

Le Telescope de Gregory

Le plus facile à réaliser ?

Partie I

Par Charles Rydel.

Une Introduction

TRES EN VOGUE au cours du 18^{ème} siècle, donnant des images droites et dépourvu de chromatisme à une époque où ni les achromats ni les redresseurs à prismes n'étaient inventés, le télescope du brillant mathématicien écossais **James Grégory** (1638-1675) est certainement de tous les télescopes, le plus facile à construire par un amateur, plus même qu'un Newton, pourvu qu'il ne cède point à la facilité d'acheter le secondaire.

Quel en est le principe ? Il consiste à associer à un premier miroir concave, un second miroir concave lui aussi situé au-delà du point focal du premier. Sans qu'on le sache

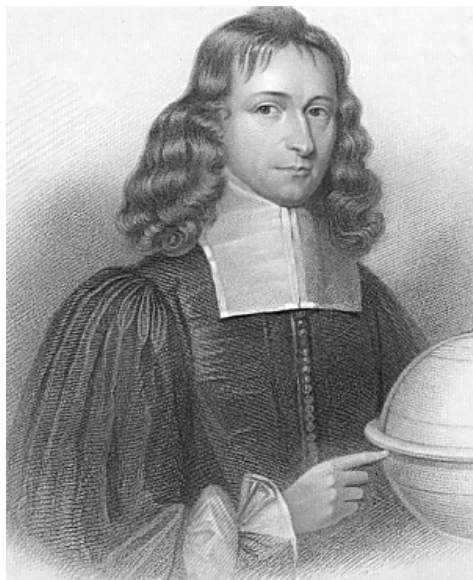


Fig.1 James Gregory

en ce XVII^e siècle¹, les méridiennes auraient dû être respectivement paraboliques et elliptiques comme Gregory le démontra semble-t-il. James G. n'a jamais construit son télescope, il est mort à trente-sept ans. Il faut attendre un autre James, **James Short** (1710-1768) pour que ce télescope devienne un must puisqu'il en construisit plus de treize cents en trente ans, soit environ quatre par mois !

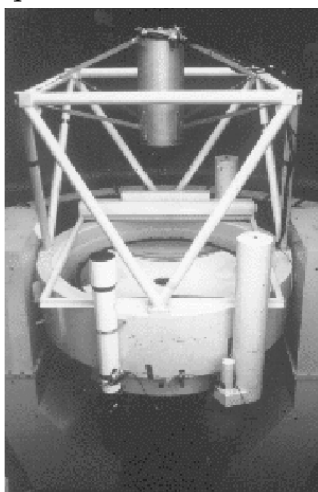
On retrouve alors ses instruments non seulement en Europe mais même en Turquie et en Russie. Le télescope réalisé pour le roi d'Espagne aura un diamètre atteignant 24 pouces.

¹ Newton avait bien conscience d'avoir une hyperbole pour le secondaire du Cassegrain, ce qui l'entraîna à disqualifier ce principe en raison de la difficulté de réalisation. Cela dit, un plan de secondaire de qualité suffisante n'est pas non plus des plus facile à réaliser...

Quand on sait que les miroirs étaient réalisés dans un alliage composé de cuivre et d'étain, on sent que ce n'était pas un travail totalement trivial ! Dans la même veine, c'est un de ses instruments (un 4 pouces) qui sera utilisé par la capitaine Cook à Tahiti pour observer le 3 juin 1769, le second transit de Vénus. L'excellence de ses télescopes, Short la doit en premier lieu à la bonne compréhension de la taille des méridiennes asphériques (de leurs contrôles ?), dont il gardera jalousement le secret tout au long de sa vie et même après sa mort puisque son frère qui reprend alors l'affaire aura une production de piètre qualité paraît-il ! Dans la même veine, c'est un de ses instruments de 4 pouces qui sera utilisé par la capitaine Cook à Tahiti pour observer le 3 juin 1769, le second transit de Vénus. L'excellence de ses télescopes, Short le doit en premier lieu à la bonne compréhension de la taille des méridiennes asphériques (de leurs contrôles), dont il gardera jalousement le secret tout au long de sa vie et même après sa mort puisque son frère qui reprend alors l'affaire aura une production de piètre qualité dit-on.



Fig.2 Télescope Grégorien, XVIIIe siècle. La mise au point s'opère en bougeant le miroir secondaire.



Le Très Saint télescope

Aujourd'hui, ce télescope revient en vogue dans le domaine professionnel, témoin le télescope de l'observatoire du Vatican (VATT) situé en Arizona, lequel on le comprend, ne pouvait n'être que...Grégorien !

