

La lunette de Galilée : Essai d'analyse historique de ses performances

Alain Brémond, Société Astronomique de Lyon. Observatoire de Lyon.

L'introduction par Galilée de la lunette astronomique pour observer le ciel constitue une étape majeure pour la connaissance du cosmos et pour la démarche scientifique. L'article décrit les méthodes utilisées par le florentin et reconstitue, à l'aide d'un logiciel, ce que Galilée pouvait réellement voir.

Galilée ne divulgue que peu d'informations sur les lunettes qu'il a successivement utilisées pour ses observations astronomiques. Le *Sidereus Nuncius* (1) nous apprend qu'après avoir fabriqué une lunette qui "rapproche trois fois et grossit neuf fois", il obtient un instrument qui grossit "de plus de soixante fois". Peu après il réalise, dit-il, une lunette qui grossit "de plus de mille fois" et rapproche de trente fois les objets. Précisons qu'il s'agit de grossissements exprimés en rapport de surface et qu'il décrit une méthode simple pour mesurer ce grossissement. Le montage est constitué d'une lentille objectif plan convexe et d'un oculaire plan concave.

Une lettre (3) à Antoine de Médicis du 7 janvier 1610 et une autre au Père Clavius de décembre 1610 nous apprennent que Galilée ajoute des diaphragmes en carton pour corriger empiriquement le chromatisme des lentilles, propriété qu'il tient des dessinateurs qui utilisent la *camera oscura*.

C'est dans l'étude des étoiles, décrite dans le même *Sidereus Nuncius*, que Galilée aborde la question des magnitudes limites, repoussées par sa lunette.

Galilée nous dit implicitement qu'il voit jusqu'à la magnitude 5, car il déclare ne voir à l'œil nu que six des étoiles des Pléiades. En effet, six ont une magnitude inférieure à 4,5 alors que la septième, Pleione, a une magnitude visuelle qui varie de 4,76 à 5,5. Il annonce ensuite que sa lunette rajoute six autres catégories de grandeur et donc qu'elle permettrait d'observer des étoiles de magnitude 11. Est-ce vrai ?

Pour le vérifier nous ne disposons pas de la lunette que Galilée a utilisé pour ces observations d'étoiles mais en revanche, les descriptions précises et les

dessins permettent une approche de la magnitude limite permise par la lunette employée pour l'étude des étoiles.

Moyens d'étude

Étude des dessins des groupements d'étoiles

Pour les Pléiades, Galilée propose un dessin dans lequel il place les étoiles visibles à l'œil nu, auxquelles il rajoute celles que permet de voir la lunette. Elles sont, dit-il, au nombre de quarante, mais il n'en dessine que trente-six (y compris les six visibles à l'œil nu). Galilée précise que ce nombre est calculé dans un périmètre allant jusqu'à un demi degré au-delà des étoiles visibles à l'œil nu (figure 1).

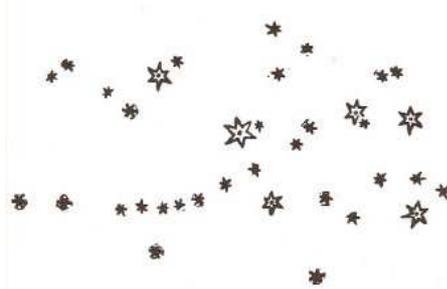


Fig.1. Les pléiades vues à la lunette de Galilée.

À l'aide d'un logiciel qui dessine la carte des Pléiades en fonction de la magnitude limite, il est possible de la déterminer en la faisant varier, jusqu'à ce que le nombre d'étoiles affiché soit d'environ quarante, dans la limite de la surface décrite par Galilée. Cette configuration est obtenue lorsque la magnitude limite atteint neuf. Nous

n'avons pas compté les étoiles trop proches les unes des autres, sachant que le pouvoir séparateur de la lunette de Galilée n'était pas excellent. On obtient, avec cette magnitude limite, une carte très proche du dessin de Galilée (figure 2).



