

Après Apollo : à la recherche de l'eau

Pierre Le Fur, Toulon

Pourra-t-on un jour habiter sur la Lune ? La question restait très problématique jusqu'à ce que de récentes cartographies en IR révèlent la présence d'eau, sous forme de givre, tout au fond des cratères près des pôles.

Sélénites: à la recherche de l'eau

À la question des anciens « la Lune est-elle habitée ? » l'on préfère maintenant la question « pourra-t-on l'habiter ? ». Et pourtant la distance entre ces deux problèmes n'est peut-être pas si grande.

Les grands observateurs lunaires des siècles passés comme Johann Hieronymus Schroeter [1] ont traqué les traces d'éventuels habitants. Il leur semblait possible que des sélénites habitassent les fonds de vallées et de cratères là où l'atmosphère lunaire pourrait être moins ténue et où l'eau pourrait éventuellement couler. À la fin du XVIII^e siècle, et au début du XIX^e siècle, Schroeter avait cru pouvoir mesurer l'épaisseur de l'atmosphère lunaire (estimée à 300 toises, environ 600 mètres) et l'avait comparée à la profondeur des cratères (figure 1).

De plus l'observation de rainures comme celles d'Hyginus l'amenait à supposer qu'il pouvait y avoir une origine artificielle pour ces « canaux » dans lesquels l'eau indispensable à la vie des sélénites devait s'écouler ; ou pour le moins, que ceux-ci les avaient aménagés [2]. Ces idées précèdent de près

d'un siècle la théorie des canaux martiens de Percival Lowell (1895).

Il est clair que ces astronomes ne pouvaient envisager de vie sans eau et que celle-ci ne pouvait être présente qu'au fond des cratères, au creux des « mers » lunaires que, par ailleurs, ils savaient désertiques.

Signature infrarouge de l'eau

Deux siècles plus tard, le mystère de l'eau lunaire semble résolu : les observations télescopiques montrent une Lune totalement aride, sans atmosphère. Les roches lunaires rapportées par les astronautes d'Apollo (1970) ont été analysées avec les moyens de l'époque et apparaissaient totalement dépourvues d'eau [3], les seules traces mises en évidence correspondraient à une contamination par contact avec l'atmosphère riche en vapeur d'eau de l'intérieur du Lunar Exploration Module, où vivaient les astronautes.

Mais les méthodes de télédétection planétaire dans le proche infrarouge (IR) se développant depuis les années 2000, la présence d'eau peut être désormais recherchée à distance [4] : les vibrations et déformations de la molécule d'eau, et du radical OH,

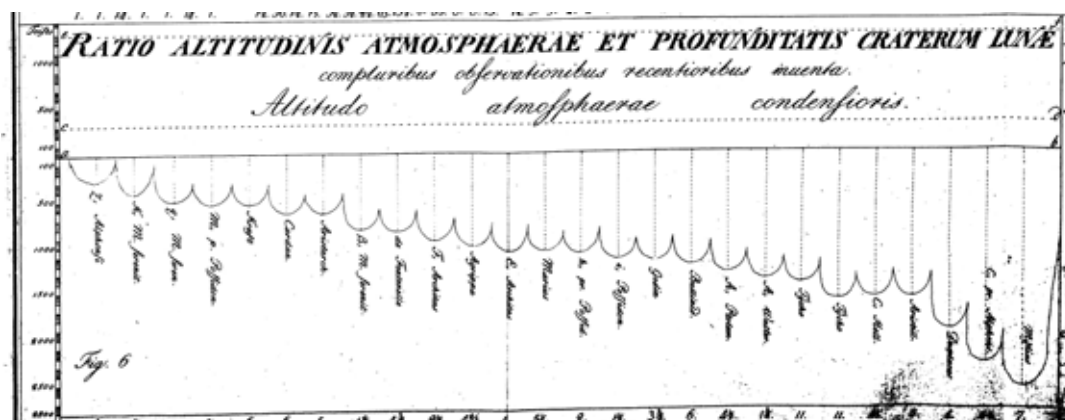


Fig.1. Travaux de Shroeter sur une comparaison entre l'épaisseur supposée de l'atmosphère lunaire et la profondeur des cratères (1802). Chaque cratère est représenté par un creux associé à son nom (placé verticalement), avec en ordonnée, sa profondeur en toises (1 toise = environ 2 m). Par exemple, le 7^e en partant de la gauche est Aristarque, associé à une profondeur de 700 toises. L'épaisseur conventionnelle de l'atmosphère supposée de la Lune se trouve sous la forme du trait pointillé, correspondant à 300 toises d'altitude lisible en ordonnée. Crédit GALLICA-BNF