Ouvert à F/9 et aplanétique, le primaire de 1.83m pèse 560kg. Il est ouvert à F/1 et le secondaire de 350mm à F/0.9. Diabolique !² Dans le domaine amateur en revanche il reste considéré comme une relique du passé et à ma connaissance, seul un amateur Canadien s'est lancé dans l'aventure avec un 300mm de diamètre.

Un télescope pour le contraste

Le Grégorien n'aurait-il donc que des défauts, justifiant ainsi qu'il tomba dans un oubli définitif pour l'amateur ? Non évidemment. Il a même quatre qualités qui en font un télescope extrêmement attractif et qui justifie une réhabilitation immédiate :

a) Le secondaire est concave et une surface concave est déjà plus facile à réaliser qu'un plan de Newton. Concave encore, il est facilement contrôlable au Foucault comme

² <http://clavius.as.arizona.edu/vo/R1024/vattspec.html>

n'importe quel miroir, contrairement au Dall et plus encore au Cassegrain qui seront en général, mesuré par rapport à un calibre (concave) préalablement Foucaulté. Ce double contrôle n'arrange pas les choses car les défauts peuvent s'ajouter. On conçoit alors que le secondaire du Gregory puisse être de meilleure qualité optique, avec en prime un meilleur état de surface comparé en particulier, au secondaire d'un Cassegrain.

b) Le coefficient de déformation du secondaire est faible : environ 40% d'une parabole contre plus de 200% pour le Cassegrain. Cela en fait une réalisation abordable dans le cas par exemple d'un primaire parabolique de 300mm et d'un secondaire de 80-100mm.

c) À l'opposé de celle du Cassegrain, la courbure de champ du Gregory est convexe vers le ciel et celle des oculaires est généralement concave. L'œil aura donc moins d'effort à faire pour explorer le champ d'un Gregory car l'image aux bords sera moins courbe et donc plus nette. En outre, l'astigmatisme sera aussi un peu plus faible. Nous verrons un moyen d'aplanir le champ pour la photo et de réduire encore l'astigmatisme tout en diminuant le F/D.

d) *Last but not least*, le bafflage. C'est le talon d'Achille du Cassegrain. Il vient augmenter très sensiblement l'obstruction centrale qui tangentera alors sans complexes 40 voire 45%. Acceptable sur un grand diamètre, il l'est déjà moins sur un 250 mm. Dans le cas du Gregory le bafflage agit d'une façon extrêmement efficace sans augmenter l'obstruction, comme on peut le voir figure 3. Ce point est extrêmement important en termes de contraste général et de protection aux lumières parasites.

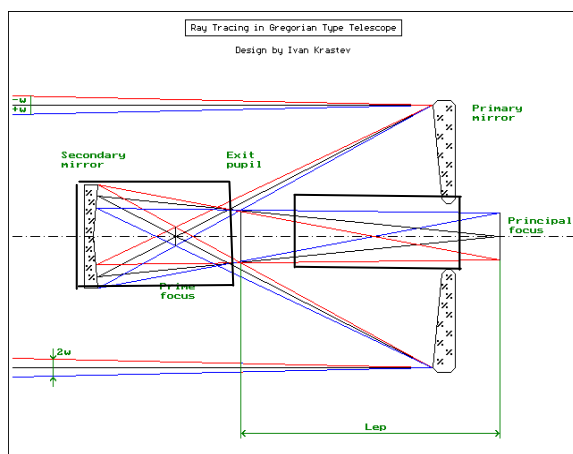


Fig.3 Schéma d'un télescope Grégorien et de son bafflage. La protection vis-à-vis de la lumière parasite est excellente.

Ajoutons que comme pour tous les systèmes à deux miroirs, il existe pour le Gregory la possibilité de le rendre aplanétique comme le Ritchey-Chrétien qui est corrigé à la fois de l'aberration sphérique et de la coma ou encore d'utiliser un secondaire sphérique comme pour le Dall. Ces possibilités ne semblent, a priori, pas très intéressantes ici car le coefficient de déformation du secondaire est faible et donc (probablement) peu sensible aux décentrages et aux problèmes de collimation.

Pour ce qui concerne l'aplanétique, qui permet d'avoir un champ plus étendu, on arrivera vite à une obstruction centrale qui sera rédhibitoire. En outre dans ces deux cas, les primaires ne sont pas utilisables sans un correcteur, car ils ne sont pas

paraboliques. En fait, l'utilisation d'un primaire parabolique est avantageuse ici car, en plus de son utilisation directe en Newton, il permet d'interchanger les secondaires afin d'obtenir divers grossissements, ce qui peut être intéressant pour qui veut faire un soir du planétaire, du ciel profond un autre soir ou des photos de la lune par exemple. Mais voyons les choses plus concrètement.

