

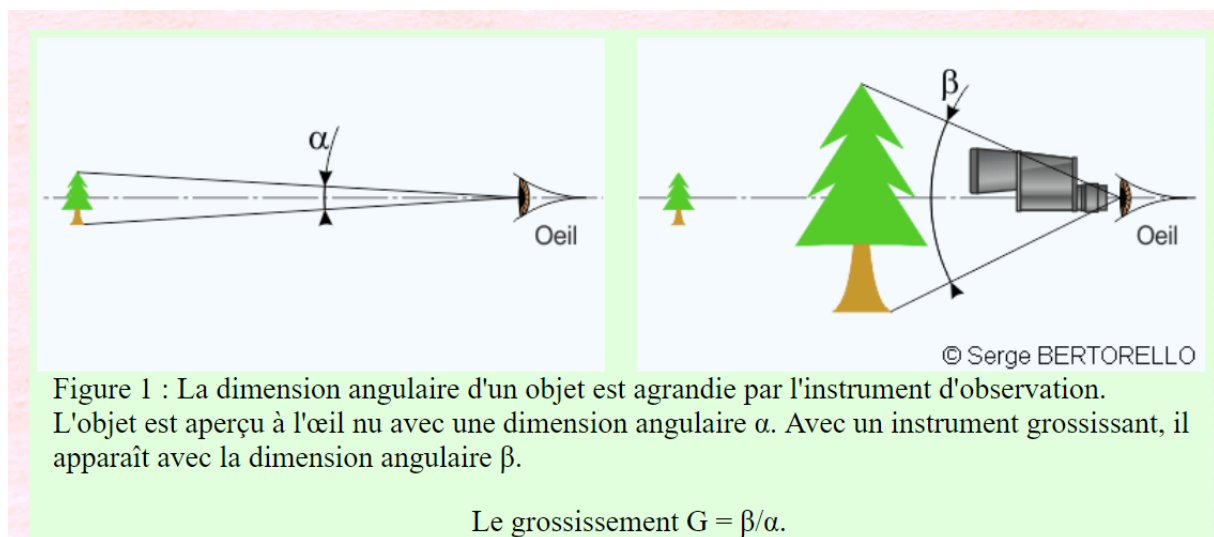
Notes sur la différence entre grandissements et grossissement.

En discutant avec un collègue après notre session ensemble, il m'a en effet bien confirmé que pour sa définition à lui aussi, il fallait bien faire attention à faire la différence entre grossissement et grandissement angulaire, si on observe un objet qui n'est pas à l'infini (type microscope ou type photographie). Donc je me permets de vous écrire une petite note pour être sûre que tout le monde est bien au clair. Le souci ici (comme bien souvent) est de bien définir vos termes et vos conventions. Après, ça roule tout seul.

1. Grossissement

Définition (habituelle) du grossissement d'un instrument optique :

Rapport d'angles entre : l'angle de l'image à la sortie de l'instrument, observé à l'œil et l'angle de l'objet sans instrument :



(Image @cortesy : <http://serge.bertorello.free.fr/optique/dispoagr/dispoagr.html>)

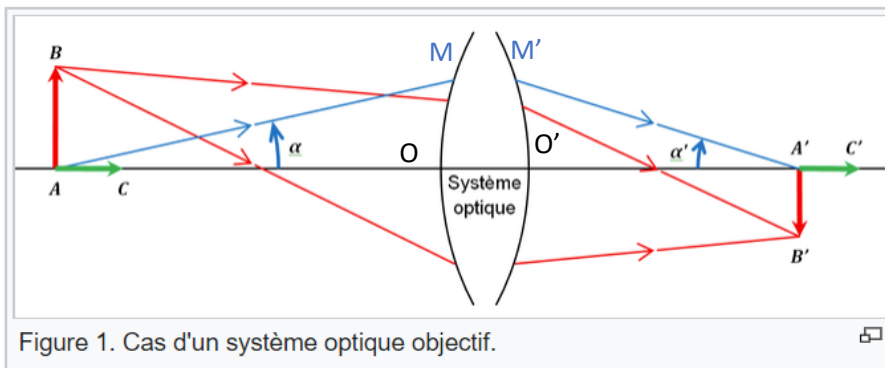
**Cette définition dépend donc de la distance à laquelle on observe l'objet (sans l'instrument).
(l'angle alpha dépend de la distance à laquelle on regarde l'objet sans instrument).**

C'est pour cela qu'on définit le grossissement commercial, qui est pour un objet observé au PP de l'œil, $d_m=25$ cm (comme Lolita a défini aujourd'hui dans son cours).

.....

