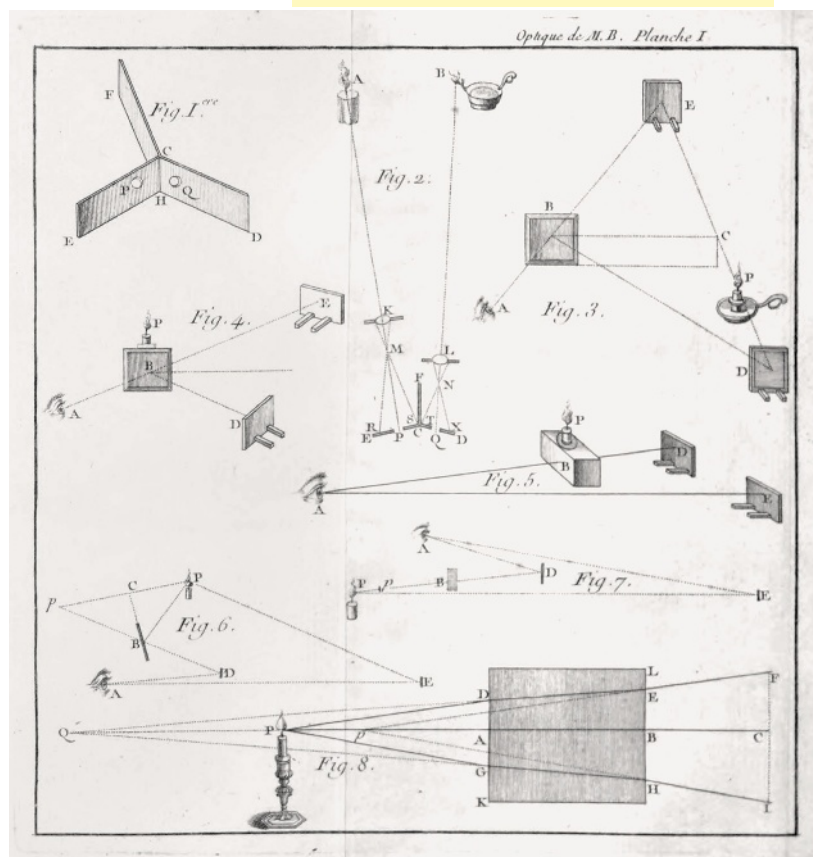
La mesure consiste à comparer la lumière de la pleine Lune à celle de quatre chandelles. L'opération a lieu lors de deux nuits consécutives : le 23 novembre 1725 vers 10 heures et demie du soir et la nuit suivante vers 3 heures du matin pour des hauteurs de pleine Lune correspondant à celles du Soleil aux solstices d'hiver et d'été au Croisic. Résultat : la première intensité lumineuse mesurée correspond à environ deux tiers de la seconde. Bouguer a donc réussi à quantifier la différence d'éclairage entre les solstices d'hiver et d'été, et a ainsi confirmé que cette différence suffit à expliquer, au moins en partie, pourquoi il fait plus froid en hiver. L'Académie, satisfaite, publie la présentation de ses résultats en 1726.

Dans la préface de son *Essai*, Bouguer envisage des pistes d'applications pour sa méthode. Étonnamment, il met l'accent sur une idée en lien avec la peinture, plus précisément avec la perspective aérienne, « cette gradation des teintes et demi-teintes, qui est cause que les parties d'un tableau semblent fuir ou avancer ».

L'OMBRE DE LÉONARD

Cette idée fait écho à la pratique des peintres de la Renaissance, et en particulier de Léonard de Vinci. À cette époque, la perspective et la peinture à l'huile ont permis de traduire les volumes et les reliefs avec un réalisme rarement atteint jusqu'alors. Vinci a bénéficié de cette révolution technique et a porté la maîtrise de la construction des ombres et des lumières jusqu'à l'incarner. Il n'est donc pas surprenant de trouver, dans un de ses fameux codex, quelques schémas rudimentaires décrivant le principe de comparaison des ombres créées par deux sources (voir la figure page 76).

Bouguer connaissait-il ses travaux ? Peu probable. En revanche, peut-être avait-il lu des ouvrages se référant au traité d'optique qu'un savant jésuite d'Anvers, François d'Aguilon, a publié en 1613 et dans lequel un autre peintre, Paul Rubens, semble illustrer le fonctionnement



Dans son *Traité d'optique*, publié de manière posthume en 1760, Pierre Bouguer présente divers systèmes de mesure photométrique. Il y critique également des dispositifs antérieurs aux siens, dont la mesure dépend de la vue de l'opérateur.

PIERRE BOUGUER, DE LA MER À LA TERRE

Pierre Bouguer naît au Croisic en 1698. À seize ans seulement, il remplace son père, décédé, comme professeur d'hydrographie. La majorité de ses travaux portent sur la navigation : formes des bateaux, manœuvres, mesures pour s'orienter en mer... Scientifique reconnu, il est élu membre de l'Académie royale des sciences en 1731 en tant que géomètre. La vie de Bouguer bascule en 1735 lorsque l'Académie le choisit pour participer à l'expédition géodésique de Louis Godin et Charles de La Condamine au Pérou. La théorie de la gravitation universelle de Newton prévoyant un aplatissement du globe

terrestre aux pôles, il s'agit de déterminer la « figure de la Terre », c'est-à-dire l'écart par rapport à la sphère parfaite, et de mesurer le degré méridien à l'équateur. Difficulté des mesures, rudesse du climat et du relief, enjeux géopolitiques, querelles entre savants... Pierre Bouguer retourne en France après plus de huit ans en Amérique latine. Rentré quelques mois plus tard, La Condamine, refusant de lui laisser tous les honneurs de l'expédition, l'attaque sur sa rigueur scientifique. S'ensuit une longue et pénible polémique entre les deux hommes qui ne s'achève qu'à la mort de Bouguer, en 1758.