Comparatif

Le tableau suivant compare les dimensions et les coefficients de déformation. La distance arrière est de 200 mm, le champ de $\frac{1}{2}^\circ$. Le primaire de 250 mm est ouvert à F/4, le rayon de courbure du secondaire est de -640mm pour les montages Cassegrain et 640mm pour les montages Grégoriens. La focale est la même dans les deux cas. On n'examine pas ici le cas du primaire sphérique, cas intéressant mais qui est plus mauvais de tous en terme de coma.

Télescope	$\Phi_{2\text{ mm}}$	Obst.%	K_1	K_2	$d_{\text{ mm}}$
Cassegrain	67	27*	-1	-2.78	-760
Gregory	72.2	29	-1	-0.36	1400
Dall-Kirkham	67	27*	-.72	0	-760
Gregory DK	72.2	29	-1.28	0	1400
Ritchey-Chrétien	67	27*	-1.04	-3.17	-760
Greg.aplanétique	72.2	29	-0.954	-0.406	1400

En fait si on veut préserver le contraste du Cassegrain ou du Dall, il faudra prévoir un bafflage important sur le secondaire, entraînant une obstruction supérieure à 30% et plus encore sur le RC.

Premières constatations :

- 1) La longueur du Grégorien est presque deux fois celle du Cassegrain de même distance focale. Ceci à des répercussions sur la taille de la monture et sur la taille de la coupole. Le Grégorien est donc plutôt destiné à être utilisé à poste fixe.
- 2) Le Gregory qu'il soit classique ou aplanétique à un secondaire qui est peu déformé, ce qui facilitera sa réalisation.
- 3) L'obstruction des Cassegrain est légèrement plus faible que celle des Grégoriens pour un grossissement secondaire identique (sans bafflage). Ce qui signifie par exemple que l'on aurait la même obstruction si le grossissement du secondaire était de 6 pour le Gregory alors qu'il serait de 4 pour le Cassegrain.

Le Gregory est donc un télescope typiquement planétaire, du moins pour un amateur qui ne prétend pas ouvrir miraculeusement le primaire à F/1 et le secondaire à F/0,9

comme dans le cas de l'instrument de Sa Sainteté le Pape...Il est vrai que cet instrument de 1,80m de diamètre est diabolique !

4) Le Grégorien DK n'a que des inconvénients car le primaire se doit d'être plus déformé ($K=-1.28$) que la parabole du Grégorien classique ($K=-1$), ce qui rend sa fabrication plus difficile alors que l'image est d'avantage entaché de coma sans réel bénéfice au plan de la réalisation.

5) Enfin, le Gregory aplanétique semble plus facile à réaliser que le Ritchey Chretien car la déformation du secondaire est très faible comparée à celui-ci. Cela dit si l'on souhaite couvrir un champ élevé avec une obstruction acceptable, il faut avoir un primaire plus ouvert.

On le voit, la difficulté est reportée du secondaire vers le primaire. En outre un couple de lentilles plan-concave et plan-convexe s'impose car il faut redresser le champ et limiter l'astigmatisme si l'on veut profiter du champ.

Un télescope pour le planétaire

Si on le compare au Cassegrain, en premier lieu la longueur et son incidence sur la monture qui en ferait plutôt un instrument à poste fixe. Ensuite, à champ égal, une obstruction centrale un peu plus élevée à comparer au Cassegrain si on n'utilise pas de bafflage sur ce dernier. Cela dit, un amateur Canadien a réalisé un Grégorien transportable de 400mm, ouvert à F/18 et monté en azimutal avec un primaire ouvert à $F/3^3$! Ses dimensions hors tout ne dépassent pas celles d'un Newton ouvert à F/5, ce qui relativise le dit défaut !

Un autre aspect intéressant du Grégorien réside dans le fait qu'il est possible d'utiliser un primaire sphérique, ce qui est motivant pour les grands diamètres. Cette combinaison connue sous le nom de Pressmann-Camichel⁴ est quasiment irréalisable dans sa version Cassegrain car, hormis une déformation énorme du secondaire, elle est à bord relevé et la coma est énorme. Ici le secondaire est faiblement hyperbolique. Il n'en demeure pas moins que le champ est très faible avec un primaire peu ouvert ; Cette formule sera donc réservée au planétaire. Il est aussi possible de réaliser cette formule en off axis mais les dimensions augmentent fortement et le Yolo semble plus intéressant.