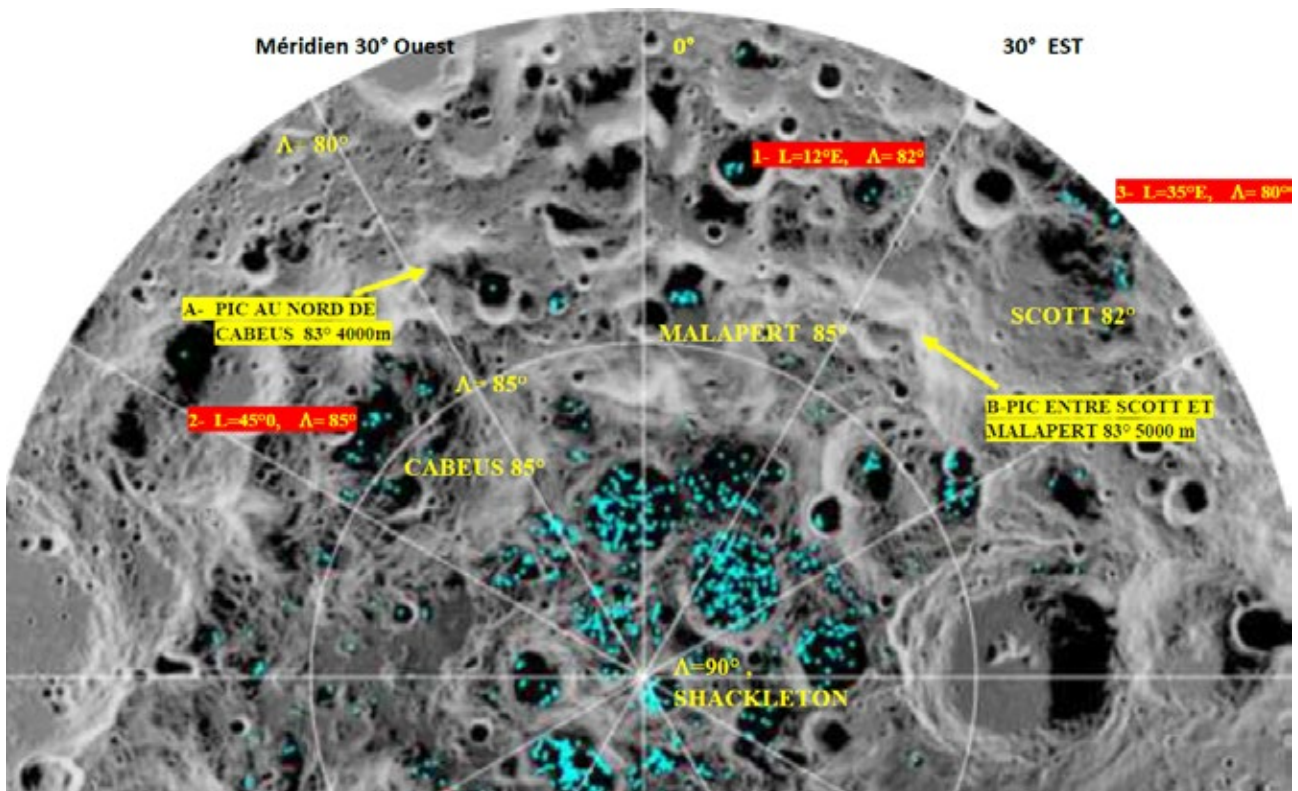


Fig.2. Carte infrarouge du pôle Sud de la Lune (entre 80° et 90° de latitude), obtenue avec l'instrument M3 de la NASA embarqué sur la sonde Chandrayaan 1 en 2009. Les zones sombres représentent les basses températures et les claires les valeurs élevées. Les points bleus correspondent aux sondages positifs de détection effective d'eau par spectroscopie. En rouge, en haut à droite, les zones (1-) et (3-) visibles sur la figure 3 ci-dessous (SCOTT et nord de MALAPERT). Les altitudes des deux pics (A-) et (B-), en jaune, résultent des mesures de l'altimètre de la sonde Clémentine. Crédit : NASA ; <https://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feature=7218>

