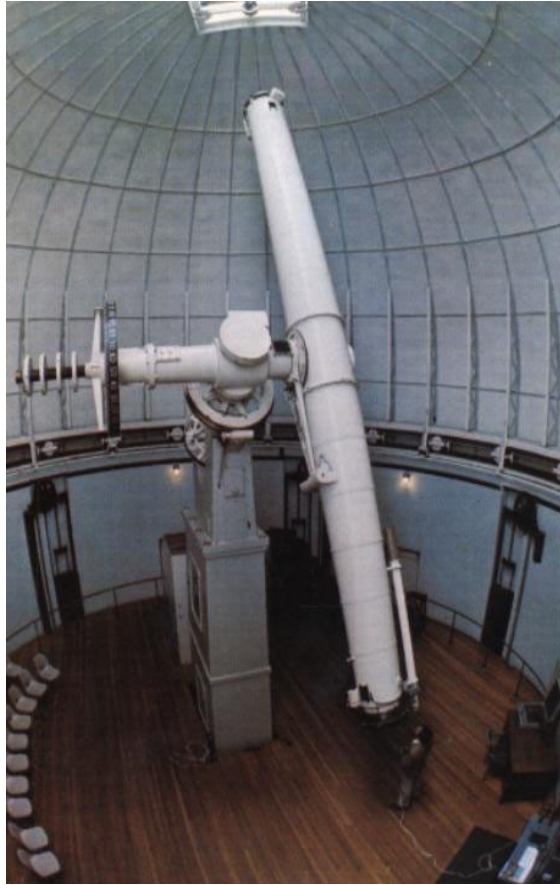


## VIII – La photographie

Les mesures micrométriques ou héliométriques avaient l'inconvénient de ne pas pouvoir être enregistrées et analysées plusieurs fois si un problème de précision se présentait. L'apparition de la photographie permettait de conserver l'observation et de l'analyser tranquillement même bien après l'observation elle-même. A puissance de télescope égale, la photographie n'était pas plus précise que les observations visuelles (l'analyse de la photographie se faisait visuellement...) mais c'est cette possibilité de garder l'observation qui séduisit à juste titre les astronomes. Les daguerréotypes, inventés en 1837, ne servirent pas à observer les satellites de Jupiter (seulement le Soleil et la Lune). Par contre, les plaques au collodion, puis celles au gélatino-bromure permirent la photographie d'astres plus faibles comme ces satellites.

Pour obtenir des plaques photographiques de qualité, les instruments construits pour l'observation visuelle ne pouvaient convenir : les objectifs durent être achromatisés (l'oeil n'est pas sensible dans la même couleur que les plaques photographiques) et le suivi amélioré pour permettre les poses longues. Là encore, un avantage de la photographie était flagrant : la possibilité de faire des poses longues permettait d'observer des objets bien plus faibles que visuellement (l'œil n'a pas cette faculté d'intégrer la lumière bien qu'ayant un rendement quantique bien supérieur à la plaque photographique : il suffit de 4 à 8 photons pour impressionner l'œil alors que plus de 1000 photons sont nécessaires pour provoquer la transformation chimique indispensable à la technique photographique). Aussi, la photographie astronomique ne prit son essor que lorsque les frères Henry proposèrent leur réfracteur dit "Equatorial photographique de la Carte du Ciel" de 33cm d'ouverture et de 3m 43 de longueur focale. Les observations photographiques des satellites galiléens purent commencer dans les années 1880-1890. Curieusement les premières observations photographiques ne servirent pas, à l'époque, à améliorer les éphémérides : leur précision était limitée du fait de la courte focale des réfracteurs plutôt fait pour mesurer des grands champs alors que les satellites galiléens restaient groupés autour de Jupiter, très brillant. Il aurait fallu des instruments de plus grande longueur focale pour agrandir le champ des satellites galiléens mais la faible sensibilité des premières plaques photographiques ne l'aurait pas permis. Les observations d'éclipses restaient la base du calcul des constantes d'intégration et des paramètres du mouvement des satellites galiléens. A la fin du XIXème siècle, l'apparition des grands réfracteurs ayant une longueur focale importante associés à des plaques photographiques plus sensibles, permit l'obtention de bonnes images du champ du système jovien. Ces longues focales permirent d'augmenter la précision de mesure astrométrique grâce à un agrandissement des images et donc des distances à mesurer sur les plaques photographiques. Le problème de l'étalonnage astrométrique des plaques (faire la correspondance entre les distances mesurées en millimètres sur les plaques et les angles correspondants dans le ciel) était difficile à résoudre car ces plaques « à longue focale » ne contenaient pas d'étoiles de référence permettant un rattachement des objets observés aux étoiles connues. La solution adoptée reposait sur la stabilité des réfracteurs : un seul étalonnage était effectué sur un amas d'étoiles connues afin de déterminer les paramètres de rattachement. Les positions observées obtenues étaient des positions relatives entre satellites mais cela n'avait pas d'importance car les satellites tournent autour du centre de gravité du système jovien qui restait le point de référence. La position de Jupiter dans l'espace était un autre problème, résolu par des observations méridiennes.