³ <http://www.lavoielactee.net/telescope/400mm/miroir.asp>

⁴ En fait déjà inventé par Schmidt

Un Gregorien de 250mm

Afin de garder quelque point commun avec le Cassegrain et le Dall-Kirkam étudié dans un autre article, nous garderons le même diamètre du primaire, 250mm ouvert à F/3.5, la même distance focale 875mm, mais avec un coefficient de grandissement de 5.5 fois pour le secondaire au lieu de 4.5, ce qui aboutira à une focale totale de 4812mm, soit un F/D=19. Le dégagement à l'arrière du miroir sera de 200mm. Associé à un oculaire Plössl de 50mm au coulant de 2", le grossissement sera d'environ 100 fois. Il sera alors possible de voir la lune en entier, pour autant que l'oculaire ait un champ au moins égal à 50°.

Dimensionnons maintenant le rayon de courbure r_2 du secondaire, son diamètre d_2 pour un demi champ de pleine lumière de 0,25° et donc l'obstruction centrale, son coefficient de déformation K_2 et la distance primaire secondaire. Pour cela nous utiliserons le logiciel MODAS plutôt que de faire les calculs à la main, lesquels ne seront pas fondamentalement différent de ceux Cassegrain, seul le grandissement et le rayon de courbure du secondaire changeant alors de signe. On trouve :

$R_2=404.3\text{mm}$; $d_2=78\text{mm}$; $K_2=-0,479$, soit 48% d'une parabole; l'obstruction sera de 32% et la distance primaire secondaire de 1114mm auquel on rajoutera entre 100 et 200mm pour avoir la dimension hors tout soit en gros les dimensions d'un Newton ouvert à F5.

La flèche du secondaire sera de 1,88mm, le trou dans le primaire sera compris entre 48 et 68mm. Une solution permettant de diminuer l'obstruction et l'encombrement consisterait à utiliser un montage coudé avec un dégagement négatif de -200mm au lieu d'un dégagement positif. L'obstruction tombe alors à 21% seulement et la position d'observation devient bien plus confortable. Une autre possibilité encore consiste à utiliser une lentille relais qui permettrait très certainement de corriger courbure de champ et astigmatisme et donc d'élargir le champ de netteté.

Recommandations :

Compte tenu du faible diamètre du secondaire, on partira d'un disque de 120 à 150mm de diamètre et de 12-15mm d'épaisseur en Pyrex de préférence, dans lequel on aura découpé un disque de 78mm (un tube diamanté de Ø 80 fera l'affaire) lequel sera scellé dans la partie annulaire par un plâtre étanche à l'eau genre Staturoc⁵. Le but est d'une part d'obtenir un travail régulier conduisant à la sphère et d'autre part, en cas de bord rabattu, de l'éliminer naturellement en extrayant la partie centrale de la partie annulaire. Une fois la sphère atteinte, on extrait la partie centrale et on la déforme

⁵ Voir mon article sur les outils céramiques.

selon la méthode classique. Attention, la quantité de matière à enlever est infime...en conséquence, on évitera dans la mesure du possible de travailler trop longtemps. On veillera particulièrement à la qualité de l'état de surface, plus qu'à obtenir le coefficient de déformation exacte.

Tolérance du coefficient K2 :

Nous allons simuler à l'aide d'OSLO comment varie au centre du champ, l'erreur P-V sur le front d'onde quand on fait varier K_2 entre -0,43 et -0,53. On a établi le tableau suivant :

K_2	-0.43	-0.44	-0.45	-0.46	-0.47	-0.48	-0.49	-0.50	-0.51	-0.52
$\lambda/$	5.4	6.3	8.5	12.8	26	∞	24	12.3	8	6.2

On le voit, la variation est grosso modo parabolique et l'erreur P-V reste acceptable disons entre $K_2 = 0,45$ et $0,51$ pour une erreur P-V de $\lambda/8$. On conclura de cela que le Gregory est robuste et qu'il convient comme déjà souligné plus haut, bien plus de s'attacher à la qualité de la surface qu'à la valeur exacte de K_2 . Examinons donc le champ du Gregorien :

Surprises, surprises !

Première surprise quand l'on compare les encombrements Cassegrain versus Gregory, le Grégorien ne fait pas dans la dentelle : l'encombrement total (BFL) est de 1318mm contre 880 mm pour le Cassegrain, soit 50% de plus ! Cela représente un Newton 250mm ouvert à F/5,3. Il est vrai que là, nous sommes ouverts à F/15,75 et qu'un Newtonien aussi ouvert serait trois fois plus long.

Le miroir secondaire crée une obstruction de 30% pour un champ utilisable de 1° contre seulement 27% sur le Cassegrain ou le DK dans les mêmes conditions. C'est le prix à payer pour avoir positionné le secondaire au-delà du plan focale, permettant ainsi le redressement de l'image. On commence à comprendre les raisons de cette relégation que l'histoire semble avoir infligée au Gregory.