conduisent à un spectre contenant des « buissons » de raies vers 1,4, 1,9 et 2,8 μm pour un gaz de molécules d'eau. Ce spectre est largement modifié pour les états condensés liquide ou solide, voire pour des états liés avec des solides (hydrates ou composés contenant seulement OH). Les spectres donnent ainsi une bonne idée de l'état physique sous lequel se présente l'eau. Le domaine spectral le plus exploité reste « la bande à 3 μm » située de 2,6 à 4 μm .

Ainsi le détecteur M3 (Moon Mineralogy Mapper) de la NASA voit le jour et la sonde lunaire indienne Chandrayaan 1 l'embarque à son bord le 22 octobre 2008 dans une mission conjointe ISRO-JPL-NASA [5]. (ISRO : Indian Space Research Organization). Les résultats obtenus sont à la hauteur des espoirs. La sonde cartographie les pôles lunaires en IR (figure 2).

De plus elle permet de détecter de l'eau sous forme solide mêlée au matériau du régolithe lunaire et non sous forme de « lacs » gelés. Seuls les fonds de cratères plongés dans l'obscurité « éternelle », à des températures inférieures à -250°C peuvent conserver cette eau solide, dont l'origine discutée reste probablement liée à la formation de la lune [6]. Ces travaux viennent confirmer les forts soupçons de détection par les précédentes sondes comme

Clémentine (NASA, janvier 1994). Par la suite LRO, Lunar Reconnaissance Orbiter, et son compagnon LCROSS (NASA, juin 2009) affinent les données obtenues [7].

Observer les cratères de haute latitude

La carte infrarouge des pôles de la Lune de la figure 2 nous présente ces cratères dont le fond n'est jamais éclairé par le Soleil. Tous correspondent à de très hautes latitudes sud ou nord (de 80° à 90°). Pour l'observateur terrestre l'effet de perspective rasante apporte une déformation considérable de ces cirques lunaires qui deviennent extrêmement difficiles à identifier. La plupart du temps seules les crêtes des remparts périphériques apparaissent dans le champ visuel télescopique. Il est alors impossible de voir ces ombres éternelles où se cache l'eau lunaire. Malgré tout, au gré des lunaisons, la libration modifie significativement la visibilité ou l'invisibilité des pôles et l'on a parfois la chance d'entrapercevoir ces fameux puits d'ombre, relativement riches en eau-« givre ».

Le cliché de la figure 3 présente deux cratères où de telles zones sont visibles : l'un est au nord de SCOTT

