



1766

Des lunettes à trois verres qui représentent les objets debout

Leonhard Euler

Follow this and additional works at: <https://scholarlycommons.pacific.edu/euler-works>

 Part of the [Mathematics Commons](#)

Record Created:

2018-09-25

Recommended Citation

Euler, Leonhard, "Des lunettes à trois verres qui représentent les objets debout" (1766). *Euler Archive - All Works*. 316.
<https://scholarlycommons.pacific.edu/euler-works/316>

This Article is brought to you for free and open access by the Euler Archive at Scholarly Commons. It has been accepted for inclusion in Euler Archive - All Works by an authorized administrator of Scholarly Commons. For more information, please contact mgibney@pacific.edu.



DES LUNETTES A TROIS, VERRES

QUI
REPRÉSENTENT LES OBJETS DEBOUT.

PAR M. EULER.

I.

Planche II.
Fig. 1. & 2.

Ces Lunettes ne diffèrent des petits perspectifs de poche qu'en ce qu'elles contiennent trois verres; l'objectif AA, le verre du milieu BB, & l'oculaire CC. Sans le verre BB, ce seroit un perspectif ordinaire, ayant l'objectif AA convexe, & l'oculaire CC concave: mais on ajoute le verre du milieu pour lui procurer des avantages dont les ordinaires ne sont pas susceptibles. Il s'agit donc de déterminer tant l'espece de ce verre que son lieu, en sorte que la lunette devienne plus parfaite, ou qu'elle grossisse plus que les ordinaires de la même longueur, & qu'elle découvre un plus grand champ, sans porter aucune atteinte à la clarté & distinction. Pour cet effet on verra que le verre du milieu BB doit être concave, ou avoir sa distance de foyer négative.

Fig. 3.

II. Considérons donc soigneusement tous les élémens auxquels il faut avoir égard pour arriver à ce but. Et d'abord pour l'objectif AA, soit la distance $PF = a$, où il représenteroit l'image des objets, s'il étoit tout seul; & puisqu'on suppose les objets éloignés à l'infini, cette même distance $PF = a$ sera celle de foyer de l'objectif, que j'ai nommée $= p$, de sorte que $p = a$. Soit ensuite f le dernier point de l'image, qu'on puisse voir à travers la lunette, & l'on fait que l'angle FPf est la mesure de la moitié du champ apparent.

Donc,



Donc, posant le demi-diamètre du champ apparent $= \phi$, on aura $Ff = a \text{ tang } \phi$, ou bien $Ff = a\phi$, puisque cet angle est ordinairement fort petit. Pour la figure de chaque face de ce verre, j'en parlerai plus bas lorsque je traiterai de la confusion.

III. Soit le second verre en BB , & la distance $QF = b$, de sorte que l'intervalle $PQ = a - b$, qui doit être nécessairement positif. Ce verre étant concave jettera plus loin l'image Ff en Gg , & posant la distance $QG = \epsilon$, la distance de foyer de ce verre sera négative $= \frac{-b\epsilon}{\epsilon - b}$, laquelle étant posée $= q$, nous aurons $q = \frac{-b\epsilon}{\epsilon - b}$. Maintenant la grandeur de la première image étant $Ff = a\phi$, celle de la seconde sera $Gg = \frac{a\epsilon}{b} \phi$, entant qu'elle est apperçue par la lunette.

IV. Avant cette image Gg sera placé le verre oculaire CC , à la distance $RG = c$, qui pour les yeux parfaits est égale à sa distance de foyer, laquelle étant posée $= r$, puisque ce verre est concave, nous aurons $r = -c$. Nous aurons donc l'intervalle entre le second verre & l'oculaire $QR = \epsilon - c$, qui doit toujours être positif. Cet oculaire éloignera l'image Gg à l'infini, qui paroitra à l'œil appliqué derrière l'oculaire sous l'angle GRg , dont la tangente est $= \frac{Gg}{RG} = \frac{a\epsilon}{bc} \phi$.

V. Si nous regardons cet angle comme fort petit, de sorte qu'il puisse être estimé $= \frac{a\epsilon}{bc} \phi$, nous en connoitrons la multiplication ou le grossissement; puisqu'un objet qui paroitra à la vue simple sous l'angle ϕ , paroitra par la lunette sous l'angle $\frac{a\epsilon}{bc} \phi$, & partant



plus grand en raison de $\frac{a\mathcal{E}}{bc}$ à 1. Or, quoique l'angle GRg soit considérable, ce sera toujours le grossissement pour les objets situés dans l'axe de la lunette; donc, si nous posons le grossissement = m , nous aurons $\frac{a\mathcal{E}}{bc} = m$.

VI. Voyons maintenant, comment les rayons passent enfin dans l'oeil à travers la lunette, tant pour juger du degré de clarté que du champ apparent. Soit pour cet effet le demi-diamètre de l'ouverture de l'objectif PA = x , & ce verre transmettoit au point f le cône lumineux AfA, si le verre BB étoit ôté. Ce cône traversera donc le verre BB dans l'espace $b\mathcal{E}$, & sera changé par la réfraction dans le cône $bg\mathcal{E}$; & celui-ci traversant l'oculaire en $c\gamma$ se changera dans le cylindre lumineux $cd\delta\gamma$ parallèle à la droite Rg. D'où il est clair, que l'oeil appliqué à l'oculaire CC ne voit le point de l'objet qui répond à f & g , qu'entant que les cônes lumineux AfA & $bg\mathcal{E}$ sont transmis par les verres BB & CC, & que le cylindre $cd\delta\gamma$ entre dans la prunelle.

VII. Il est donc important de connoître les points $b, \mathcal{E}, c, \gamma$. Or pour les points b & \mathcal{E} on trouve:

$$FP: PA - Ff = FQ: Qb - Ff, \text{ ou } Qb = a\phi + \frac{b(x - a\phi)}{a},$$

$$FP: PA + Ff = FQ: Q\mathcal{E} + Ff, \text{ ou } Q\mathcal{E} = -a\phi + \frac{b(x + a\phi)}{a}.$$

$$\text{Donc } Qb = \frac{bx}{a} + (a - b)\phi, \text{ \& } Q\mathcal{E} = \frac{bx}{a} - (a - b)\phi.$$

Pour les points c & γ on a:

$$QG: Qb - Gg = GR: Rc - Gg, \text{ ou } Rc = \frac{a(\mathcal{E} - c)}{b}\phi + \frac{c}{\mathcal{E}}Qb,$$

$$QG: Q\mathcal{E} + Gg = GR: Gg - R\gamma, \text{ ou } R\gamma = \frac{a(\mathcal{E} - c)}{b}\phi - \frac{c}{\mathcal{E}}Q\mathcal{E}.$$

Done

$$\text{Donc } R_c = \frac{bc}{a\mathcal{E}} x + \frac{a(\mathcal{E} - c)}{b} \phi + \frac{c(a - b)}{\mathcal{E}} \phi,$$

$$\& R_y = \frac{-bc}{a\mathcal{E}} x + \frac{a(\mathcal{E} - c)}{b} \phi + \frac{c(a - b)}{\mathcal{E}} \phi.$$

VIII. Donc, si nous posons le demi-diametre de l'ouverture du verre $BB = \theta q = \frac{\theta b \mathcal{E}}{\mathcal{E} - b}$, & de l'oculaire $CC = \theta' r = \theta' c$, il faut qu'il soit

$$\frac{\theta b \mathcal{E}}{\mathcal{E} - b} > \frac{bc}{a} + (a - b)\phi, \& \theta' c > \frac{bc}{a\mathcal{E}} x + \frac{a(\mathcal{E} - c)}{b} \phi + \frac{c(a - b)}{\mathcal{E}} \phi.$$

Mais, pour que l'oeil appliqué à l'oculaire reçoive les rayons, si nous posons le demi-diametre de la prunelle = ω , il faut que la distance

$$R_c = \frac{bc}{a\mathcal{E}} x + \frac{a(\mathcal{E} - c)}{b} \phi + \frac{c(a - b)}{\mathcal{E}} \phi, \text{ ne surpasse}$$

le point ω . Nous pouvons ici bien négliger le terme $\frac{bc}{a\mathcal{E}} x = \frac{x}{m}$,

tant à cause de sa petitesse, que puisqu'il suffit que la moitié des rayons qui appartiennent aux extrémités de l'objet, entre dans l'oeil; & de là nous aurons:

$$\frac{a(\mathcal{E} - c)}{b} \phi + \frac{c(a - b)}{\mathcal{E}} \phi = \omega.$$

IX. De là nous tirons pour le champ apparent cette détermination,

$$\phi = \frac{b\mathcal{E}\omega}{a\mathcal{E}(\mathcal{E} - c) + bc(a - b)} = \frac{\mathcal{E}\omega}{mc(\mathcal{E} - c) + c(a - b)},$$

à cause de $m = \frac{a\mathcal{E}}{bc}$. Où je remarque que, dans les lunettes ordinaires,

où il y auroit $\mathcal{E} = b$, on auroit $\phi = \frac{\mathcal{E}\omega}{mc(\mathcal{E} - c) + c(a - \mathcal{E})}$;

donc notre champ sera plus grand, quand le dénominateur est plus petit,



petit, où $b > \mathcal{E}$. Mais il faut bien remarquer, que l'augmentation du champ dépend principalement du raccourcissement de la lunette, & celui-ci de la diminution de la confusion, dont nous tiendrons compte après.