Seconde surprise quand on compare les spots diagrammes du Gregory et du Cassegrain, ce sont les mêmes! Seuls sont inversés de haut en bas et, de gauche à droite, les formes des taches d'aberration. Cela se comprend puisque le Gregory retourne les images.

Avec son coefficient de déformation égal à $-0,405$, le secondaire du Grégory est bien plus facile à réaliser que le secondaire hyperbolique du Cassegrain et surtout plus facile à tester puisqu'il est concave au contraire du Cassegrain qui est convexe ou du Dall convexe et sphérique, qui doit être testé contre un calibre. Ici, le Foucault devrait suffire, voire être plus finement contrôlé à l'interféromètre de Bath. Autre bon point pour le Grégorien, la courbure de champ. En sens inverse du Cassegrain, elle compense celle des oculaires!



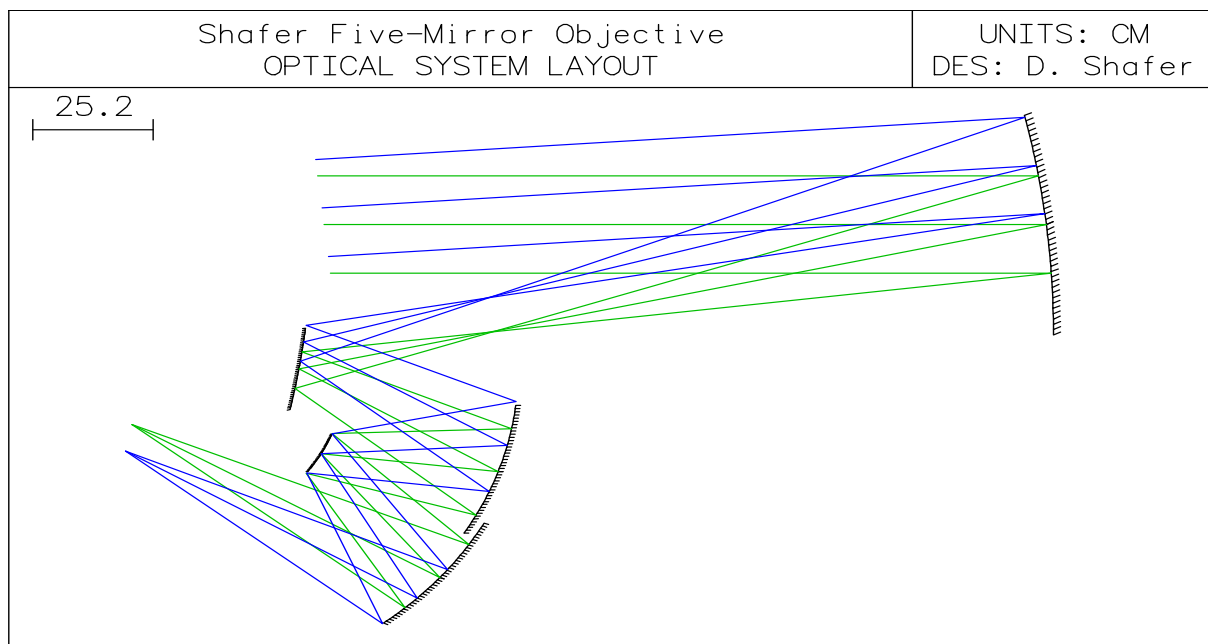
Télescope de Gregory, version 18^{ème} siècle

L'œil aura un effort moindre à réaliser pour s'adapter, mais en photographie en revanche l'effet de la courbure de champ devra être corrigé si on veut prétendre à un peu de champ. Comme sa courbure est à l'inverse de celle d'un achromat ordinaire, on peut imaginer qu'en associant l'un et l'autre on devrait pouvoir annuler cette courbure, voire diminuer sensiblement l'astigmatisme et donc rendre ce télescope tout à fait utilisable pour la photographie du ciel sans introduire trop de chromatisme.

Toutes ces particularités suffisent-elles à compenser la longueur du Gregory et dans une moindre mesure, son obstruction centrale ? C'est discutable et le côté redresseur n'a pas vraiment d'intérêt pour l'observation astronomique diront d'aucuns. En fait l'intérêt du Gregory se place entre deux limites : trop petit, le secondaire est difficile à réaliser par l'amateur et à tester, trop grand, le Gregory devient trop long et sollicitera trop la monture. Dans ces conditions, un diamètre de 150/180 mm me semble un minimum et 400 mm sans doute un maximum, mais c'est là un point de vu personnel.