Une statue de Pierre Bouguer surplombe la mer dans le port du Croisic, sa ville natale.

d'un photomètre (voir la gravure page 74). L'expérience représentée consiste à comparer la tache lumineuse formée par une lampe à une flamme et celle formée par une lampe à deux flammes placée à une distance double. D'Aguilon établit que la première est la plus fortement éclairée. Mais le savant ne formalise pas cette décroissance de l'éclairement avec la distance. Il est donc probable que personne, en dehors des deux génies dessinés par Rubens, n'ait jamais utilisé ce prototype de photomètre...

Quoi qu'il en soit, les liens entre photométrie et peinture se sont révélés plus minces que Bouguer ne l'espérait. En 1857, dans un article intitulé « L'optique et la peinture », le physicien Jules Jamin, s'adressant aux peintres français dits « réalistes », a démontré, photomètre en main, l'impossibilité de conserver sur une toile la même dynamique de luminosités que dans la réalité. Pour reproduire en peinture la perspective et les effets de profondeur d'un paysage, la seule solution est de donner l'illusion de la réalité par la maîtrise des clairs-obscur. Le livre *De la loi du contraste simultané*, du chimiste Michel-Eugène Chevreul, publié en 1839, a eu bien davantage d'influence sur les peintres français que les ouvrages de photométrie.

LE TEMPS DES PHOTOMÈTRES

En revanche, l'*Essai* de Bouguer a suscité l'engouement des savants pour la photométrie, et de nombreux dispositifs ont vu le jour. À la fin du XVIII^e siècle, notamment, le physicien américain Benjamin Thomson, comte de Rumford, a proposé un photomètre fondé (comme sur les schémas de Vinci!) sur la comparaison des ombres et non des éclaircissements. L'œil se fatigue moins et l'observateur a plus de temps pour ajuster la luminosité. Au XIX^e siècle, on a utilisé des photomètres pour quantifier les performances des brûleurs des nouvelles lampes à gaz. En raison de sa simplicité et de

son faible coût, celui du chimiste allemand Robert Bunsen a connu un certain succès. Le composant principal était une feuille blanche qu'une tache d'huile rendait translucide en son centre. On plaçait la feuille entre les deux sources de lumière à comparer et l'égalisation des éclaircissements se produisait lorsque la tache de graisse était aussi lumineuse que le reste du papier et devenait donc invisible. Il a fallu en revanche attendre le milieu du XIX^e siècle pour qu'un photomètre à égalisation visuelle soit proposé pour évaluer la luminosité des étoiles : celui de l'astrophysicien allemand Johann Zöllner, qui présentait une lampe au kérosène comme étoile artificielle et un dispositif polarisant pour moduler son intensité.

Des variantes sont aussi apparues. Les photomètres thermométriques, visant à s'affranchir de la subjectivité des mesures en évaluant la chaleur émise, n'ont pas connu un grand succès. La photométrie stellaire a aussi tenté de s'emparer de la photographie, mais l'étalonnage était particulièrement délicat. Au XX^e siècle, enfin, les détecteurs photoélectriques se sont imposés pour toutes les mesures photométriques. La lumière détectée étant transformée en courant électrique, une fois l'étalonnage fait, la comparaison visuelle n'était plus nécessaire – un atout considérable. Restait cependant une difficulté : comment relier la puissance d'un rayonnement lumineux détectée par une photodiode au flux lumineux perçu par l'œil humain ? L'artifice, proposé dès la fin des années 1920 et toujours utilisé aujourd'hui, a consisté à définir la sensibilité spectrale d'un « observateur standard ». Il s'agit d'une courbe spectrale obtenue à l'aide d'expériences psychovisuelles fondées sur le principe d'égalisation des éclaircissements... celui-là même défini par Bouguer. La candela du XXI^e siècle, qui rattache l'intensité lumineuse perçue à une intensité énergétique, lui doit donc beaucoup! ■

BIBLIOGRAPHIE

P. Bouguer, **Essai d'optique sur la gradation de la lumière**, 1729, éd. L. Simonot, Light Zoom Lumière, 2021.

L. Simonot, **Premières mesures photométriques : de Léonard de Vinci à Pierre Bouguer**, Photoniques, 2020.

D. Fauque, **Pierre Bouguer et l'« affaire du jaugeage »**, 1721-1726, *Revue d'histoire des sciences*, 2010.

D. Fauque, **Du bon usage de l'éloge : cas de celui de Pierre Bouguer**, *Revue d'histoire des sciences*, 2001.

J. E. Morère, **La photométrie : les sources de l'Essai d'optique sur la gradation de la lumière de Pierre Bouguer, 1729**, *Revue d'histoire des sciences*, 1965.