X. D'abord il est clair que l'ouverture de l'oculaire ne sauroit être moindre que la prunelle: donc, quand même les autres circonstances admettroient de très petits oculaires, celle-ci y met des bornes qu'on ne doit point passer, qui demande que $\theta'c$ ne soit pas plus petit que ω . Or θ' est une fraction déterminable par la courbure des faces du verre; soit ρ , le rayon de la face plus courbée du verre soit convexe ou concave, & si le demi-diamètre de l'ouverture du verre étoit $= \frac{1}{2}\rho$, l'ouverture embrasseroit un arc de 60° , qui seroit peut-être trop grand. Qu'on y veuille admettre un arc de ζ° , & il faudra prendre le demi-diamètre de l'ouverture $= \rho \sin \frac{1}{2}\zeta$: & partant, selon qu'on prend $\zeta = 40^\circ$ ou 30° , le demi-diamètre de l'ouverture sera ou $\frac{1}{2}\rho$, ou $\frac{1}{4}\rho$ à peu près.

XI. Pour le verre oculaire, puisque le cylindre lumineux $c d \delta \gamma$ est fort mince, il semble qu'on pourroit bien supposer le demi-diamètre de son ouverture $= \frac{1}{2}\rho$, ce qui ne sera pas permis dans les autres verres, où le cône lumineux remplit une bonne partie de l'ouverture entière. Donc, si le verre oculaire est également concave des deux côtés, auquel cas il admet la plus grande ouverture, on aura $\rho = \frac{1}{2}c$, & partant le demi-diamètre de l'ouverture $\theta'c = \frac{1}{2}c$, de sorte que $\theta' = \frac{1}{2}$, ou plus grand qu'un demi. Mais posons seulement $\theta' = \frac{1}{2}$, & il est nécessaire que $\frac{1}{2}c$ ne soit pas plus petit que ω , ou bien il faut prendre $c > 2\omega$. On estime ordinairement $\omega = \frac{1}{10}$ pouce, ou plus petit; donc c'est une condition, qu'on doit prendre $c > \frac{1}{5}$ pouce. Cependant je ne voudrois point employer des oculaires dont la distance de foyer fut au dessous de $\frac{1}{3}$ pouce.

XII. Ayant trouvé $\phi = \frac{b\mathcal{E}\omega}{a\mathcal{E}(\mathcal{E} - c) + bc(a - b)}$
& réglé conformément le verre oculaire pour le verre BB, il faut qu'il

qu'il y ait $\frac{\theta b \xi}{\xi - b} > \frac{bx}{a} + \frac{(a - b) b \xi \omega}{a \xi (\xi - c) + bc (a - b)}$,

ou bien $\theta > \frac{(\xi - b)x}{a \xi} + \frac{(a - b) (\xi - b) \omega}{a \xi (\xi - c) + bc (a - b)}$,

Or, par ce que je viens de remarquer, il faut que θ soit moindre que $\frac{1}{2}$, & tant pour diminuer la confusion, qu'en cas que ce verre ne soit pas également concave des deux côtés, il sera bon que θ ne surpasse pas $\frac{1}{4}$. Voilà donc une autre condition qu'il faut remplir, qui est

$$\frac{(\xi - b)x}{a \xi} + \frac{(a - b) (\xi - b) \omega}{a \xi (\xi - c) + bc (a - b)} < \frac{1}{4},$$

& ensuite il suffit de donner au verre BB une ouverture

dont le demi-diametre $= \frac{bx}{a} + \frac{(a - b) b \xi \omega}{a \xi (\xi - c) + bc (a - b)}$.

XIII. Pour l'objectif AA, il faut à plus forte raison que le demi-diametre de son ouverture x ne surpasse point le quart de sa distance de foyer a , ou que $x < \frac{1}{4}a$. Mais il faut aussi avoir égard au degré de clarté, lequel, pour qu'il soit suffisant, il faut prendre $x = \frac{m}{60}$ pouce, en supposant $\omega = \frac{1}{2}$ pouce. De là il s'ensuit

que $a > \frac{m}{15}$ pouce, mais ordinairement la confusion nous oblige de donner à a une valeur beaucoup plus grande. Cependant, si l'on réussissoit parfaitement à anéantir la confusion, il faudroit toujours prendre $a = \frac{m}{15}$ pouce, & $c = \frac{1}{3}$ pouce.

XIV. Pour mieux développer les déterminations trouvées, posons $\xi = nb$, & la multiplication m donne $m = \frac{na}{c}$, & partant $a = \frac{mc}{n}$. Donc, si les autres circonstances permettent de pren-

dre $c = \frac{1}{3}$ pouce, on aura $a = \frac{m}{3n}$ pouce, & partant $\frac{m}{3n} > \frac{m}{15}$, d'où l'on voit que le nombre n doit être plus petit que 5. Ensuite, la condition du verre BB exige:

$$\frac{(n-1)x}{na} + \frac{(a-b)(n-1)\omega}{na(nb-c) + c(a-b)} > \frac{1}{4},$$

& alors on prendra le demi-diamètre de l'ouverture du verre

$$BB = \frac{bx}{a} + \frac{nb(a-b)\omega}{na(nb-c) + c(a-b)},$$

& le demi-diamètre du champ apparent sera

$$= \frac{nb\omega}{na(nb-c) + c(a-b)}.$$

XV. Substituant ici pour a sa valeur $\frac{mc}{n}$, la condition à l'égard du verre BB à remplir sera

$$\frac{n-1}{60c} + \frac{(n-1)(mc-nb)}{12mnc(nb-c) + 12c(mc-nb)} < \frac{1}{4}, \text{ ou}$$

$$\frac{1}{5} + \frac{mc-nb}{mn(nb-c) + mc-nb} < \frac{3c}{n-1}, \text{ ou bien}$$

$$\frac{mn(nb-c) + 6mc - 6nb}{mn(nb-c) + mc - nb} < \frac{15c}{n-1}.$$

Or, puisque c n'est jamais moindre que $\frac{1}{3}$ & $n < 5$, la fraction $\frac{15c}{n-1}$ est plus grande que $\frac{5}{4}$, il suffit donc que

$$mn(nb-c) > 19(mc-nb), \text{ ou}$$

$$\frac{b}{c} > \frac{mn + 19m}{mn + 19n} = \frac{m(n+19)}{n(mn+19)}.$$

Alors



Alors on prendra le demi-diamètre de l'ouverture du verre

$$BB = \frac{nb}{12c} \left(\frac{1}{2} + \frac{mc - nb}{mn(nb - c) + mc - nb} \right) \text{ pouce,}$$

& le demi-diamètre du champ apparent

$$\Phi = \frac{nnb}{12c(mn(nb - c) + mc - nb)},$$

où les mesures doivent être prises en pouces. Outre cela, ayant les intervalles $PQ = a - b = \frac{mc - nb}{n}$, & $QR = \xi - c = nb - c$, ces quantités doivent être positives, & notre condition exige que $m \times QR > 19PQ$.

XVI. Pour rendre plus commodes tant ces déterminations que les suivantes, posons $b = \frac{(n - 1)kc}{n}$, & nous aurons:

$$PA = x = \frac{m}{60} \text{ pouce; } PF = a = p = \frac{mc}{n}; Ff = \frac{mc}{n} \cdot \Phi,$$

$$QF = b = \frac{(n-1)kc}{n}; QG = \xi = (n-1)kc; q = -kc; Gg = mc \cdot \Phi,$$

$$RG = c; r = -c; RC = \frac{1}{2}c; \Phi = \frac{nk}{12c(mnk - m - k)},$$

$$PQ = \frac{c}{n}(m - nk + k); QR = c(nk - k - 1); \text{ donc}$$

$$k < \frac{m}{n-1}, \quad \& \quad k > \frac{1}{n-1}, \quad \& \quad \text{l'autre condition}$$

$$\frac{mn(nk - k - 1) + 6(m - nk + k)}{mn(nk - k - 1) + m - nk + k} < \frac{15c}{n-1}, \quad \text{ou}$$

$$\frac{m - nk + k}{nk - k - 1} < \frac{mn(15c - n + 1)}{6(n-1) - 15c}, \quad \text{ou bien}$$

$$\frac{PQ}{QR} < \frac{m(15c - n + 1)}{6(n-1) - 15c}.$$

Alors



Alors on prendra

$$QB = \frac{(n-1)k}{60} \cdot \frac{mn(nk - k - 1) + 6(m - nk + k)}{mn(nk - k - 1) + m - nk + k}$$

XVII. Nous avons donc encore trois quantités à déterminer savoir c , n & k , dont nous savons que c ne sauroit être pris plus petit que $\frac{1}{2}$ pouce, & que $n < 5$, outre qu'on doit remplir les conditions prescrites. Mais, ce qui est ici le plus important, c'est qu'on doit construire & arranger en sorte les verres, que la confusion qui résulte de l'ouverture des verres évanouisse. Pour cet effet, si l'on pose les exposans de la confusion λ , λ' , λ'' , pour nos trois verres AA, BB, CC, il faut satisfaire à cette équation:

$$\lambda m - \frac{\lambda' k (n-1)^4}{n^3} + \frac{0,23269k(n-1)^2}{nn} - \frac{\lambda''}{n^3} = 0,$$

d'où l'on tire

$$k = \frac{\lambda m n^3 - \lambda''}{\lambda' (n-1)^4 - 0,23269n(n-1)^2}$$

XVIII. Puisque l'exposant λ est multiplié par un grand nombre mn^3 , il faut donner au verre objectif une telle figure qu'une petite aberration influe le moins qu'il est possible sur la valeur de λ : ce qu'on obtient en posant $\lambda = 1$, d'où l'on tire cette construction de l'objectif.

$$\text{Le rayon de la face } \begin{cases} \text{de devant} = 0,61447 a \\ \text{de derriere} = 5,24160 a. \end{cases}$$

Pour le verre oculaire, en le faisant également concave des deux côtés, pour qu'il admette la plus grande ouverture, il faut

$$\text{que le rayon de chaque face soit} = -\frac{1}{2}c,$$

& alors on aura $\lambda'' = 1,62980$.

