



Magnitude et humilité

Francis Berthomieu

Dans notre numéro de septembre, nos fiches pédagogiques présentaient, entre autres choses, une formule, dite "formule de Pogson" reliant la magnitude d'une étoile et son éclat. Une fort malencontreuse erreur s'y glissa sournoisement. Cet article voudrait apporter quelques éclaircissements au lecteur sur ce sujet, tout en lui présentant nos excuses.

Devinette.

C'est une très vieille histoire : celle d'un remarquable mathématicien et, bien sûr, brillant astronome.

S'il naquit, semble-t-il, dans la bonne ville de Nicée, en Bythinie, au deuxième siècle avant notre ère, c'est à Rhodes qu'il mena la plupart de ses travaux.

Il posa les bases de la trigonométrie, introduisant en Grèce la division du cercle en 360 degrés d'angle, de chaque degré en 60 minutes et de chaque minute en 60 secondes et proposant les premières tables trigonométriques.

Observateur plus précis et plus méthodique que ses contemporains ou prédécesseurs, on peut le considérer comme fondateur de l'astronomie de position. C'est aussi un théoricien de génie : Pour expliquer le mouvement des planètes et l'inégalité des saisons, il proposa une théorie alliant excentriques et épicycles, que Ptolémée reprendra, bien plus tard, en l'améliorant un peu...

C'est à lui que l'on doit l'explication des éclipses, la détermination de la distance Terre-Lune, l'invention de l'astrolabe, la mesure de l'obliquité de l'écliptique, la découverte de la précession des équinoxes, l'utilisation des parallèles et des méridiens pour les mesures sur Terre... et un catalogue du ciel décrivant les constellations et un bon millier d'étoiles, soi-

gneusement classées selon leur éclat...

Vous l'avez bien sûr reconnu : c'est HIPPARQUE de Nicée.

Grandeur et ... magnitude.

Evidemment, pour construire son catalogue, Hipparque ne disposait d'aucun instrument et a classé son millier d'étoiles à l'œil nu. Il a défini six familles, allant des astres les plus brillants aux plus ténus. Quel bonheur de vivre à Chypre à cette époque ! De nos jours, la pollution lumineuse interdit à un citadin de voir des étoiles au-delà de la troisième famille d'Hipparque... Maigre consolation : les étoiles de notre ciel sont d'autant plus nombreuses que leur éclat est faible. Il est donc aisé de connaître les étoiles les plus brillantes, donc les moins nombreuses : ce sont celles qui ont servi de base au tracé des dessins de nos constellations. Quand l'occasion se présente de découvrir la voûte céleste dans une parfaite obscurité, nous sommes souvent bien en peine de nous reconnaître dans un labyrinthe devenu inextricable...

Revenons au classement d'Hipparque : Les étoiles les plus brillantes sont pour lui des étoiles de première grandeur, les suivantes de deuxième grandeur, et ainsi de suite... jusqu'à la sixième famille, celle qui abrite des étoiles à peine perceptibles.

Chaque famille se voit ainsi attribuer un numéro, de 1 à 6, d'autant plus grand que l'éclat de l'étoile est faible. C'est une curiosité pour le néophyte, qui préférerait souvent voir varier ce nombre dans le même sens que sa sensation visuelle. On ne réécrit pas l'Histoire !

De nos jours, la mesure de la lumière qui nous parvient depuis une étoile peut se faire plus objectivement à l'aide d'instruments appelés capteurs de lumière, et l'on peut connaître précisément la puissance transférée sur une unité de surface du récepteur : c'est ce que l'on appelle "éclat" de l'étoile.

Vers le milieu du XIX^e siècle, on a donc cherché à définir avec rigueur une autre "grandeur" mesurable, associée à un astre donné, dont la valeur correspondrait avec l'estimation visuelle imposée par l'Histoire : c'est la "magnitude visuelle apparente" de l'astre.

De l'œil au capteur...

Une première contrainte est de se limiter à la mesure de l'énergie lumineuse transmise dans le domaine "visible" par l'œil humain, car les détecteurs actuels sont souvent sensibles à des fenêtres plus larges de longueur d'onde : cela impose d'utiliser un filtre qui limite la longueur d'onde à un intervalle allant de 500 à 600 nanomètres environ.