Autre façon de profiter de ses potentialités, multiplier les miroirs ! Le côté « Gregory » ne sera alors plus qu'un détail. Shafer a proposé quelque part, un montage à cinq miroirs sphériques, cousin à la mode de Bretagne du Gregory. Il est extrêmement performant puisque avec 600mm de diamètre, il est ouvert à $F/3.7$ et couvre sans courbure de champ ni astigmatisme un champ plan de 8° en étant limité par la diffraction ! Mieux qu'un Schmidt dans un encombrement bien plus faible et en prime, le secondaire est en dehors de l'axe, il n'y a pas d'obstruction centrale! La présence de cinq miroirs aluminés fait perdre un peu plus qu'un diaphragme, ce qui fait une ouverture réelle de l'ordre de $F/5,6$. Néanmoins, il existe des traitements spéciaux permettant d'obtenir des réflectivités de 99%, ce qui règle le problème. Reste à centrer

tout cela ! Cela dit, c'est un des télescopes les plus étonnants qu'il m'ait été donné de voir. C'est qu'en fait, Monsieur Gregory a une nombreuse descendance, plus ou moins légitime dont il n'est pas complètement inutile de faire la connaissance.



Le cinq miroirs sphériques de Shafer.

Les enfants de Gregory

Si l'on appelle *faux Gregory*, ceux des télescopes à deux miroirs concaves ne remplissant pas la condition pour le secondaire, d'être situé au-delà du plan focal du primaire, les vieux télescopes aplanétiques de Schwarzschild et anastigmat de Couder sont de cette race là.

Schwarzschild, qui a été le premier à théoriser les systèmes à deux miroirs, a montré voilà juste un siècle, qu'il existait un couple de courbures annulant simultanément l'aberration sphérique, la coma et la courbure de champ. On doit alors pouvoir annuler l'astigmatisme à l'aide d'un doublet. Couder en 1926 a plutôt choisi d'annuler l'astigmatisme. Cette combinaison s'appelle un anastigmat. Il ne reste alors principalement que la courbure de champ, laquelle impose alors une surface courbe pour la plaque photographique ou un système constitué d'une lentille de *Smyth* située au plus près du plan focal afin de redresser ladite courbure de champ, régénérant ainsi un champ plan. En fait, on est rapidement limité par le chromatisme, ce qui rend cette solution peu attrayante. Malgré leurs mérites, ces formules semblent aujourd'hui abandonnées tant à cause de leurs encombrements qu'à cause du fait que le plan focal est inaccessible. En outre, l'existence de programme de simulation optique a plus encore libéré l'imagination des opticiens, qui ont su créer des combinaisons optiques plus courtes, plus performantes et globalement moins chères, voire quelques fois même, accessibles aux amateurs.

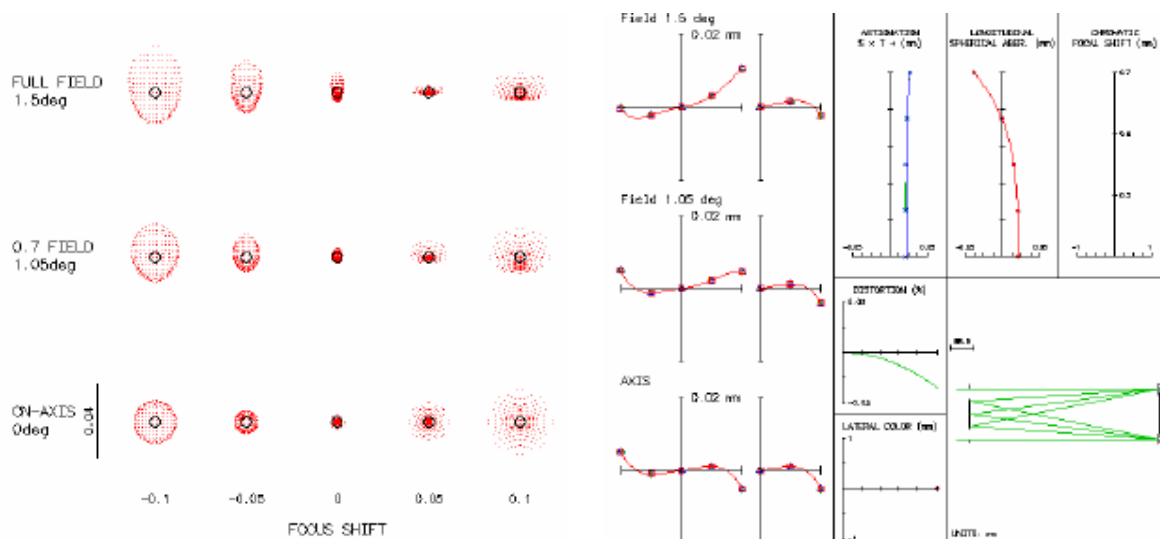
Un remarquable exemple d'une telle combinaison encore due au prolifique et astucieux *Shafer*, est constitué d'un système comportant seulement *deux* miroirs concaves, mais dans lesquels la lumière se réfléchit *trois fois* ! Dans ces conditions, l'APN ou le CCD se trouvent derrière le secondaire qui est percé en son centre.