XIX. Pour le verre BB dont la distance de foyer est négative & $q = -kc$, afin que son exposant de confusion soit $= \lambda''$, il faut prendre
les



les rayons de ses faces

$$\text{de devant} = \frac{(n-1)kc}{1,62740 - 0,19078n + 0,90513(n-1)\sqrt{(\lambda'-1)'}}$$

$$\text{de derriere} = \frac{(n-1)kc}{0,19078 - 1,62740n + 0,90513(n-1)\sqrt{(\lambda'-1)'}}$$

de sorte, que le nombre λ' étant donné, on peut construire le verre, pourvu qu'il soit plus grand que l'unité.

XX. Ayant de cette maniere réduit à rien la confusion, rien n'empêche qu'on ne prenne $c = \frac{1}{2}$ pouce: & posant $\lambda = 1$, & $\lambda'' = 1,62980$, nos conditions à remplir seront.

$$k < \frac{m}{n-1}; \quad k > \frac{1}{n-1}; \quad \frac{m-nk+k}{nk-k-1} < \frac{mn(6-n)}{6n-11},$$

$$\& \lambda' = \frac{mn^3 + 0,23269n(n-1)^2k - 1,62980}{(n-1)^4k} > 1.$$

Puisque n ne sauroit surpasser 5, & qu'il est au-dessus de l'unité, le plus sur moyen de gagner tous les avantages qu'on en puisse tirer, sera de donner successivement à n quelques valeurs, depuis 2 jusqu'à 5.

I. Hypothese en posant $n = 2$.

$$\text{Nous aurons donc } \Phi = \frac{k}{2(2mk - m - k)}, \quad \&$$

$$PF = a = p = \frac{m}{6}; \quad Ff = \frac{m}{6}\Phi; \quad PA = \frac{m}{60} \text{ pouces,}$$

$$QF = b = \frac{k}{6}; \quad QG = c = \frac{k}{3}; \quad q = -\frac{1}{3}k; \quad Gg = \frac{1}{2}m\Phi; \quad RG = d = \frac{1}{3}; \quad RC = \frac{1}{6},$$

$$\& QB = \frac{k}{60} \cdot \frac{2m(k-1) + 6(m-k)}{2m(k-1) + m - k} = \frac{k}{60} \cdot \frac{2mk + 4m - 6k}{2mk - m - k},$$

$$PQ = \frac{m-k}{6}; \quad QR = \frac{k-1}{3}; \quad \& PR = \frac{m+k-2}{6} \text{ pouces.}$$

Conditions à remplir:

$$k > m; \quad k > 1; \quad \frac{m - k}{k - 1} < 8m; \quad \text{ou } k > \frac{9m}{8m + 1},$$

$$\& \lambda' = \frac{8m + 0,46438k - 1,62980}{k} > 1.$$

Ces conditions se réduisent à ces deux $k < m$, & $k > \frac{9m}{8m + 1}$.

Mais le champ apparent, à cause de $\phi = \frac{1}{2(2m - 1 - \frac{m}{k})}$,

deviendra le plus grand, lorsqu'on donne à k sa plus petite valeur, qui est $k = \frac{9m}{8m + 1}$, ou $k = \frac{9}{8}$.

Pofons donc $k = \frac{9}{8}$, pour avoir $\phi = \frac{9}{2(10m - 9)}$, ou bien $\phi = \frac{15467}{10m - 9}$ minutes; & les autres déterminations, pourvu qu'il foit $m > \frac{9}{8}$ feront en pouces:

$$PF = \alpha = \frac{m}{6}; \quad Ff = \frac{m}{6} \phi; \quad PA = \frac{m}{60};$$

$$QF = b = \frac{1}{18}; \quad QG = \epsilon = \frac{1}{8}; \quad q = -\frac{1}{8}; \quad Gg = \frac{m}{3} \phi.$$

$$QB = \frac{1}{18} \cdot \frac{25m - 27}{10m - 9}; \quad RG = \epsilon = \frac{1}{8}; \quad \& \quad RC = \frac{1}{8}.$$

de là on trouve $\lambda' = \frac{64}{9}m - 0,98334$, & partant $\sqrt{(\lambda' - 1)} = \sqrt{(\frac{64}{9}m - 1,98334)}$. Mais, puisque λ' devient si excessivement grand sur tout pour les grandes multiplications, on comprend aisément que la moindre faute commise dans la construction du verre BB doit toujours produire une confusion très considérable. Il vaudra donc mieux donner à k une plus grande valeur

veleur aux dépens du champ apparent, qui n'en souffrira point considérablement.

Pofons donc plutôt $k = \hat{m}$,

& nous aurons $\phi = \frac{1}{4(m-1)} = \frac{859}{m-1}$ minutes,

pour les distances $PF = \frac{m}{6}$; $QF = \frac{m}{6}$; $QG = \frac{m}{6}$; $RG = \frac{1}{3}$,

donc $PQ = 0$, & $QR = \frac{m-1}{3}$,

pour les distances de foyer $p = \frac{m}{6}$; $q = -\frac{m}{3}$; $r = -\frac{1}{3}$,

pour les images $Ff = \frac{m}{6}\phi$; $Gg = \frac{m}{3}\phi$.

pour les ouvertures $PA = \frac{m}{60}$; $QB = \frac{m}{60}$; $RC = \frac{1}{8}$.

Pour la construction des verres

AA le rayon de la face $\begin{cases} \text{de devant} = 0, 10241 m \\ \text{de derriere} = 0, 87360 m \end{cases}$

BB le rayon de la face

de devant $= \frac{m}{3, 73752 - 2, 71539 \sqrt{(\lambda' - 1)}}$

de derriere $= \frac{m}{-9, 19206 + 2, 71539 \sqrt{(\lambda' - 1)}}$

prenant $\lambda' = \frac{8, 46538 - 1, 62980}{m}$,

CC le rayon de chaque face $= -\frac{1}{5} \frac{1}{8}$ pouce.

II. Hypothese prenant $n = 3$.

A cause de $c = \frac{1}{3}$, nous aurons $\phi = \frac{3k}{4(3mk - m - k)}$

Dd 2 les

les distances $PF = \frac{m}{9}$; $QF = \frac{2k}{9}$; $QG = \frac{2k}{3}$; $RG = \frac{1}{3}$,

donc $PQ = \frac{m-2k}{9}$; $QR = \frac{2k-1}{3}$; $PR = \frac{m+4k-3}{9}$,

pour les distances de foyer $p = \frac{m}{9}$; $q = -\frac{k}{3}$; $r = -\frac{1}{3}$,

pour les images $Ff = \frac{m}{9} \Phi$; $Gg = \frac{m}{3} \Phi$,

pour les ouvertures $PA = \frac{m}{60}$; $QB = \frac{k}{20} \cdot \frac{2mk+m-4k}{3mk-m-k}$; $RC = \frac{1}{8}$.

Les conditions à remplir :

$$k < \frac{m}{2}; \quad k > \frac{1}{2}; \quad \frac{m-2k}{2k-1} < \frac{9m}{7}; \quad k > \frac{8m}{9m+7},$$

$$\& \lambda' = \frac{27m+2, 79228k-1, 62980}{16k} > 1.$$

Par rapport au champ, à cause de $\Phi = 1:4(m-\frac{1}{3}-\frac{m}{3k})$, il seroit bon de donner à k sa plus petite valeur $k = \frac{9}{8}$, pourvu qu'il soit $m > \frac{1,6}{9}$, & que le nombre λ' ne devienne pas trop grand. Il faut donc regarder à la multiplication m , & si elle n'est pas fort grande, on pourra bien prendre $k < \frac{m}{2}$. Alors on aura pour la construction

de l'objectif AA

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = 0,06827 m \\ \text{de derriere} = 0,58240 m \end{cases}$

du verre BB, le rayon de la face

de devant = $\frac{k}{+ 1,58259 - 2,71539 \sqrt{(\lambda' - 1)^2}}$

de derriere = $\frac{k}{- 7,03713 + 2,71539 \sqrt{(\lambda' - 1)^2}}$

du verre CC, le rayon de chaque face = $-\frac{1}{3} \frac{1}{5}$ pouce.

Or, à moins que la multiplication m ne soit proposée, on ne sauroit rien déterminer en général, puisqu'il sera toujours bon de prendre k aussi petit qu'il est possible, sans que le nombre λ' devienne trop grand, les limites étant $k > \frac{8m}{9m + 7}$, & $k < \frac{m}{2}$.