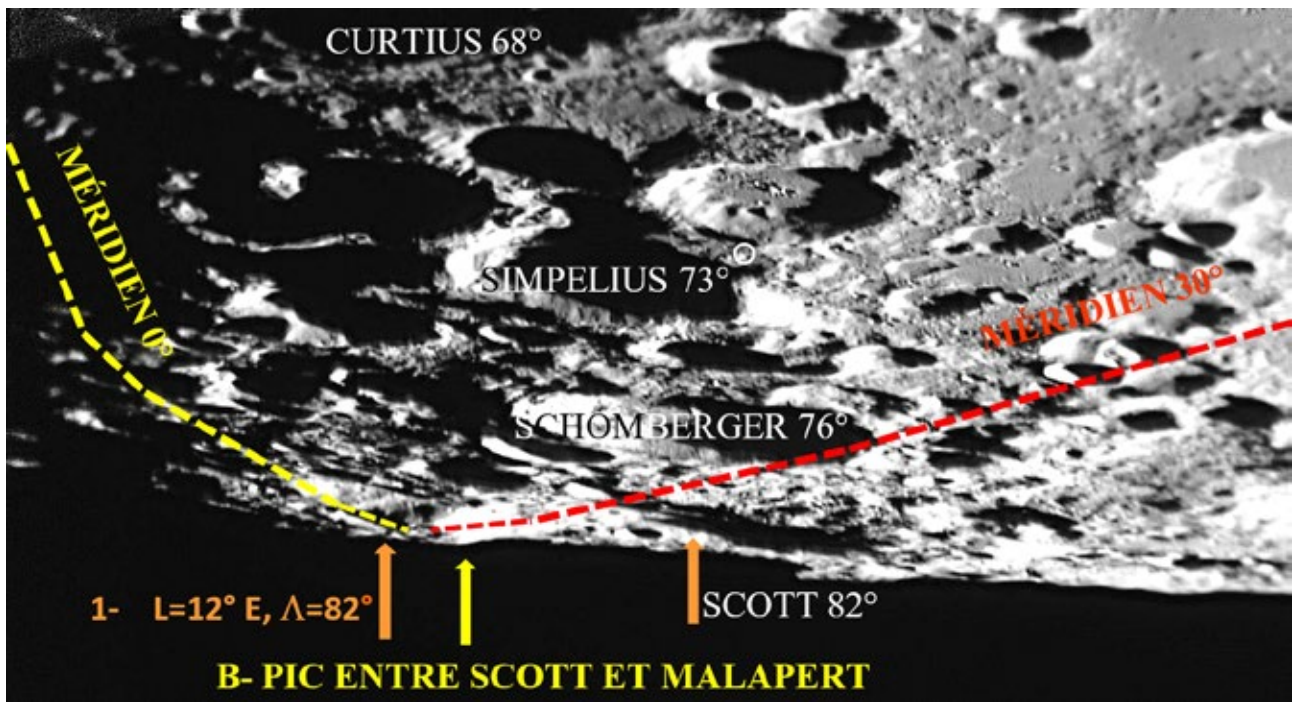


Fig.3. Image du pôle Sud lunaire obtenue au télescope Schmidt-Cassegrain de 300 mm à monture altazimutale (LX90 Meade), focale 25 m, acquisition environ 1 jour après le premier quartier.

En rouge, les zones 1 et 3 repérées sur la figure 2 ci-dessus. On distingue parfaitement les zones d'ombre permanente de MALAPERT (1-) et du nord du cratère SCOTT (3-). Là s'y trouvent des sols « riches » en eau, par opposition au pic (B-) éclairé par le Soleil, donc totalement aride. Les latitudes L sont indiquées. Photo : auteur.

(latitude 80° sud, longitude 35° est) ; l'autre au nord du grand MALAPERT (latitude 82° sud, longitude 12° est). On comparera avec la figure 2 pour comprendre l'extrême déformation liée à la perspective rasante.

Les plus grands télescopes terrestres permettent également d'observer ces régions grâce à l'optique adaptative qui vient compenser la turbulence. Une telle expérience a été réalisée le 6 octobre 2009 avec le télescope du mont Palomar et ses 5 m de diamètre. En effet à cette date, à 11 h 31 min 19 s TU, la NASA a réalisé l'impact de l'étage supérieur de propulsion de sa sonde {LRO, LCROSS} dans le cratère CABEUS.

L'énergie dégagée par la collision de l'étage CENTAUR au fond du cratère devait permettre d'obtenir un panache gazeux et poussiéreux dans lequel l'eau serait probablement détectable [8]. Mais le phénomène