Ouverte à 3,75 cette combinaison est corrigée de l'aberration sphérique, de la coma et de l'astigmatisme, en d'autres termes, elle est aplanétique et anastigmat. La déformation du primaire ellipsoïdale égale a -0,4 seulement et le secondaire est hyperbolique avec une constante conique de -5,96, donc à bord fortement rabattu. Seul problème ici, la courbure de champ. Elle est aisément calculable :

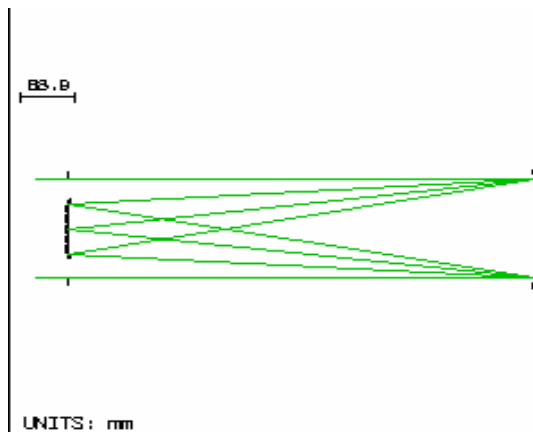
$$R_{total} = \frac{1}{\frac{2}{R_1} + \frac{2}{R_2} + \frac{2}{R_1}}$$

Dans le cas qui nous occupe, on a un rayon de courbure de 1000mm au primaire et 750mm au secondaire. Le rayon de courbure au plan focale sera donc de 150mm. Dans cet exemple, le diamètre primaire est de 200mm, la focale totale de 750mm et F/D =3,75. Le Schmidt équivalent aurait des dimensions doubles ou devrait être ouvert à F/2. Avec son secondaire de 105mm l'ensemble est un challenge destiné aux amateurs plutôt expérimenté. Cela dit elle est facilement accessible au Foucault et probablement à l'interféromètre de Bath.

Dans ces conditions, on peut envisager un champ de 0.7°. L'ajout d'une lentille aplanissant le champ permettra de couvrir 3°, soit environ 40mm de diamètre au foyer, avec une tache de 10μ seulement comme on peut le voir plus bas à gauche.



Le fait d'avoir un miroir concave rend le secondaire facilement mesurable au contraire d'une autre combinaison, à trois réflexions seulement aplanétique et due à *Rumsey* (1969) et dont on reparlera, qui comporte un secondaire hyperbolique, il est vrai moins déformé mais convexe et un primaire quasi parabolique. Il est probable à cause de cela, qu'elle pourrait être adapté avec succès au *Newton*. Mais ceci est une autre histoire...



Le télescope de Shafer à trois réflexions.

Tout au plus peut-on leur reprocher leur longueur. En tout état de cause ces systèmes relativement ouverts à trois réflexions méritent... réflexion, en particulier pour la photographie (malgré un champ très courbe) et ils feront l'objet d'une étude séparée.

D'autres encore on ramené le miroir secondaire contre le primaire et fait usage d'un tertiaire plan situé sur la lame de fermeture. C'est très astucieux et l'ensemble alors est plus court que le Cassegrain équivalent ! Il existe encore d'autres combinaisons intéressantes. Nous en parlerons dans la deuxième partie.

Rendre plus acceptable le Gregory ?

C'est tout à fait possible car, malgré le handicap de sa longueur, le fait d'avoir un secondaire concave peu déformé et facile à mesurer, le place dans le cas du télescope le plus simple à réaliser par un amateur, plus même que le Newton avec son secondaire plan si on n'achète pas celui-ci dans le commerce. Si on réfléchit un peu, on peut appliquer au télescope Grégorien la même amélioration que celle que Messieurs Ritchey & Chrétien ont appliqué avec succès au Cassegrain c'est-à-dire, corriger la coma *en plus* de l'aberration sphérique.

On obtient alors la version *aplanétique* du Grégorien. Très difficile à réaliser en version Cassegrain à cause de la forte déformation hyperbolique du secondaire convexe (mais un coup de chance reste possible), la version Grégorienne est au contraire facile et gratuite à réaliser car le secondaire est concave. Il est alors intéressant à réaliser un instrument moyennement ouvert, et permettant de photographier le ciel profond avec il est vrai, la perte du montage Newton.