III. Hypothese prenant $n = 4$.

A cause de $c = \frac{1}{3}$, nous aurons $\Phi = \frac{k}{4mk - m - k} = 1 : (4m - 1 - \frac{m}{k})$,

ou bien $\Phi = \frac{3437k}{4mk - m - k}$ minutes.

les distances $PF = \frac{m}{12}$; $QF = \frac{k}{4}$; $QG = k$; $RG = \frac{1}{3}$,

donc $PQ = \frac{m - 3k}{12}$; $QR = \frac{3k - 1}{3}$; $PR = \frac{m + 9k - 4}{12}$,

les distances de foyer $p = \frac{m}{12}$; $q = -\frac{k}{3}$; $r = -\frac{1}{3}$.

pour les images $Ef = \frac{m}{12} \Phi$; $Gg = \frac{m}{3} \Phi$.

pour les ouvertures $PA = \frac{m}{60}$; $QB = \frac{k}{30} \cdot \frac{6mk + m - 9k}{4mk - m - k}$; $RC = \frac{1}{6}$,

Les conditions à remplir:

$k < \frac{m}{3}$; $k > \frac{1}{3}$; $\frac{m - 3k}{3k - 1} < \frac{8m}{13}$; ou $k > \frac{21m}{24m + 39}$,
Dd 3 ou

ou bien les limites sont $k < \frac{m}{3}$; $k > \frac{7m}{8m + 13}$.

$$\& \lambda' = \frac{64m + 8,37684k - 1,62980}{81k} > 1.$$

Il sera donc bon de prendre k si proche de la plus petite limite $\frac{7m}{8m + 13}$, que le nombre λ' n'en résulte pas trop grand, ce qu'on déterminera aisément pour chaque cas proposé. Alors on aura pour la construction

de l'objectif AA

le rayon de la face $\left\{ \begin{array}{l} \text{de devant} = 0,05121m \\ \text{de derriere} = 0,43680m \end{array} \right.$

du verre BB le rayon de la face

de devant $= \frac{k}{+0,86428 - 2,71539 \sqrt{(\lambda' - 1)}}$

de derriere $= \frac{k}{-6,31882 + 2,71539 \sqrt{(\lambda' - 1)}}$

du verre CC le rayon de chaque face $= -\frac{1}{3}$.

IV. Hypothese prenant $n = 5$.

A cause de $c = \frac{1}{2}$,

nous avons $\phi = \frac{5k}{4(5mk - m - k)} = 1:4(m - \frac{1}{2} - \frac{m}{5k})$,

ou bien $\phi = \frac{4296}{5mk - m - k}$ minutes.

les distances $PF = \frac{m}{15}$; $QF = \frac{4k}{15}$; $QG = \frac{4k}{3}$; $RG = \frac{1}{2}$,

donc $PQ = \frac{m - 4k}{15}$; $QR = \frac{4k - 1}{3}$; $PR = \frac{m + 16k - 5}{15}$,

les distances de foyer $p = \frac{m}{15}$; $q = -\frac{k}{3}$; $r = -\frac{1}{2}$,

pour

pour les images $Ff = \frac{m}{15} \Phi$; $Gg = \frac{m}{3} \Phi$,

pour les ouvertures $PA = \frac{m}{60}$; $QB = \frac{k}{60} \cdot \frac{20mk + m - 24k}{5mk - m - k}$; $RC = \frac{1}{4}$.

Les conditions à remplir:

$$k < \frac{m}{4}; k > \frac{1}{4}; \frac{m - 4k}{4k - 1} < \frac{5m}{19}; \text{ ou } k > \frac{6m}{5m + 19},$$

ou bien les limites sont: $k < \frac{m}{4}$, & $k > \frac{6m}{5m + 19}$,

$$\& \lambda' = \frac{125m + 18, 61520k - 1, 62980}{256k} > 1.$$

Donc, autant que la grandeur du nombre λ' le permet, on prendra k aussi proche de sa plus petite limite $\frac{6m}{5m + 19}$, qu'il sera possible. Alors on aura pour la construction

de l'objectif AA

$$\text{le rayon de sa face } \begin{cases} \text{de devant} = 0, 04096m \\ \text{de derriere} = 0, 34944m \end{cases}$$

du verre BB le rayon de sa face

$$\text{de devant} = \frac{k}{+ 0, 50513 - 2, 71539 \sqrt{(\lambda' - 1)}},$$

$$\text{de derriere} = \frac{k}{- 5, 95976 + 2, 71539 \sqrt{(\lambda' - 1)}},$$

du verre CC le rayon de chaque face = $-\frac{1}{36}$.

Remarque.

Les avantages de cette dernière hypothèse sont 1°. que la lunette est plus courte, & 2°. qu'on lui peut procurer un plus grand champ

champ apparent pour la même multiplication. Mais, d'un autre côté, le verre objectif demande une ouverture presque trop grande, d'où l'on a lieu de craindre quelque confusion, Or il n'est pas difficile de remédier à cet inconvénient; comme je n'ai pas déterminé la grandeur des pouces dont je me sers pour mesurer les distances, on n'a qu'à les prendre plus grands, en réglant les ouvertures sur le pouce ordinaire. La lunette deviendra bien alors plus longue, & souffrira une diminution dans le champ apparent, mais elle conservera toujours des avantages sur les premières hypothèses. Pour la troisième hypothèse, il semble qu'elle n'exige point une telle correction; & partant je m'y arrêterai, & je déterminerai pour les principaux cas de multiplication les lunettes les plus avantageuses tirées de la troisième hypothèse.

CONSTRUCTION DES LUNETTES

qui grossissent $2\frac{1}{2}$ fois en diamètre.

Puisque $m = 2\frac{1}{2}$ les limites pour le nombre k sont

$k < \frac{5}{8}$, & $k > \frac{3}{8}$, & nous aurons

$$\lambda' = \frac{158,37020 + 8,37684k}{81k} = \frac{1,95519 + 0,10342k}{k}.$$

Puisque la plus petite limite de k donne pour λ' une valeur assez modique posons, $k = \frac{5}{8}$, pour avoir $\lambda' = 3,68794$, d'où l'on trouve $2,71539 \sqrt{(\lambda' - 1)} = 4,45186$, & partant les rayons des deux faces du verre BB

$$\text{de devant} = \frac{-k}{3,58758} = -0,15204$$

$$\text{de derriere} = \frac{-k}{1,86696} = -0,29216,$$

$$\text{\& pour son ouverture } QB = \frac{127}{53,55} = 0,043.$$

En

Voici donc la construction de cette lunette :

1. pour le verre objectif AA,

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = 0,1280 \\ \text{de derrière} = 1,0920 \end{cases}$

le demi-diamètre de son ouverture PA = 0,042,

2. pour le verre du milieu BB,

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = -0,15204 \\ \text{de derrière} = -0,29216 \end{cases}$

le demi-diamètre de son ouverture QB = 0,043.

3. pour le verre oculaire CC,

le rayon de chaque face = -0,367, & de l'ouverture = 0,183, dont la moitié suffit pour la prunelle.

4. pour les distances entre les verres

$$PQ = \frac{19}{22 \cdot 12} = 0,072; \quad QR = \frac{7}{3} = 0,212, \quad \& \quad PR = 0,284.$$

5. Du champ apparent le demi-diamètre = $\frac{1}{3}\frac{2}{3} = 12^\circ, 57'$.
Donc PG = 0,62.

Cette lunette ressemble à un microscope, où le verre oculaire est le plus grand; elle est représentée dans la 4^{me} Figure. L'enchassement doit être fait en sorte qu'on puisse l'oculaire CC plus ou moins approcher du verre BB, selon la constitution de l'oeil.

CONSTRUCTION DES LUNETTES

qui grossissent 5 fois en diamètre.

Puisque $m = 5$, les limites pour le nombre k sont :

$k < \frac{5}{2}, \quad \& \quad k > \frac{3}{2}\frac{5}{2}, \quad \& \quad \text{ayant}$

$$\lambda' = \frac{318,37020 + 8,37684k}{81k} = \frac{3,93050}{k} + 0,10342,$$

nous pourrons bien prendre $k = \frac{2}{3}$, & nous aurons

$\lambda' = 5,99917$, & $2,71539 \sqrt{(\lambda' - 1)} = 6,07129$,
& partant les rayons de deux faces du verre BB

$$\text{de devant} = \frac{-k}{5,20701} = -0,12803,$$

$$\text{de derriere} = \frac{-k}{0,24753} = -2,69328,$$

& pour son ouverture $QB = \frac{38}{30 \times 23} = 0,055$.

Voici donc la construction de cette lunette :

1°. pour le verre objectif AA.

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = 0,25605 \\ \text{de derriere} = 2,18400 \end{cases}$

le demi-diametre de son ouverture $PA = \frac{r}{2} = 0,083$,

2°. pour le verre du milieu BB,

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = -0,12803 \\ \text{de derriere} = -2,69328 \end{cases}$

le demi-diametre de son ouverture $QB = 0,055$.

3°. pour l'oculaire CC le rayon de chaque face = $-0,367$,
& le demi-diametre de l'ouverture = $0,091$.

4°. pour les distances entre les verres

$PQ = \frac{1}{4} = 0,25$, $QR = \frac{1}{3} = 0,333$, & $PR = 0,583$.

5°. Du champ appàrent le demi-diametre = $\frac{2}{3} = 4^\circ, 59'$.

On aura donc $PG = \frac{1}{4} + \frac{2}{3} = 0,916$.

Cette



Cette distance PG sert à placer exactement le verre du milieu BB , puisque l'image, avant d'insérer l'oculaire CC , doit tomber à la distance $PG = 0,9.6$ pouces. Cette lunette est représentée dans la 5^{me} figure. Au reste je remarque, que l'oculaire du verre BB est presque trop grand par rapport à sa face de devant: & partant il auroit falu donner à k une valeur plus grande: ce qu'il sera bon d'observer dans la suite.

CONSTRUCTION DES LUNETTES

qui grossissent 10 fois en diametre.