2. Grandissements : il y a trois types de grandissements

Grandissement	Formule
Transversal (figure 1)	$\gamma_t = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$
Angulaire (figure 1)	$\gamma_\alpha = \frac{\alpha'}{\alpha}$
Longitudinal (figure 1)	$\gamma_l = \frac{\overline{A'C'}}{\overline{AC}}$



(Figures: wikipedia <https://fr.wikipedia.org/wiki/Grandissement>)

On a donc ici le grandissement angulaire :

$$\gamma_{\text{angulaire}} = \alpha' / \alpha$$

Avec α' = angle côté image (entre les segments $[M'A']$ et $[O',A']$)

Et α = angle côté objet (entre les segments $[AM]$ et $[AO]$)

3. Liens entre grossissement et grandissement angulaires.

On voit donc que si on observe un objet à l'infini, l'angle α d'observation à l'œil nu, correspond à l'angle α de la définition du grandissement, α = angle entre segments $[AM]$ et $[AO]$

Donc, pour des instruments afocaux : grossissement = grandissement angulaire

Sinon : il faut faire attention à la distance à laquelle on observe l'objet « sans instrument », pour définir le « α » du grossissement, comme entendu dans la définition de la section 1).

4. Conclusion :

De ce que j'ai pu lire rapidement dans le poly que Remy a partagé aujourd'hui sur zoom, votre définition du cours du grossissement est donnée pour un objet observé à l'infini.

Donc dans ce cas-là, en effet, le grandissement angulaire = grossissement (avec objet à l'infini).

Mais cela dépend donc de la convention que vous prenez. Donc mon conseil, soyez clair avec vos définition d'angles, et notez les bien sur vos schémas.

Et pour finir de vous convaincre : c'est bien pour ça qu'on définit :

-le grossissement commercial (avec une distance $d_m=25\text{cm}$, le PP de l'œil) pour l'observation à l'œil nu. On a besoin de définir une distance d'observation typique, sans instrument, qui montre le pouvoir de grossissement de l'instrument. Et on prend ici la convention de 25cm, pour un œil emmétrope.

-tout grossissement qui vous semblera utile pour caractériser votre instrument, tels que :

Grossissement minimum/equipupilaire

Grossissement moyen

Grossissement résolvant

Grossissement nominal/utile

Grossissement maximum

(<http://leguy.daniel.free.fr/tpe-masse-jup/II-grossissement.html#2>)

Dans le Houard, vous pouvez trouver donc plusieurs grossissements, qui permettent de caractériser les instruments d'optiques étudiés. Je vous copie quelques pages.

e) Grossissement équipupillaire G_e
 - Nombre d'ouverture m

La taille du cercle oculaire constitue une donnée essentielle pour l'observation visuelle. En effet, si le cercle oculaire devenait plus grand que la pupille de l'œil, les rayons les plus périphériques traversant l'objectif seraient stoppés par l'iris et n'arriveraient pas sur la rétine. Il en résulterait une perte de clarté, comme si un diaphragme d'ouverture plus petit avait été placé au niveau de l'objectif.

On appelle **grossissement équipupillaire** G_e le grossissement (positif) pour lequel le diamètre d du cercle oculaire est égal au diamètre d_o de la pupille de l'œil. Les observations astronomiques se faisant de nuit, sans lumière parasite ambiante, on pourra considérer la pupille comme pleinement dilatée : $d_o = 6 \text{ mm}$.

$$d = \frac{D}{|G|}, \text{ d'où } G_e = \frac{D}{d} = \frac{D}{d_o} = \boxed{\frac{D}{6 \text{ mm}}}$$

avec D diamètre de l'objectif.

Supposons que les caractéristiques de l'objectif soient fixées. La condition $G > G_e$ sera satisfaite si :

$$|G| = \frac{f'_{ob}}{f'_{oc}} > G_e = \frac{D}{d_o} \Leftrightarrow f'_{oc} < \frac{f'_{ob}}{D} d_o = m d_o$$

où $m = \frac{f'_{ob}}{D}$ est appelé nombre d'ouverture de l'objec-

tif et a la même signification que pour un objectif d'appareil photographique. À focale d'objectif égale, plus le diamètre de l'objectif est petit, plus le nombre d'ouverture m est élevé et moins le flux lumineux pénétrant dans l'objectif est important.

Si le nombre d'ouverture de l'instrument est grand (m voisin de 15), ce dernier doit être réservé à l'observation d'objets célestes ponctuels et lumineux (planètes, étoiles doubles) ; s'il est petit (m voisin de 5), il sera performant pour l'observation d'objets étendus et peu lumineux (nébuleuses, galaxies).

Si le nombre d'ouverture de l'instrument est grand (m voisin de 15), ce dernier doit être réservé à l'observation d'objets célestes ponctuels et lumineux (planètes, étoiles doubles) ; s'il est petit (m voisin de 5), il sera performant pour l'observation d'objets étendus et peu lumineux (nébuleuses, galaxies).

Avec une lunette astronomique d'initiation de focale objectif $f'_{ob} = + 800$ mm et de diamètre objectif $D = 60$ mm : $m = \frac{800}{60} = 13,3$. La lunette est donc bien adaptée à l'observation des planètes du système solaire.

Son grossissement équipupillaire vaut $G_e = D/d_o = 10$. Les oculaires devront donc avoir une focale f'_{oc} inférieure à $13,3 \times 6$ mm = 80 mm. Les oculaires livrés avec une lunette d'initiation possèdent généralement une focale $f'_{oc} \in [5 \text{ mm}, 25 \text{ mm}]$. La condition est donc largement remplie. Le grossissement équipupillaire est un grossissement *minimum* d'utilisation.