Fig.2. La carte de l'amas des Pléiades à la magnitude limite de neuf.

La nébuleuse Praesepe (la Crèche) ne comporte que des étoiles de magnitude supérieure à six. Galilée la décrit comme un objet nébuleux, mais sa lunette lui montre qu'il est composé de "quarante petites étoiles". Avec la même méthode que précédemment, on arrive à la magnitude limite de 9,7.

Ainsi, cette méthode montre que la lunette de Galilée pousse la magnitude limite de cinq à neuf et demi, loin des affirmations de Galilée déclarant que sa lunette rajoute six catégories de grandeur, ce qui conduirait à la magnitude limite de onze.

Calculs de la magnitude limite en fonction du diamètre de la lunette

La magnitude limite dépend de la surface collectrice. Une formule¹² permet de calculer la magnitude limite d'un instrument comparée à celle de l'œil :

$$m_{\text{lim inst}} = m_{\text{lim œil}} - 5 \log \varnothing \text{ pupille} + 5 \log \varnothing \text{ instrument}$$

Le diamètre pupillaire nocturne est d'environ 8 mm, et la magnitude limite oculaire de Galilée de cinq. Il faut aussi tenir compte d'une transmission incomplète de la lumière due à la qualité des lentilles ; nous la fixerons à 60%. A l'aide d'un tableur, il est alors possible de comparer le diamètre utile de la lunette (diaphragmée) et la magnitude limite obtenue (tableau 1).

Sachant que la lentille conservée au musée de Florence (et qui est brisée) mesure 58 mm de

diamètre, avant montage, et que, en outre, elle était diaphragmée, on peut estimer le diamètre utile entre 40 et 55 cm. Avec ces valeurs la magnitude limite se situe entre 9 et 9,6, compatible avec les observations décrites par Galilée.

Dans le tableau ci-dessous, D = diamètre utile (diaphragme) et M = magnitude limite corrigée de la transmission.

D (mm)	M	D (mm)	M
41	9	49	9,4
42	9,1	50	9,4
43	9,1	51	9,5
44	9,2	52	9,5
45	9,2	53	9,6
46	9,2	54	9,6
47	9,3	55	9,6
48	9,3		

Magnitude limite théorique en fonction du diamètre d'un instrument. Sachant que le diamètre ne dépassait probablement pas cinq cm et que le diaphragme était un à deux centimètres, la magnitude limite atteinte devait se situer autour de la valeur de neuf.

Ainsi les deux méthodes que nous venons de décrire, apportent des informations concordantes : la lunette de Galilée apportait environ quatre degrés supplémentaires de magnitude à sa vision oculaire et non les six annoncés dans le *Sidereus Nuncius*.

Discussion

Sa lunette n'a pas tout à fait les qualités que lui prête Galilée mais elle était excellente, comme le montrent les travaux réalisés sur les lentilles disponibles au musée de Florence (2). Il est difficile de spéculer sur les raisons de la différence des magnitudes limites annoncées et probables. Plusieurs éléments concourent à cette discordance. D'abord, il est vrai que Galilée a souvent tendance à exagérer son propos (1), comme par exemple sur les dessins des cratères de la Lune, et ici les qualités de son instrument. Mais il faut aussi tenir compte de la méconnaissance de l'optique du temps de Galilée, ainsi que celle de la relation logarithmique entre l'éclat et la magnitude. Néanmoins, Galilée précise la notion de magnitude limite qu'il ne confond pas avec la notion de grossissement. Il s'interroge même sur les différences de grossissement qu'il observe entre les étoiles d'une part et les objets terrestres ou la Lune d'autre part, en évoquant le problème du scintillement.

¹² Détail des calculs en annexe.

Références

- 1- Galilée (1609-2009). Observations astronomiques. Alain Brémond Dir. SEPEC, Peronnas, 2008.
- 2- Galileo's telescope. The instrument that changed the world. Giorgio Strano Ed. Florence, Giunti, 2008.
- 3 - *Opere di Galileo Galilei. Edizione Nazionale.* Antonio Favaro (dir.) Firenze. Tipografia di G. Barbara. 1892.