Le réfracteur de 26 pouces de l'observatoire naval de Washington : cet instrument a produit les meilleures observations photographiques des satellites galiléens. Il en existe d'autres du même type observant les satellites galiléens : à Charlottesville (USA) et à Pulkovo (Russie).

La table suivante donne la liste des grandes séries d'observations photographiques réalisées dans la période 1890-1990. On peut voir les différentes focales des instruments utilisés qui sont toujours des réfracteurs et non des réflecteurs pour des raisons de stabilité des images. A partir du XXIème siècle, les CCD ont conduit à l'abandon de la photographie, ce qui n'a pas été profitable pour les satellites galiléens bien trop brillants pour les récepteurs CCD près de 100 fois plus sensibles que les plaques photographiques.

| <b>observateur</b> | <b>observatoire</b>  | <b>focale</b> | <b>période</b> | <b>dispersion</b> |
|--------------------|----------------------|---------------|----------------|-------------------|
| Renz               | Helsingfors          | 3.4           | 1892-93        | <b>0.27</b>       |
| Renz               | Pulkovo              | 3.4           | 1895-96        | <b>0.24</b>       |
| Kostinsky          | Pulkovo              | 3.4           | 1907-08        | <b>0.34</b>       |
| De Sitter          | Greenwich            | 6.9           | 1918-19        | <b>0.37</b>       |
| De Sitter          | Capetown             | 6.9           | 1924           | <b>0.27</b>       |
| Petrescu           | Bucharest            | 6.1           | 1934           | <b>0.22</b>       |
| Petrescu           | Paris                | 3.4           | 1936           | <b>0.46</b>       |
| Biesbroek          | Yerkes               | 2.3           | 1962           | <b>0.88</b>       |
| Soulié             | Bordeaux             | 3.4           | 1966-67        | <b>0.36</b>       |
| Pascu              | Charlottesville      | 9.9           | 1967-68        | <b>0.11</b>       |
| Pascu              | Washington DC        | 9.9           | 1970-1998      | <b>0.10</b>       |
| <i>Pascu(*)</i>    | <i>Washington DC</i> | 9.9           | 1974           | <b>0.04</b>       |

(\*): réduction récente avec digitalisation des plaques et utilisation d'un catalogue récent, l'UCAC2

On remarquera sur cette table que la dispersion qui caractérise la qualité des observations est souvent meilleure dans le cas des focales importantes. Cette règle n'est pas absolue car la précision dépend aussi du soin des observateurs lors de la réduction et de la qualité du ciel.

Comme nous l'avons évoqué, l'éclat de la planète Jupiter était extrêmement gênant, éblouissant, noyant les satellites dans un halo de lumière autour de la planète, principalement dans le cas d'une agitation atmosphérique forte. Divers systèmes de filtres ou de masques furent inventés pour parer cet inconvénient. La figure 1 montre trois systèmes différents permettant d'atténuer l'éclat de Jupiter. La figure 1 montre ces trois systèmes: (a) un système de masque tournant modifiant la durée d'exposition de la planète par rapport à celle des satellites; (b) un système de masque glissant destiné à limiter la durée d'exposition de la planète; (c) un système de filtres permettant plusieurs poses successives (ici cinq) filtrant différemment la planète et chacun des satellites, les étoiles extérieures n'étant pas filtrées.