En pratique, les grossissements utilisés sont nettement supérieurs, et le diamètre du cercle oculaire est bien inférieur à celui de la pupille de l'œil. Avec les oculaires de focales $f'_{oc2} = 12$ mm et $f'_{oc3} = 6$ mm de la lunette d'initiation, on obtient :

$$G_2 = 800/12 = 67 \text{ et } d_2 = 60 \text{ mm}/67 = 0,9 \text{ mm}$$

$$G_3 = 800/6 = 133 \text{ et } d_3 = 60 \text{ mm}/133 = 0,45 \text{ mm.}$$

g) Grossissements résolvant et optimal

Dans les conditions de luminosité diurne, l'œil est assimilable à une pupille circulaire de diamètre égal à 2 mm. D'après la relation (1), il possède un pouvoir de résolution angulaire $\theta_0 \approx 1' \approx 3 \cdot 10^{-4}$ rad. C'est cette valeur qui est généralement admise comme limite de résolution angulaire de l'œil⁷⁵.

L'image finale formée par la lunette est observée par l'œil, à travers l'oculaire. Pour bénéficier de toute la résolution de l'instrument, et pouvoir résoudre tous les détails de l'image intermédiaire donnée par l'objectif, il faut que l'oculaire « écarte » ces détails au-delà de θ_0 . Si θ'_R est l'écart angulaire à la sortie de l'oculaire entre les images de deux étoiles tout juste séparées, on a :

$$\theta'_R = G\theta_R = 1' \Leftrightarrow G = \frac{60''}{\theta_R} \approx \frac{60}{\frac{12 \text{ cm}}{D}} = 5 \frac{D}{1 \text{ cm}} = \frac{R}{1 \text{ mm}}$$

Le grossissement $G_R = \frac{R}{1 \text{ mm}}$, obtenu ci-dessus, est appelé **grossissement résolvant**.

est appelé **grossissement résolvant**.

Comme $G_r = \frac{D}{6 \text{ mm}} = \frac{R}{3 \text{ mm}}$, le grossissement résolvant est égal au triple du grossissement équipillaire (calculé pour des observations nocturnes). Le cercle oculaire possède alors un diamètre égal à 2 mm.

En pratique, on utilise des grossissements supérieurs à G_R , de manière à travailler au-delà de la limite de résolution de l'œil. Ces derniers ne doivent cependant pas être trop importants, sinon la qualité de l'image commence à se détériorer. Le **grossissement optimal** est compris entre $2G_R$ (**grossissement utile G_u**) et $5G_R$ (**grossissement maximal G_{max}**)⁷⁶.

Avec une lunette d'initiation de focale $f'_{ob} = 800 \text{ mm}$ et de diamètre $D = 60 \text{ mm}$, on obtient :

$$G_u = \frac{D}{1 \text{ mm}} = 60 \text{ et } d_u = \frac{D}{G_u} = \frac{60 \text{ mm}}{60} = 1 \text{ mm}$$

$$G_{max} = 2,5 \times \frac{D}{1 \text{ mm}} = 2,5 \times 60 = 150 \text{ et}$$

$$d_m = \frac{D}{G_{max}} = \frac{60 \text{ mm}}{150} = 0,4 \text{ mm}$$

⁷⁴. D'où l'intérêt du télescope spatial *Hubble*, ou de l'optique adaptative.

⁷⁵. Selon Luc Dettwiller, « 2 mm est le diamètre optimal, résultant d'un compromis entre les aberrations de l'œil et la diffraction par la pupille », L. DETTWILLER, *Les Instruments d'optique*, 2^e édition, Éd. Ellipses, 2002, p. 122.

⁷⁶. Il n'existe pas de limite...

Quelles focales d'oculaire f'_α faut-il utiliser pour que le grossissement optimal soit atteint ?

$$|G| = \frac{f'_{ob}}{f'_\alpha} \Rightarrow f'_\alpha = \frac{f'_{ob}}{|G|}$$

$$\text{D'où } \frac{f'_\alpha}{1 \text{ mm}} \in \left[\frac{f'_{ob}}{2,5D}, \frac{f'_{ob}}{D} \right] \Rightarrow \frac{f'_\alpha}{1 \text{ mm}} \in \left[\frac{m}{2,5}, m \right]$$

La lunette d'initiation possède un nombre d'ouverture $m = \frac{f'_{ob}}{D} = \frac{800}{60} \approx 13$ d'où $f'_\alpha \in [5 \text{ mm}, 13 \text{ mm}]$.

Avec les oculaires de focales $f'_{\alpha 2} = 12 \text{ mm}$ et $f'_{\alpha 3} = 6 \text{ mm}$, cette condition est bien remplie :

$$G_2 = 800/12 = 67 \approx G_u \text{ et } d_2 = 60 \text{ mm}/67 = 0,9 \text{ mm.}$$

$$G_3 = 800/6 = 133 \approx G_{max} \text{ et } d_3 = 60 \text{ mm}/133 = 0,45 \text{ mm.}$$