Annexe

(Tiré de : *Astronomie – Astrophysique. Formation de base.* CNED. Tome 3. pp 463-465.

L'énergie reçue par l'œil dépend de l'éclat **E** de l'objet et du diamètre **d** de la pupille :

$$E \pi (d/2)^2 \quad (1)$$

À travers un télescope, la même énergie correspondra à une étoile dont l'éclat **E_t** sera plus faible.

Mais comme la surface collectrice **D** est plus grande on a l'égalité :

$$E_t \pi (D/2)^2 = E \pi (d/2)^2, \text{ d'où } E_t = (d/D)^2 E \quad (2)$$

La formule de Pogson fait correspondre éclats et magnitudes :

$$m_t - m = -2,5 \log (E_t/E) \quad (3) ;$$

avec m_t la magnitude limite instrumentale

$$m_t - m = -2,5 \log (d/D)^2$$

$$m_t - m = -5 \log (d/D)$$

Correction liée à une transmission incomplète de la lumière :

L'énergie transmise correspond à 60% de l'éclat soit :

$$60 / 100 [E_t \pi (D/2)^2]$$

Correction qu'il faut appliquer à la formule (2) et aux suivantes qui en dépendent.

ERRATA

Je dois présenter à Danielle Briot, toutes mes excuses de mettre en pages. Comme souvent nous travaillons dans l'urgence et malgré des relectures, des coquilles passent inaperçues. Et toujours dans l'urgence, nous ne lui avons pas transmis la dernière version, ce qui est regrettable.

À la page 31 du CC 133, vous avez pu remarquer une phrase ayant peu de sens : "*La Terre tourne sur elle-même en 24 heures (durée du jour) sont mesurées par rapport à la ligne Terre-Soleil et autour du Soleil en 365,242 jours. (année tropique ou année des saisons).*"

Dans son texte initial, Danielle Briot avait noté : "*La Terre tourne sur elle-même en 24 heures et autour du Soleil en 365,242 jours.*"

Nous avons voulu préciser le repère en notant : "*La Terre tourne sur elle-même en 24 heures (durée du jour) et autour du Soleil en 365,242 jours (année tropique ou année des saisons).*" Et en note mettre "*ces grandeurs sont mesurées par rapport à la ligne Terre-Soleil.*"

Des glissements lors de la mise en pages ont rendu le texte incompréhensible.

Le texte numérisé, en ligne sur IFÉ (ancien INRP) a été corrigé.

Jean Ripert

Dans le précédent numéro (CC 134), nous avons laissé passer une erreur à la page 39 dans la partie "événements de l'été".

Vous avez pu lire : *04/07 : le Soleil à l'aphélie (au plus près de la Terre) à 152 102 200 km*

Une seule lectrice nous l'a signalé (merci à elle), mais évidemment vous aviez tous corrigé. Le Soleil aurait du mal pour se placer à son propre aphélie.

Il fallait donc lire : "*le Soleil à l'apogée (au plus loin de la Terre)*" ou bien "*la Terre à l'aphélie (au plus loin du Soleil) à 152 102 200 km.*"

Voilà ce qui se passe quand on veut rester dans un système géocentrique !

La rédaction

L'astrologie dans les Cahiers Clairaut : n° 2 p. 13 "Une expérience d'astrologie" J. Chappelet ; n° 62 p.37 "Cinq réponses à un amateur d'astrologie" J.-C. Pecker ; n° 63 p. 38 "Astrologie et recrutement" ; n° 65 p.14 "Les petits mensonges du thème astral" P. Lerich ; n° 68 hiver 94-95 p. 22 "Querelle de chiffres" P. Lerich ; n° 75 p. 2 "Astrologie et astronomie" Bernard Carmelin ; n° 100 p. 33 Ptolémée astronome" Pierre Lerich.