Puisque $m = 10$, les limites pour le nombre k sont:

$$k < \frac{10}{3}, \quad \& \quad k > \frac{7}{3}.$$

$$\lambda' = \frac{638,37020 + 8,37684k}{81k} = \frac{7,8811}{k} + 0,10342,$$

il faut prendre k en sorte que λ' ne surpasse pas 5. Soit donc $k = \frac{5}{2}$; pour avoir $\lambda' = 4,83208$, & $2,71539 \sqrt{(\lambda' - 1)} = 5,31556$, & partant les rayons des faces du verre BB

$$\text{de devant} = \frac{-k}{4,45128} = -0,37442,$$

$$\text{de derriere} = \frac{-k}{1,00326} = -1,66125,$$

& pour son ouverture $QB = \frac{19}{18 \times 11} = 0,09596$, qui n'est pas trop grande. Or on trouve $\phi = \frac{1}{3}$, ou $\phi = 1^{\circ}, 44'$.

Voici donc la construction de cette lunette:

1°. pour le verre objectif AA ,

$$\text{le rayon de sa face} \begin{cases} \text{de devant} = 0,51210 \\ \text{de derriere} = 4,36800 \end{cases}$$

& le demi-diametre de son ouverture $PA = \frac{1}{2} = 0,166$

Ec 2

2°. pour



2°. pour le verre du milieu BB,

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} & = - 0,37442 \\ \text{de derriere} & = - 1,66125 \end{cases}$

& le demi-diametre de son ouverture $QB = 0,0959$

3°. pour l'oculaire CC, le rayon de chaque face $= - 0,367$,
& le demi-diametre de son ouverture $= - 0,09$.

4°. Pour les distances entre les verres

$PQ = r^2 = 0,416$; $QR = \frac{1}{3} = 1,333$; & $PR = 1,749$,
donc la distance $PG = 2,082$.

5°. Du champ apparent le demi-diametre $= \frac{r}{3} = 1^\circ, 44'$.

Cette Lunette est représentée dans la 6me Figure.

CONSTRUCTION DES LUNETTES
qui grossissent 20 fois en diametre.

Puisque $m = 20$, les limites pour le nombre k sont

$k < \frac{20}{3}$, & $k > \frac{1}{1\frac{1}{3}}$. Ayant donc

$$\lambda' = \frac{1258,3720 + 8,37684k}{81k} = \frac{15,78235}{k} + 0,10342,$$

nous pourrons prendre $k = \frac{20}{3}$, pour avoir $\lambda' = 4,83812$,
& $2,71539 \sqrt{(\lambda' - 1)} = 5,32098$, & partant pour les faces du verre BB,

$$\text{de devant} = \frac{-k}{4,45670} = - 0,74793$$

$$\text{de derriere} = \frac{-k}{0,99784} = - 3,34055,$$

& son ouverture $QB = \frac{1}{3} = 0,178$, de sorte qu'on auroit pu
prendre k plus petit: on trouve de plus $\phi = \frac{r}{3} = 47'$.

Voilà



Voilà donc la construction de cette Lunette

1°. pour le verre objectif AA,

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = 1,02420 \\ \text{de derriere} = 8,73600 \end{cases}$

& le demi-diametre de son ouverture $PA = \frac{1}{3} = 0,333.$

2°. pour le verre du milieu BB,

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = -0,74793 \\ \text{de derriere} = -3,34055 \end{cases}$

& le demi-diametre de son ouverture $QB = 0,178.$

3°. pour l'oculaire CC, le rayon de chaque face = $-0,367,$
& le demi-diametre de son ouverture = $0,09.$

4°. pour les distances entre les verres

$PQ = \frac{1}{2} = 0,5; QR = 3; \& PR = 3,5,$
& la distance $PG = 4,166.$

5°. Du champ apparent le demi-diametre = $\frac{7}{3} = 47'.$

Cette Lunette est représentée dans la 7me Figure.

CONSTRUCTION DES LUNETTES

qui grossissent 30 fois en diametre.

Puisque $m = 30,$ les limites du nombre k sont

$k < 10, \& k > \frac{210}{3},$ ayant donc

$$\lambda' = \frac{1918,37020 + 8,37684k}{81k} = \frac{23,68358}{k} + 0,10342,$$

nous pouvons bien prendre $k < 5;$ mais, puisqu'on gagneroit fort peu de champ apparen, & qu'il est important que le nombre λ' ne devienne pas trop grand, posons $k = 5,$ pour avoir $\lambda' = 4,84013,$
Et 3 &

& $2,71539 \sqrt{(\lambda' - 1)} = 5,32115$, & partant pour les faces du verre BB

$$\text{de devant} = \frac{-k}{4,45687} = -1,12186,$$

$$\text{de derriere} = \frac{-k}{0,99767} = -5,01168,$$

& son ouverture $QB = \frac{5}{28} = 0,261$.

De plus on trouve $\phi = \frac{1}{17}$, ou $\phi = 30'$.

Voilà donc la construction de cette lunette,

1°. pour le verre objectif AA,

$$\text{le rayon de sa face} \begin{cases} \text{de devant} = 1,53630 \\ \text{de derriere} = 13,10400 \end{cases}$$

& le demi-diametre de son ouverture $PA = \frac{1}{2} = 0,50$

2°. pour le verre du milieu BB,

$$\text{le rayon de sa face} \begin{cases} \text{de devant} = -1,12186 \\ \text{de derriere} = -5,01168 \end{cases}$$

le demi-diametre de son ouverture $QB = 0,261$.

3°. pour l'oculaire, le rayon de chaque face = $-0,367$,
& le demi-diametre de son ouverture = $0,09$.

4°. pour les distances entre les verres,

$PQ = \frac{5}{4} = 1,25$; $QR = \frac{1}{2} = 0,5$; & $PR = 5,92$,
& la distance de l'image $PG = 6,25$.

5°. Du champ apparent le demi-diametre = $\frac{1}{17} = 30'$.

Cette Lunette de 6 pouces doit affés bien présenter les satellites de Jupiter.



CONSTRUCTION DES LUNETTES

*qui grossissent 50 fois en diamètre.*Puisque $m = 50$, les limites du nombre k sont :

$$k < 5_3^0, \text{ \& } k > 3_1^0, \text{ ayant donc}$$

$$\lambda' = \frac{3198,37020 + 8,37684k}{81k} = \frac{39,48605}{k} + 0,10342,$$

posons $k = 2_3^3$, pour avoir $\lambda' = 4,84175$, & partant $2,71539 \sqrt{(\lambda' - 1)} = 5,32227$, d'où l'on tire pour les faces du verre BB les rayons :

$$\text{de devant} = \frac{-k}{4,45799} = -1,86930,$$

$$\text{de derriere} = \frac{-k}{0,99655} = -8,36218,$$

& pour son ouverture $QB = \frac{1}{3} \frac{6}{8} = 0,427$,

de plus on trouve $\phi = 1\frac{1}{3}$, ou $\phi = 17', 49''$.

Voilà donc la construction de cette lunette,

1°. pour le verre objectif AA,

$$\text{le rayon de sa face} \begin{cases} \text{de devant} = 2,56050, \\ \text{de derriere} = 21,84000, \end{cases}$$

& le demi-diametre de son ouverture $PA = \frac{1}{3} = 0,33\bar{3}$.

2°. pour le verre du milieu BB

$$\text{le rayon de sa face} \begin{cases} \text{de devant} = -1,86930 \\ \text{de derriere} = -8,36218 \end{cases}$$

& le demi-diametre de son ouverture $QB = 0,427$.

3°. pour le verre oculaire CC,

le rayon de chaque face = -0,367,

& le demi-diametre de son ouverture = 0,09.

4°. pour

4°. pour les distances entre les verres

$PQ = \frac{2}{1} \frac{1}{2} = 2,083$; $QR = 8$; & $PR = 10,083$,
& la distance de l'image $PG = 10,416$

5°. Du champ apparent le demi-diametre $= 17', 49''$.

.. Cette Lunette représentera donc encore la Lune tout entiere, & le champ apparent est plus grand que celui d'une Lunette ordinaire Astronomique à deux verres convexes, qui grossit autant.

CONSTRUCTION DES LUNETTES

qui grossissent 100 fois en diametre.

Puisque $m = 10$, les limites pour le nombre k sont:

$k < \frac{100}{3}$, & $k > \frac{700}{8}$. Ayant donc

$$\lambda' = \frac{6398,37020 + 8,37684k}{81k} = \frac{78,99222}{k} + 0,10342,$$

posons $k = \frac{50}{3}$, pour avoir $\lambda' = 4,84295$, & partant
 $2,71539 \sqrt{(\lambda' - 1)} = 5,32310$, donc les rayons des faces du
verre BB

$$\text{de devant} = \frac{-k}{4,45882} = -3,73791,$$

$$\text{de derriere} = \frac{-k}{0,99572} = -16,73830,$$

& pour son ouverture $QB = \frac{5}{8} \times \frac{1}{1} \frac{2}{3} \frac{2}{2} = 0,844$.
de plus on trouve $\phi = \frac{1}{3} \frac{1}{3}$, ou $\phi = 8', 45''$.

Voilà donc la construction de cette lunette

1°. pour le verre objectif AA,

le rayon de sa face $\left\{ \begin{array}{l} \text{de devant} = 5,12100 \\ \text{de derriere} = 43,68000 \end{array} \right.$

& le demi-diametre de son ouverture $PA = \frac{5}{8} = 1,666$.