La deuxième contrainte est de simuler mathématiquement la réponse du détecteur "œil". C'est un outil particulièrement performant, capable de supporter sans sourciller la clarté du grand jour, la lueur de la pleine Lune mais aussi de distinguer sans peine une minuscule étoile. Fixons les idées : il faut multiplier l'énergie reçue depuis une étoile de "troisième" grandeur par un million pour obtenir celle que nous envoie la Lune ! La différence est prodigieuse, mais notre œil parfaitement adapté : c'est un détecteur "logarithmique". Ce que nous percevons comme une progression "arithmétique" correspond en fait à une évolution "géométrique" de l'énergie reçue. En utilisant des valeurs conformes au classement d'Hipparque, on constate qu'une différence de 5 unités dans l'échelle des magnitudes correspond à un facteur 100 dans l'échelle des éclats. On en déduit que si la différence de magnitude de deux étoiles est 1, le rapport entre leurs éclats est $100^{1/5} = 2,512$. Le tableau ci-dessous illustre cette définition, et l'on peut voir qu'il y a un écart de 15 magnitudes entre la pleine Lune et une étoile de magnitude 3...

Différence de magnitude	0	1	2	3	4	5	10	15
Rapport des éclats	1	2,512	6,309	15,85	39,81	100	10^4	10^6

Quelle est donc la magnitude visuelle apparente de la Lune ?

Des étoiles et des maths.

En termes mathématiques, et pour deux étoiles A et B, dont les caractéristiques sont définies ci après, on peut formuler ces relations simplement :

Etoile (A ; B) ; Magnitude (m_A ; m_B) ; Eclat (E_A ; E_B)

$$E_A / E_B = 2,512^{(m_B - m_A)}$$

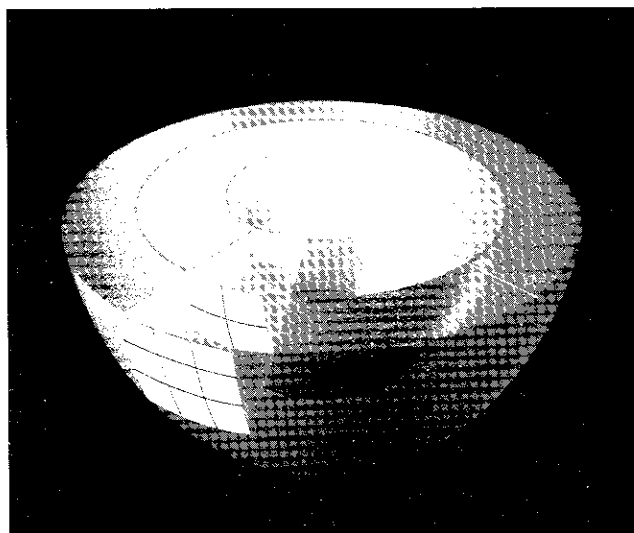
d'où l'on tire assez aisément en se souvenant que $2,512 = 100^{(1/5)} = 10^{(2/5)}$

$$(m_B - m_A) = 2,5 \log (E_A / E_B)$$

C'est cette formule que l'on connaît sous le nom de "Formule de POGSON".

Il y a "magnitude" et "magnitude"...

Ce n'est pas parce qu'une étoile a une forte magnitude (puisque nous recevons d'elle peu de lumière) qu'elle est une étoile intrinsèquement faible. La distance qui nous en sépare peut fort bien être la cause de cette apparence. Nous savons que si nous observons deux objets de même luminosité depuis des distances dont le rapport est 10, l'éclat du plus proche paraîtra 100 fois supérieur à celui qui est le plus éloigné, puisque la puissance reçue sur une unité de surface dépend du carré de la distance à l'objet, comme le montre clairement le schéma suivant :



<http://www.astroex.org>

Notre Soleil, si éblouissant qu'il peut nous rendre aveugle si nous le fixons droit dans les yeux, (et dont la magnitude apparente est $-26,8$!), n'est pourtant pas exceptionnel dans l'Univers. Ce n'est qu'une étoile "ordinaire" comme tant d'autres qui nous entourent. Si nous voulons comparer les luminosités réelles des étoiles, il faut définir une "magnitude absolue" en imaginant que toutes sont situées à la même distance de la Terre. C'est ce que font les astronomes, qui calculent la magnitude qu'aurait l'étoile si elle était à 10 parsecs de nous (soit environ 33 années de lumière pour fixer les idées) : notre si brillant Soleil n'a plus alors qu'une magnitude absolue de 4,8 à comparer avec la si timide étoile Polaire, dont la magnitude absolue est pourtant $-3,2$, ou la rouge Bételgeuse dans la constellation d'Orion, qui atteint $-5,6$...

Une belle leçon d'humilité...