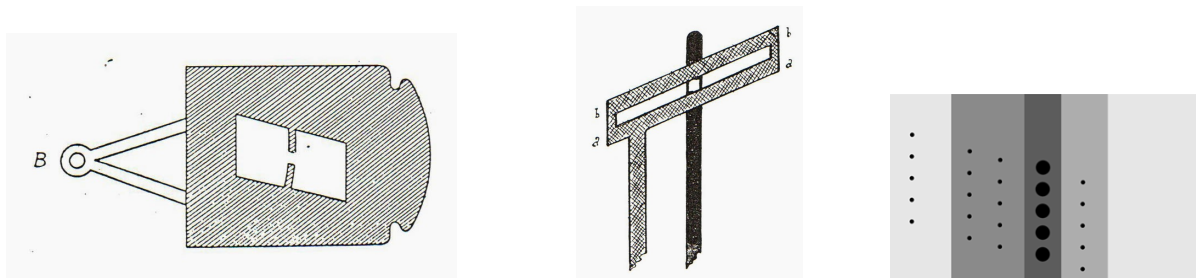
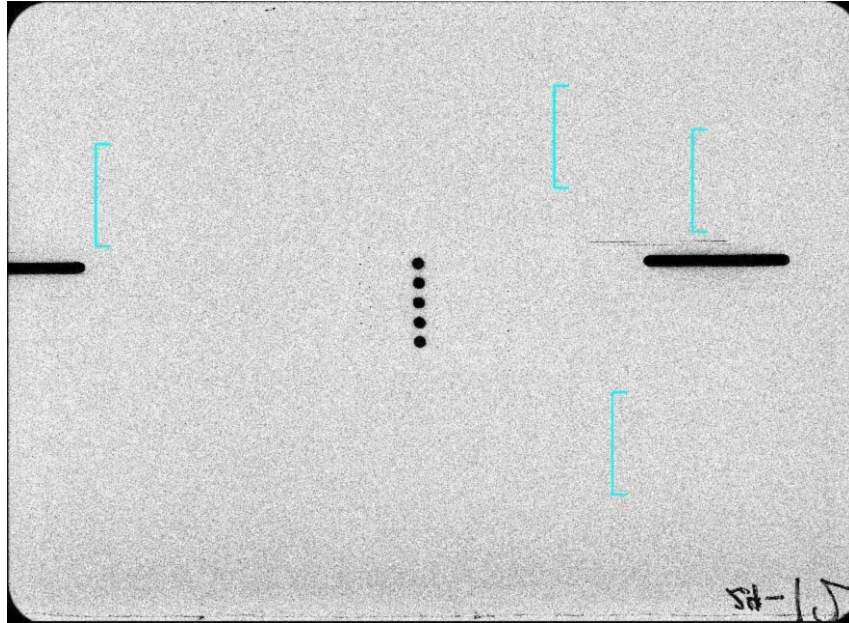


Figure 1: trois systèmes d'atténuation de la planète: à gauche le système imaginé par Chevalier à l'observatoire de Zô-Sé (a); au milieu le système de Petrescu utilisé à Bucharest et à Paris (b); à droite, le système de filtres utilisé par Pascu à Charlottesville et Washington DC (c).

Ces techniques ont permis de plus de mesurer les positions des satellites par rapport à la planète Jupiter mais seules les mesures inter satellites se sont avérées être vraiment précises et utiles. On remarquera aussi qu'entre 1920 et 1970, peu d'observations de qualité ont été effectuées : les éphémérides publiées en 1920 (Sampson, ...) étaient très bonnes et il n'a pas paru utile de continuer des grandes campagnes d'observation. C'est seulement pour la navigation des sondes spatiales, dans les années 1970, que de nouvelles observations furent nécessaires.

Aujourd'hui, il n'est plus possible de faire des observations photographiques : il n'y a plus de plaques vierges disponibles et les récepteurs électroniques les ont remplacées. Cependant, les plaques n'ont pas dit leur dernier mot : cette faculté de conservation des observations peut encore être utilisée : les plaques anciennes peuvent être remesurées au moyen de scanners très précis et réduites grâce aux catalogues issus de mesures spatiales (Hipparcos et bientôt Gaia). Cette possibilité de réobserver dans le passé est très prometteuse et les résultats très probants comme on le voit en dernière ligne du tableau : la précision augmente nettement.

Quelles observations ont succédé aux observations photographiques aujourd'hui ? Comme nous l'avons dit, l'image CCD direct n'est pas possible du fait du trop grand éclat des satellites par rapport aux étoiles de catalogue proche. Les observations de phénomènes mutuels (quand elles sont possibles) et les observations spatiales (quand une sonde visite le système jovien) les ont remplacées. Les observations méridiennes utilisant le principe du défilement du ciel devant une cible CCD ont prouvé leur qualité : l'observation de bandes longues du ciel permet de rattacher les satellites galiléens à des étoiles de catalogue même éloignées et le résultat est très satisfaisant. Les types d'observation changent mais les satellites galiléens sont toujours observés pour une meilleure qualité astrométrique.



Une plaque photographique réalisée avec le réfracteur de Washington et le système de filtres centraux (5 poses ont été faites sur cette plaque)