2°. pour



2°. pour le verre du milieu BB,

le rayon de sa face $\left\{ \begin{array}{l} \text{de devant} = \text{---} 3,73791 \\ \text{de derriere} = \text{---} 16,73830 \end{array} \right.$

& le demi-diametre de son ouverture QB = 0,844

3°. pour le verre oculaire CC,

le rayon de ses deux faces = --- 0,367, & le demi-diametre de son ouverture = 0,09.

4°. pour les distances entre les verres,

PQ = $\frac{2}{3}$ = 4,166; QR = $\frac{1}{3}$ = 16,333; PR = 20,500,
& la distance de l'image PG = 20,833.

5°. Du champ apparent le demi-diametre = 8', 45''.

Cette lunette de 20 $\frac{1}{2}$ pouces grossira donc autant qu'une ordinaire de 30 pieds; & le champ apparent n'y est pas moindre. Or je doute fort qu'une telle lunette réussisse, à cause du trop haut degré de précision que la construction demande; & par cette raison je me dispense de passer à des plus grandes multiplications.

S U P P L É M E N T.

J'ai fixé dans les constructions précédentes la distance de foyer du verre oculaire à $\frac{1}{3}$ pouce, qui peut-être sera encore trop petite, surtout pour les grandes multiplications, de sorte que, pour y réussir, on sera obligé d'augmenter les mesures prescrites, à l'exception de celles qui regardent les ouvertures. Mais, quand la multiplication *m* n'est pas fort grande, & qu'on peut exactement exécuter les mesures prescrites, il y a apparence qu'on pourroit bien se servir d'un oculaire plus petit, & mettre sa distance de foyer $r = \text{---} \frac{1}{3}$ pouce, puisqu'un tel verre, ayant ses faces également concaves, & le rayon de chacune = --- 0,22, admettra encore une ouverture égale à la prunelle.

Posons donc $c = \frac{1}{3}$, & puisque $\alpha = p = \frac{m}{5n}$, & $x = \frac{m}{60}$, le nombre n ne sauroit surpasser 3. Or pour le nombre k nous aurons ces limites.

$$k < \frac{m}{n-1}; \quad k > \frac{1}{n-1}; \quad \& \quad \frac{m-(n-1)k}{(n-1)k-1} < \frac{mn(4-n)}{6n-9},$$

d'où il s'ensuit $k > \frac{m(9-n)}{mn(4-n) + 6n-9}$. De plus ayant

$$\lambda' = \frac{mn^3 + 0,23269n(n-1)^2k - 1,62980}{(n-1)^4k}.$$

On voit bien que, pour prevenir de trop grandes valeurs de λ' , il faut donner tant à n qu'à k les plus grandes valeurs dont elles sont susceptibles. Je mettrai donc $n = 3$, & $k = \frac{m}{3}$, puisqu'il faut que

$$k < \frac{m}{3}, \quad \& \quad k > \frac{6m}{3m+9}, \quad \text{ou} \quad k > \frac{2m}{m+3}:$$

cette condition ne sauroit subsister, à moins que m ne soit plus grand que 3. Donc, pour pouvoir appliquer notre calcul à des cas où $m < 3$, il faudra prendre $k > \frac{m}{3}$, & pourtant $k < \frac{m}{2}$, où il est requis que $m > 2$.

$$\text{Soit donc } n = 3, \quad \& \quad k = \frac{2m}{5}, \quad \& \quad \text{on aura}$$

$$\lambda' = 4,39327 - \frac{0,25465}{m}.$$

d'où l'on tire les rayons des faces du verre BB,

$$\text{de devant} = \frac{m}{6,55412 - 11,31412 \sqrt{(\lambda' - 1)'}}$$

$$\text{de derriere} = \frac{m}{-29,32137 + 11,31412 \sqrt{(\lambda' - 1)'}}$$

& pour son ouverture $QB = \frac{m}{75} \cdot \frac{12m - 9}{12m - 14} = \frac{m}{75} + x \frac{1}{80}$, à peu près.

Pour l'objectif AA, à cause de $\alpha = p = \frac{m}{15}$, on aura

$$\text{le rayon de la face} \begin{cases} \text{de devant} = 0,040965 m \\ \text{de derriere} = 0,349440 m. \end{cases}$$

& pour son ouverture $PA = x = \frac{m}{60} = 0,0166 m$.

Pour l'oculaire CC, le rayon de chaque face = — 0,22,
& pour son ouverture $RC = 0,10$.

Pour les distances des verres, on aura

$$PQ = \frac{m}{75}; \quad QR = \frac{4m - 5}{25}; \quad PR = \frac{13m - 15}{75},$$

& pour l'image Gg, la distance $PG = \frac{13m}{75}$, qui est nécessaire pour bien régler la position du verre BB.

Enfin, pour le champ apparent, son demi-diametre se trouve $\phi = \frac{5}{12m - 14}$, ou bien $\phi = \frac{8592}{6m - 7}$ minutes, qui est considérablement plus grand que dans le cas précédent.

La construction du verre BB fera rendue plus facile par les formules suivantes pour les rayons des faces



$$\text{de devant} = - m : (14,24743 - \frac{0,78203}{m} - \frac{0,01467}{mm}),$$

$$\text{de derriere} = - m : (8,47982 + \frac{0,78203}{m} + \frac{0,01467}{mm}),$$

qui se réduisent à celles-ci :

$$\text{de devant} = - 0,070188 m - 0,00385 - \frac{0,00028}{m},$$

$$\text{de derriere} = - 0,117927 m + 0,01087 - \frac{0,00080}{m},$$

Quoique ces déterminations ne puissent avoir lieu que dans les petites multiplications, à cause des erreurs inévitables, qui dans les grandes multiplications causeroient une confusion insupportable, on pourra néanmoins s'en servir dans les grandes multiplications, pourvu qu'on augmente suffisamment la grandeur d'un pouce, sans pourtant augmenter les ouvertures. Mais il faut bien remarquer qu'alors le diamètre du champ apparent sera diminué dans la même proportion.

CONSTRUCTION D'UNE LUNETTE.

qui grossit $2\frac{1}{2}$ fois en diamètre.

1°. Pour le verre objectif AA, on aura

$$\text{le rayon de sa face} \begin{cases} \text{de devant} = 0,10241 \\ \text{de derriere} = 0,87360 \end{cases}$$

& le demi-diamètre de son ouverture PA = $\frac{1}{24}$ = 0,0417.

2°. Pour le verre du milieu BB,

$$\text{le rayon de sa face} \begin{cases} \text{de devant} = - 0,17943 \\ \text{de derriere} = - 0,28427 \end{cases}$$

& le demi-diamètre de son ouverture QB = $\frac{1}{28}$ = 0,0437.

3°. Pour le verre oculaire

$$\text{le rayon de chaque face} = - 0,22.$$

& le demi-diamètre de son ouverture RC = 0,1.

4°. Pour



4°. Pour les distances entre les verres

$PQ = \frac{1}{30} = 0,033$; $QR = \frac{1}{5} = 0,2$; $PR = 0,233$,
& la distance de l'image $PG = \frac{1}{23} = 0,433$.

5°. Pour le champ apparent
le demi-diametre $\phi = \frac{1}{18}$, ou bien $\phi = 17^\circ, 54'$.

La Fig. 8. représente cette lunette.

CONSTRUCTION D'UNE LUNETTE.
qui grossit 5 fois en diametre.

1°. Pour le verre objectif AA, on aura :

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} & = 0,20482 \\ \text{de derriere} & = 1,74720 \end{cases}$

& le demi-diametre de son ouverture $PA = \frac{1}{12} = 0,0833$.

2°. Pour le verre du milieu BB,

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} & = \text{---} 0,35485 \\ \text{de derriere} & = \text{---} 0,57893 \end{cases}$

& le demi-diametre de son ouverture $QB = \frac{1}{14} = 0,0739$.

3°. Le verre oculaire est toujours le même comme ci-dessus.

4°. Pour les distances entre les verres.

$PQ = \frac{1}{15} = 0,067$; $QR = \frac{1}{2} = 0,6$; $PR = 0,667$,
& la distance de l'image $PG = 0,867$.

5°. Pour le champ apparent :
le demi-diametre $\phi = \frac{1}{8}$, ou bien $\phi = 6^\circ, 14'$.

CONSTRUCTION D'UNE LUNETTE.

qui grossit 10 fois en diametre.

1°. Pour le verre objectif AA, on aura

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = 0,40965 \\ \text{de derriere} = 3,49440 \end{cases}$

& le demi-diametre de son ouverture $PA = \frac{1}{8} = 0,1667.$

2°. Pour le verre du milieu BB:

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = \text{---} 0,70576 \\ \text{de derriere} = \text{---} 1,16848 \end{cases}$

& le demi-diametre de son ouverture $QB = \frac{2^2 7}{2^3 5} = 0,1396.$

3°. Le verre oculaire CC demeure toujours le même.

4°. Pour les distances entre les verres on a:

$PQ = \frac{2}{3} = 0,133; \quad QR = \frac{1}{2} = 1,4; \quad PR = 1,533,$

& la distance de l'image $PG = 1,733.$

5°. Pour le champ apparent:

le demi-diametre $\phi = \frac{1}{15} \text{p}$, ou bien $\phi = 2^\circ, 42'.$

CONSTRUCTION D'UNE LUNETTE

qui grossit 20 fois en diametre.

1°. Pour le verre objectif AA, on aura:

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = 0,81930 \\ \text{de derriere} = 6,98880 \end{cases}$

& le demi-diametre de son ouverture $PA = \frac{1}{3} = 0,333.$

2°. Pour le verre du milieu BB,

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = \text{---} 1,40762 \\ \text{de derriere} = \text{---} 2,34771 \end{cases}$

& le demi-diametre de son ouverture $QB = \frac{1}{3} \frac{4}{5} = 0,273.$

3°. Le

3°. Le verre oculaire demeure toujours le même.