Avant d'examiner cette solution, voyons quand même ce que donnerait notre premier instrument si on le rendait aplanétique et comment les coefficients de déformation se comparent entre les deux versions et enfin comment varie la surface de ciel photographiable pour une même dimension de tâche dans ces deux cas.

Un Gregory F/16 aplanétique

Première constatation, les coefficients de déformation sont ici de -0.974 et -0.445 au lieu de -1 et -0.405. Le primaire est donc légèrement moins déformé et le secondaire légèrement plus. On peut donc considérer que la difficulté est la même dans ces deux cas. L'aplanétique est donc préférable à priori si l'on fait abstraction du Newton. Quelles seraient, à titre de comparaison, les caractéristiques d'un Ritchey-Chrétien équivalent ? Le coefficient de déformation du primaire est égal à -1.03 et celui du secondaire de -2.74, notablement plus déformé donc. En revanche les dimensions hors tout (BFL) sont ici de 875 mm contre 1382 mm pour le Gregory. Le tableau suivant compare les caractéristiques de ces deux formules aplanétiques ouvertes à F16 pour un champ total de pleine lumière de 0,9°. On note que l'astigmatisme est le même, l'obstruction étant légèrement plus grande pour le Gregory ainsi que sa longueur.

Télescope	R1 mm	R2 mm	K1	K2	Sép.mir mm	BFL mm	Obst %	ast
Gregory Aplanétique	1750	503	-0.974	-0.445	1180	1382	30	2.9
Ritchey- Chretien	1750	503	-1.03	-2.74	680	880	26.6	2.9
Gregory	1750	503	-1	-0.405	1180	1382	30	3.3
Newton	2760	-	-1	-	1180	1380	30	-

Cela est-il si grave si l'on met en balance la facilité de réalisation du premier et le petit gain théorique de performance du second d'une part et la difficulté de réalisation du RC face au Grégory ? Le Gregory sera idéal en poste fixe et la qualité de ses images ne pâtira pas d'une asphérisation approximative comme on ne manquera pas de l'observer pour le RC.

On voit donc que cette combinaison optique un peu oubliée, entre directement en concurrence avec un Newton de même dimension de focal 1380 mm dont l'obstruction serait alors de 30 % pour un demi champ de 0.45°. En outre, la courbure de champ opposée à celle des oculaires permettra une vision sans fatigue. En photographie si l'on se borne au planétaire ou aux objets de faible surface, cette courbure n'aura pas d'importance significative.

S'il ne coûte rien de choisir en général la version aplanétique du Gregory, c'est pour des systèmes plus ouverts qu'elle se justifie le mieux car la courbure de champ devient plus faible, ce qui est propice à la photographie mais on perd l'avantage d'avoir une primaire parabolique. En revanche, la séparation des miroirs augmente, à l'inverse de ce qui se passe avec le Cassegrain ou le RC, ce qui contribue à allonger le télescope. L'obstruction effective, baffles compris sera probablement la même dans les deux cas de figure.

Que conviendrait-il de faire pour rendre plus acceptable le télescope de James Gregory, qui on l'a vu possède l'inestimable avantage d'avoir un secondaire concave facilement testable ? Il conviendrait peut-être d'ouvrir le primaire vers $F/2,5$ et augmenter le grandissement du secondaire afin de le rapprocher du primaire, mais on augmenterait plus que de raison la courbure de champ alors qu'un primaire à $F/4$ et facilement réalisable.

En outre, paraboliser ce miroir à $F/2,5$ est une tâche certainement inaccessible à l'amateur même expérimenté, sauf peut-être à l'aide d'une machine, laquelle n'est pas forcément difficile à concevoir. En se limitant à 100-150mm de diamètre il serait possible de réaliser une lunette terrestre permettant d'observer la vie animale. A moins d'une réalisation très soignée dans le style *Directoire* ou *Retour d'Égypte*, il sera plus expéditif d'acheter directement une lunette apochromatique dans le commerce à un prix il est vrai, bien plus élevé.

Si l'on veut se lancer dans les grands diamètres, il est possible de réduire l'obstruction en utilisant une lentille relais comme proposé par Dall dans S&T dans les années 60 ou accepter de vivre avec sachant que le bafflage sera excellent et que ce sera le ciel qui fixera les performances en termes de définition et non l'instrument. En tout état de cause, le Grégorien mérite de sortir de l'obscurité où l'a cantonné son cadet, le Cassegrain. C'est là un sujet passionnant qui demandera un nouvel article...