L'ORIGINE DES MAGNITUDES

Georges Paturel
Observatoire de Lyon

Résumé : L'origine de la définition des magnitudes apparentes est rappelée. Elle est liée à la loi de Weber-Fechner, modifiée par Pogson. Ce rappel nous permet de préciser les unités physiques des flux lumineux mesurés et de donner les longueurs d'onde effectives des principaux domaines photométriques utilisés en astrophysique

Mots-clefs : HISTOIRE - PHOTOMETRIE - UNITE

Pour parler de l'éclat apparent des astres les astronomes parlent de « magnitude ». Quel est l'origine de ce nom et quel est le sens physique précis qui y est attaché. C'est ce que nous nous proposons de rappeler brièvement.

Les astronomes anciens avaient classé les étoiles en grandeur : les étoiles très brillantes étaient dites de première grandeur, les suivantes de deuxième grandeur, puis de troisième grandeur, etc. La classification s'arrêtait à peu près vers la sixième grandeur, qui est la limite accessible à l'œil nu. Notons au passage qu'il était possible de « gagner » une magnitude, sans système optique, en observant à travers un simple tube , afin de réduire la lumière parasite entrant dans l'œil.

Beaucoup plus tard, vers les années 1850, un physiologiste allemand du nom de Fechner énonça une loi (la loi de Weber-Fechner) qui dit que la sensation varie comme le logarithme de l'excitation. Comprenez par là que, si vous multipliez l'énergie d'un système quelconque par dix, vous n'aurez la sensation de ne l'avoir augmenté que d'une unité, « d'un ordre de grandeur » comme on dit plus précisément. Une autre formulation de cette loi dit que si les énergies varient selon une suite géométrique, les sensations varient, elles, comme une suite arithmétique.
C'est en appliquant cette loi qu'on est conduit à mesurer la puissance d'un son en décibel, ou à classer les tremblements de Terre ou la force du vent dans des échelles simples (échelle de Richter, échelle de Beaufort).

Mais revenons à nos magnitudes. Avec les progrès de la photométrie, il a été possible de mesurer les flux lumineux des étoiles dans des unités physiques bien définies. Arrêtons-nous un instant sur ces unités, car bien souvent il y a confusion. Une étoile émet des photons. Chaque photon représente une certaine quantité d'énergie. Donc, on mesure le flux énergétique d'une étoile comme une énergie par unité de temps, c'est-à-dire, des Joules par seconde, donc des Watts. Mais nous ne recevons pas toute cette énergie. Si l'étoile est à la distance D de notre œil, l'énergie rayonnée en une seconde traversera la surface d'une sphère immense de rayon D, et notre œil ne recevra que la petite fraction donnée par le rapport entre la surface de notre pupille (ou de la surface du miroir de notre télescope) et celle de cette grande sphère ; autant dire pas grand chose. Pour que la mesure de l'éclat apparent d'une étoile ne dépende pas de la surface collectrice (pupille ou miroir) il suffit de rapporter les Watts collectés à l'unité de surface, donc de mesurer en fait la densité surfacique de puissance, c'est-à-dire des Watts par mètre carré ($J.s^{-1}.m^{-2}$). C'est déjà compliqué mais ce n'est pas tout. Notre œil, ou plus généralement le récepteur utilisé n'est pas sensible à toutes les longueurs d'onde. Notre œil est très sensible à la longueur d'onde de 600 nm (le jaune de l'arc en ciel) mais il ne perçoit pas les photons en dessous de 350 nm ou au dessus de 800 nm. Nous perdons une bonne partie du flux des étoiles en ne percevant qu'un petit domaine du spectre. Il nous faut donc définir un flux F[1] pour chaque domaine de longueur d'onde, et plus précisément pour chaque type de récepteur.

Selon la loi de Fechner vue plus haut, nous devrions dire que notre sensation visuelle est S=log(F). Mais en 1856, l'astronome N.R. Pogson proposa de mettre le coefficient –2.5 devant le logarithme décimal pour retrouver, à une constante additive près, l'échelle des magnitudes des anciens. Le signe moins était fait pour que les petites « grandeurs » correspondent aux flux forts. Voilà comment on en est arrivé à la définition des magnitudes : $m = -2.5 \log(F) + K$.

La constante K est définie pour chaque système de magnitude. Elle règle le problème des unités. Expérimentalement, on n'utilise que les différences de magnitudes d'un même domaine spectral, ce qui fait disparaître K.

Les astronomes ont pris l'habitude de désigner les domaines spectraux par des lettres : U pour l'ultraviolet, B pour le bleu, etc. Cependant, l'amélioration de la précision des mesures oblige à être encore plus précis encore. Le « domaine » bleu est défini à l'aide d'un filtre coloré bleu. Si vous utilisez un filtre bleu un peu différent, vous n'aurez pas exactement le même système de magnitude. Vous trouverez ci-dessous les principaux systèmes de magnitudes attachés à différents filtres. La longueur d'onde effective (celle qui caractérise le mieux le filtre) est donnée pour chaque filtre.

Nom		λ_{eff}	domaine spectral
Landolt	U	337,2 nm	Ultraviolet
	B	440,4	Bleu
	V	542,8	Visible (Jaune)
	R	650,9	Rouge
	I	809.0	Infrarouge proche
UKIRT	J	1266,0 nm	Infrarouge
	H	1673,2	idem
	K	2215,2	idem
	L	3807,9	idem

Quand un astronome utilise un appareillage pour mesurer des flux F, il doit, dans les mêmes conditions expérimentales, mesurer quelques étoiles, dites standards, pour lesquelles la magnitude, m (standard), est connue pour le domaine spectral considéré. La constante K se déduit ainsi aisément. En principe une seule étoile suffit, mais il est préférable d'en mesurer plusieurs pour s'assurer que l'échelle de magnitude est également correcte (Δm (standard)$/\Delta m = 1$).

C'est un peu compliqué, mais réjouissons-nous de ne percevoir que le logarithme de ce qu'on voit ou de ce qu'on entend. Sans cela la vie serait aveuglante et assourdissante. En concluant, j'espère que vous avez compris plus que le logarithme de ce que j'ai voulu dire.

[1] Rigoureusement, le flux F est défini comme l'intégrale du flux monochromatique $F(\lambda)$ pondéré par la transmission spectrale $R(\lambda)$ du récepteur : $F=\int F(\lambda).R(\lambda).d\lambda$. Notons que l'intégrale peut être calculée de 0 à l'infini, mais en pratique R ne diffère de zéro que sur un intervalle limité de longueurs d'onde.