4°. Pour les distances entre les verres

$PQ = \frac{4}{5} = 0,8$, $QR = 3$, & $PR = 3,8$,
& la distance de l'image $PG = 3,467$.

5°. Pour le champ apparent:

le demi-diamètre $\phi = \frac{5}{2} = 2,5$, ou bien $\phi = 1^\circ, 16'$.

CONSTRUCTION D'UNE LUNETTE

qui grossit 30 fois en diamètre.

1°. Pour le verre objectif AA, on aura

le rayon de sa face $\left\{ \begin{array}{l} \text{de devant} = 1,22895 \\ \text{de derriere} = 10,48320 \end{array} \right.$

& le demi-diamètre de son ouverture $PA = \frac{1}{2} = 0,500$.

2°. Pour le verre du milieu BB,

le rayon de sa face $\left\{ \begin{array}{l} \text{de devant} = \text{---} 2,10950 \\ \text{de derriere} = \text{---} 3,52697 \end{array} \right.$

& le demi-diamètre de son ouverture $QB = \frac{3}{8} = 0,375$.

3°. Le verre oculaire CC demeure toujours le même.

4°. Pour les distances entre les verres

$PQ = \frac{2}{5} = 0,4$; $QR = \frac{23}{5} = 4,6$; & $PR = 5$,
& la distance de l'image $PG = 5,2$.

5°. Pour le champ apparent:

le demi-diamètre $\phi = \frac{5}{12} = 0,416$, ou bien $\phi = 49', 40''$.



CONSTRUCTION D'UNE LUNETTE

qui grossit 50 fois en diametre.

1°. Pour le verre objectif AA, on aura

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = 2,04825 \\ \text{de derriere} = 17,47200 \end{cases}$ & le demi-diametre de son ouverture $PA = \frac{1}{2} = 0,833.$

2°. Pour le verre du milieu BB,

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = 3,51326 \\ \text{de derriere} = 5,88550 \end{cases}$ & le demi-diametre de son ouverture $QB = \frac{1}{2} \frac{2}{3} = 0,672.$

3°. Le verre oculaire CC demeure toujours le même.

5°. Pour les distances entre les verres:

 $PQ = \frac{2}{3} = 0,667; QR = \frac{3}{2} = 1,5; \& PR = 8,467,$
& la distance de l'image $PG = 8,667,$

5°. Pour le champ apparent:

le demi-diametre $\phi = \frac{1}{3} \frac{1}{8},$ ou bien $\phi = 29', 19''.$

CONSTRUCTION D'UNE LUNETTE

qui grossit 75 fois en diametre.

1°. Pour le verre objectif AA, on aura

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = 3,07238 \\ \text{de derriere} = 26,20800 \end{cases}$ & le demi-diametre de son ouverture $PA = \frac{1}{4} = 1,250.$

2°. Pour le verre du milieu BB,

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = 5,26795 \\ \text{de derriere} = 8,83366 \end{cases}$ & le demi-diametre de son ouverture $QB = \frac{1}{3} \frac{1}{4} = 1,006.$

3°. Le verre oculaire CC demeure toujours le même

4°. Pour

4°. Pour les distances entre les verres
 $PQ = 1$; $QR = \frac{5}{3} = 11,8$; & $PR = 12,8$,
 & la distance de l'image $PG = 13$.

5°. Pour le champ apparent:
 le demi-diametre $\phi = \frac{1}{8}\frac{1}{8}\frac{1}{8}$, ou bien $\phi = 19', 24''$.

CONSTRUCTION D'UNE LUNETTE
qui grossit 100 fois en diametre.

1°. Pour le verre objectif AA , on aura
 le rayon de sa face $\left\{ \begin{array}{l} \text{de devant} = 4,09650 \\ \text{de derriere} = 34,94400 \end{array} \right.$
 & le demi-diametre de son ouverture $PA = \frac{1}{2} = 1,667$.

2°. Pour le verre du milieu BB ,
 le rayon de sa face $\left\{ \begin{array}{l} \text{de devant} = \text{---} 7,02265 \\ \text{de derriere} = \text{---} 11,78184 \end{array} \right.$
 & le demi-diametre de son ouverture $QB = \frac{2}{3}\frac{2}{3} = 1,339$.

3°. Pour le verre oculaire CC , il demeure toujours le même

4°. Pour les distances entre les verres,
 $PQ = \frac{4}{3} = 1,333$; $QR = \frac{7}{3} = 15,8$; $PR = 17,133$,
 & la distance de l'image $PG = 17,333$.

5°. Pour le champ apparent:
 le demi-diametre $\phi = \frac{1}{11}\frac{5}{8}\frac{1}{8}$, ou bien $\phi = 14', 29''$.

CONSTRUCTION D'UNE LUNETTE
qui grossit 150 fois en diametre.

1°. Pour le verre objectif AA , on aura
 le rayon de sa face $\left\{ \begin{array}{l} \text{de devant} = 6,14475 \\ \text{de derriere} = 52,41600 \end{array} \right.$
 & le demi-diametre de son ouverture $PA = \frac{1}{2} = 2,500$.



2°. Pour le verre du milieu BB,

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} & \equiv & \text{---} & 10,53205 \\ \text{de derriere} & \equiv & \text{---} & 17,67819 \end{cases}$

& le demi-diametre de son ouverture QB $\equiv 2,006$.

3°. Le verre oculaire CC demeure toujours le même.

4°. Pour les distances entre les verres

PQ $\equiv 2$; QR $\frac{112}{5} \equiv 23,8$; & PR $\equiv 25,8$,

& la distance de l'image PG $\equiv 26$.

5°. Pour le champ apparent:

le demi-diametre $\phi \equiv \frac{5}{1788}$, ou bien $\phi \equiv 9', 37''$.

CONSTRUCTION D'UNE LUNETTE

qui grossit 200 fois en diametre.

1°. Pour le verre objectif AA on aura

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} & \equiv & 8,19300 \\ \text{de derriere} & \equiv & 69,88800 \end{cases}$

& le demi-diametre de son ouverture PA $\equiv \frac{10}{3} \equiv 3,333$.

2°. Pour le verre du milieu BB,

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} & \equiv & \text{---} & 14,04145 \\ \text{de derriere} & \equiv & \text{---} & 23,57453 \end{cases}$

& le demi-diametre de son ouverture QB $\equiv 2,673$.

3°. Le verre oculaire demeure toujours le même.

4°. Pour les distances entre les verres:

PQ $\equiv \frac{8}{3} \equiv 2,667$; QR $\equiv \frac{152}{5} \equiv 31,8$; PR $\equiv 34,467$,

& la distance de l'image PG $\equiv 34,667$.

5°. Pour



5°. Pour le champ apparent:
le demi-diamètre $\phi = \frac{1}{3388}$, ou bien $\phi = 7', 12''$.

CONSTRUCTION D'UNE LUNETTE
qui grossit 300 fois en diamètre.

1°. Pour le verre objectif AA, on aura

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = 12,28950 \\ \text{de derriere} = 104,83200 \end{cases}$

& le demi-diamètre de son ouverture PA = 5.

2°. Pour le verre du milieu BB,

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = 21,06025 \\ \text{de derriere} = 35,36723 \end{cases}$

& le demi-diamètre de son ouverture QB = 4,006.

3°. Le verre oculaire demeure toujours le même.

4°. Pour les distances entre les verres:

PQ = 4; QR = $\frac{2}{3}^2 = 47,8$; & PR = 51,8,
& la distance de l'image PG = 52.

5°. Pour le champ apparent:

le demi-diamètre $\phi = \frac{1}{3388}$, ou bien $\phi = 4', 47''$.

CONSTRUCTION D'UNE LUNETTE
qui grossit 500 fois en diamètre.

1°. Pour le verre objectif AA, on aura

le rayon de sa face $\begin{cases} \text{de devant} = 20,48250 \\ \text{de derriere} = 174,72000 \end{cases}$

& le demi-diamètre de son ouverture PA = $\frac{2}{3} = 8,333$.



2°. Pour le verre du milieu BB.

$$\text{le rayon de sa face } \begin{cases} \text{de devant} & = & \text{---} & 35,09785 \\ \text{de derriere} & = & \text{---} & 58,95263 \end{cases}$$

& le demi-diametre de son ouverture QB = 6,673.

4°. Pour les distances entre les verres:

$$PQ = \frac{2}{3} = 6,667; \quad QR = \frac{3 \cdot 2}{5} = 79,3; \quad PR = 86,467.$$

& la distance de l'image PG = 86,667.

5°. Pour le champ apparent:

$$\text{le demi-diametre } \phi = \frac{5}{88}, \text{ ou bien } \phi = 2', 52''.$$

A D D I T I O N.

Les Lunettes, que je viens de decire pourroient bien avoir ce défaut, que l'ouverture de l'objectif est trop grande à l'égard de la figure; mais j'ai déjà remarqué, comment il y faut remédier: on n'a qu'à augmenter toutes les mesures hormis celles des ouvertures, & peut-être suffira-t-il de les augmenter chacune de leur quart, or alors le champ apparent sera diminué selon la même proportion.

Mais il y a encore un autre remede, sans que le champ apparent en souffre, qui est de laisser $c = \frac{1}{4}$ pouce, mais de poser $n = \frac{5}{2}$, & $k = \frac{m}{2}$; d'où l'on obtient pour les distances des verres

$$PQ = \frac{m}{50}; \quad \& \quad QR = \frac{3m - 4}{20}; \quad \text{donc} \quad PR = \frac{17m - 20}{100}.$$

Ensuite, puisque $a = \frac{2m}{25}$, on aura pour le verre objectif AA,

$$\text{le rayon de la face } \begin{cases} \text{de devant} & = & 0,049157m \\ \text{de derriere} & = & 0,49328m \end{cases}$$

& le demi-diametre de son ouverture PA = $\frac{m}{60} = 0,01667$, qui est environ le tiers du rayon de la plus courbe face.

Pour



Pour l'oculaire C C, il reste comme ci-dessus également concave des deux côtés, le rayon de chacun étant $\equiv 0,22$.

Pour le verre du milieu B B, le demi-diamètre de son ouverture devient $QB = \frac{m}{80} \cdot \frac{15m - 8}{15m - 18} = \frac{m}{80} + \frac{1}{120} + \frac{1}{100m}$.

Pour la figure, on a d'abord $\lambda' = 6,43537 - \frac{0,64387}{m}$,
& ensuite, les rayons de ses faces seront :

de devant $\equiv -m : (9,0513 \sqrt{(\lambda' - 1)} - 7,6697)$,

de derrière $\equiv -m : (25,8515 - 9,0513 \sqrt{(\lambda' - 1)})$,

lesquelles formules à cause de

$$9,0513 \sqrt{(\lambda' - 1)} = 21,1021 - \frac{1,2499}{m},$$

se changent en celles-ci :

$$\text{de devant} = \frac{-m}{13,4324 - \frac{1,2499}{m}} = -0,07444m - 0,00693,$$

$$\text{de derrière} = \frac{-m}{4,7494 + \frac{1,2499}{m}} = -0,21055m + 0,05541,$$

Enfin, pour le champ apparent, on aura

son demi-diamètre $\varphi = \frac{25}{12(5m - 6)}$, ou bien $\varphi = \frac{7160}{5m - 6}$ minutes,

qui est encore tant soit peu plus grand qu'auparavant.



VOILÀ DONC LA CONSTRUCTION D'UNE LUNETTE

qui grossit en général m fois en diamètre,

1°. Pour le verre objectif AA, on aura

$$\text{le rayon de sa face } \begin{cases} \text{de devant} & = 0,04916 \text{ m} \\ \text{de derriere} & = 0,41933 \text{ m} \end{cases}$$

& le demi-diametre de son ouverture $PA = \frac{m}{60}$.

2°. Pour le verre du milieu BB,

$$\text{le rayon de sa face } \begin{cases} \text{de devant} & = - 0,07444 \text{ m} - 0,00693 \\ \text{de derriere} & = - 0,21055 \text{ m} + 0,05541 \end{cases}$$

& le demi-diametre de son ouverture $QB = \frac{m}{80} + \frac{1}{125}$.

3°. Pour le verre oculaire CC,

le rayon de chaque face = - 0,22,

& le demi-diametre de son ouverture = 0,1.

4°. Pour les distances entre les verres:

$$PQ = \frac{m}{50}; \quad QR = \frac{3m - 4}{20}; \quad PR = \frac{17m - 20}{100},$$

& la distance de l'image $PG = \frac{17m}{100}$.

5°. Pour le champ apparent

le demi-diametre $\phi = \frac{25}{12(5m - 6)}$, ou $\phi = \frac{7160}{5m - 6}$ minutes.

Donc, outre l'avantage, que l'ouverture de l'objectif est moindre par rapport à sa figure, qu'au précédent, ces lunettes ont encore ces avantages, qu'elles découvrent un plus grand champ, & qu'elles sont un peu plus courtes, quoique la différence soit presque imperceptible.

On peut augmenter ces mesures chacune de ses deux tiers, avant que le champ apparent devienne plus petit que dans les lunettes ordinaires, qui grossissent autant.

La Table ci-jointe représente toutes ces lunettes pour chaque multiplication proposée: où les mesures sont exprimées par pouces & parties decimales d'un pouce.

TABLE



TABLE DES LUNETTES A TROIS VERRES.

Multi- pli- ca- tion.	De l'Objectif				Du Verre du Milieu				De l'oculaire		Lon- gueur de la Lunette entiere.	Diamé- tre du Champ appa- rent.
	Diamé- tre de l'ou- vert.	Rayon de devant conv.	de derriere convexe	Dis- tan- ce au verre du milieu.	Dia- mètre de l'ou- vertur.	Rayon de devant concave	de der- riere concave.	Distance au verre oculai- re.	diam. de l'ou- vert	Rayon des fa- ces conc.		
2	0,057	0,098	0,839	0,040	0,067	0,156	0,365	0,100	0,20	0,22	0,140	54°, 56'
3	0,100	0,138	1,258	0,060	0,092	0,230	0,586	0,250	0,20	0,22	0,310	26, 4
4	0,133	0,197	1,677	0,080	0,117	0,305	0,787	0,400	0,20	0,22	0,480	6, 56
5	0,167	0,246	2,097	0,100	0,142	0,379	0,997	0,550	0,20	0,22	0,650	12, 30
6	0,200	0,295	2,516	0,120	0,167	0,454	1,208	0,700	0,20	0,22	0,820	9, 54
7	0,233	0,344	2,935	0,140	0,192	0,528	1,418	0,850	0,20	0,22	0,990	8, 14
8	0,267	0,393	3,355	0,160	0,217	0,603	1,629	1,000	0,20	0,22	1,160	7, 2
9	0,300	0,443	3,774	0,180	0,242	0,677	1,839	1,150	0,20	0,22	1,330	6, 7
10	0,333	0,492	4,193	0,200	0,267	0,751	2,050	1,300	0,20	0,22	1,500	5, 25
12	0,400	0,550	5,032	0,240	0,317	0,900	2,471	1,600	0,20	0,22	1,840	4, 25
14	0,467	0,648	5,871	0,280	0,367	1,049	2,892	1,900	0,20	0,22	2,180	3, 44
16	0,533	0,787	6,709	0,320	0,417	1,198	3,313	2,200	0,20	0,22	2,520	3, 13
18	0,600	0,825	7,548	0,360	0,467	1,347	3,734	2,500	0,20	0,22	2,860	2, 50
20	0,667	0,983	8,387	0,400	0,517	1,496	4,156	2,800	0,20	0,22	3,200	2, 32
25	0,833	1,229	10,483	0,500	0,642	1,868	5,208	3,550	0,20	0,22	4,050	2, 0
30	1,000	1,475	12,580	0,600	0,767	2,240	6,261	4,300	0,20	0,22	4,900	1, 39
35	1,167	1,721	14,677	0,700	0,892	2,613	7,314	5,050	0,20	0,22	5,750	1, 25
40	1,333	1,966	16,773	0,800	1,017	2,985	8,367	5,800	0,20	0,22	6,600	1, 14
45	1,500	2,212	18,870	0,900	1,142	3,357	9,419	6,550	0,20	0,22	7,450	1°, 5'
50	1,667	2,458	20,967	1,000	1,267	3,729	10,472	7,300	0,20	0,22	8,300	58', 36''
60	2,000	2,950	25,160	1,200	1,517	4,474	12,578	8,800	0,20	0,22	10,000	48, 41
70	2,333	3,441	29,353	1,400	1,767	5,218	14,683	10,300	0,20	0,22	11,700	41, 38
80	2,667	3,933	33,547	1,600	2,017	5,962	16,789	11,800	0,20	0,22	13,400	36, 21
90	3,000	4,424	37,740	1,800	2,267	6,707	18,894	13,300	0,20	0,22	14,100	32, 15
100	3,333	4,916	41,933	2,000	2,517	7,451	21,000	14,800	0,20	0,22	16,800	29, 0
120	4,000	5,500	50,320	2,400	3,017	8,940	25,211	17,800	0,20	0,22	20,200	24, 6
140	4,667	6,482	58,707	2,800	3,517	10,429	29,422	20,800	0,20	0,22	23,600	20, 38
160	5,333	7,866	67,093	3,200	4,017	11,918	33,633	23,800	0,20	0,22	27,000	18, 2
180	6,000	8,250	75,480	3,600	4,517	13,407	37,844	26,800	0,20	0,22	30,400	16, 1
200	6,667	9,832	83,867	4,000	5,017	14,896	42,055	29,800	0,20	0,22	33,800	14, 24
250	8,333	12,290	104,833	5,000	6,267	18,618	52,582	37,300	0,20	0,22	42,300	11, 30
300	10,000	14,748	125,800	6,000	7,517	22,340	63,110	44,800	0,20	0,22	50,800	9, 35
350	11,667	17,206	146,767	7,000	8,767	26,062	73,637	52,300	0,20	0,22	59,300	8, 12
400	13,333	19,664	167,733	8,000	10,017	29,785	84,165	59,800	0,20	0,22	67,800	7, 11
450	15,000	22,122	188,700	9,000	11,267	33,507	94,692	67,300	0,20	0,22	76,300	6, 23
500	16,667	24,580	209,667	10,000	12,517	37,229	105,220	74,800	0,20	0,22	84,800	5, 44
600	20,000	29,496	251,600	12,000	15,017	44,674	126,275	89,800	0,20	0,22	101,800	4, 47
700	23,333	34,412	293,533	14,000	17,517	52,118	147,320	104,800	0,20	0,22	118,800	4, 6
800	26,667	39,328	335,467	16,000	20,017	59,562	168,385	119,800	0,20	0,22	135,800	3, 35

SUR