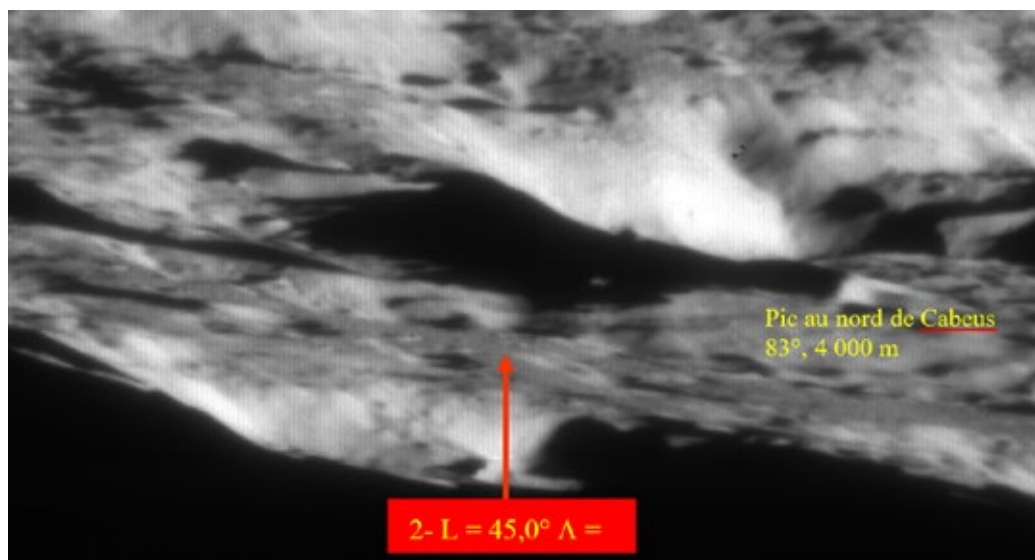


Fig.4. Image du cratère CABEUS obtenue avec une optique adaptative placée sur le télescope du Mont Palomar en Californie (5 m de diamètre) à 11 h 31 min 30 s le 6 octobre 2009 ; soit 11 s après que l'étage Centaur se soit écrasé dans ce cratère. Au centre de l'image, on distingue la montagne au nord de CABEUS (A-) et le cratère éponyme apparaît comme une tache allongée sombre (2-). Aucun panache de gaz et fumées n'est visible, même dans les minutes suivantes.

Credit : CALTECH; http://www.oir.caltech.edu/twiki_oir/bin/view/Palomar/PalmLGS/Lcross_palomar

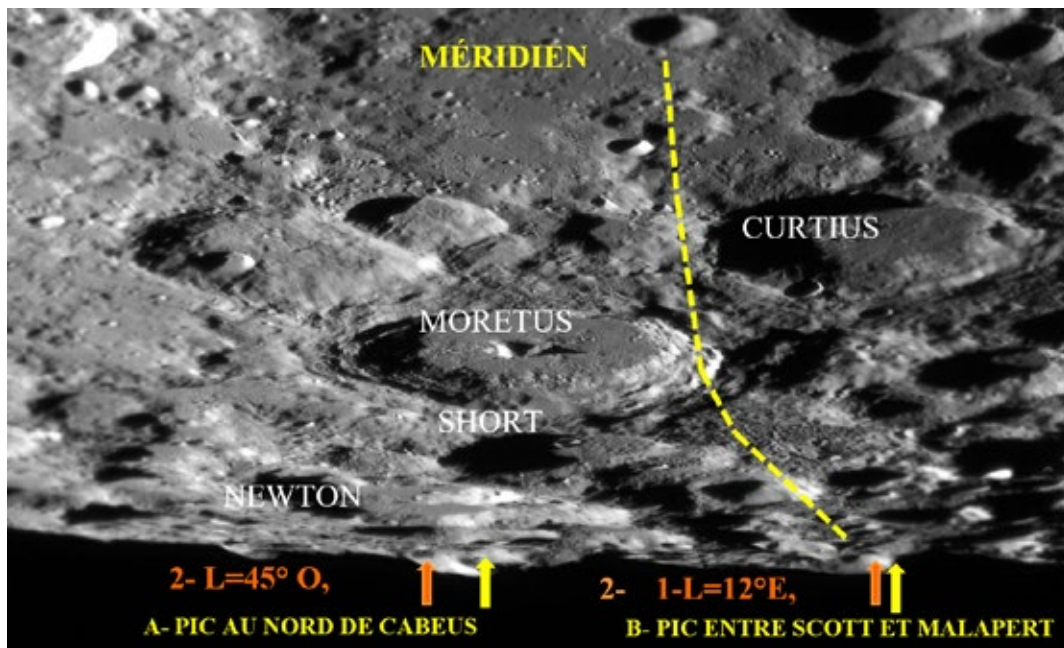


Fig.5. Image de la région sud de la Lune obtenue au télescope Schmidt-Cassegrain de 300 mm à monture altazimutale (LX90 Meade), focale 25 m. acquisition environ 2 jours avant le dernier quartier. Malgré une libration défavorable, on peut explorer la zone de latitudes comprises entre 60° et 83°. On distingue nettement le pic (A-) visible juste au nord de CABEUS. Il est très souvent observé sur les photos de pleine Lune. CABEUS lui-même (2-) se trouve derrière, caché par la libration moins favorable que sur la figure 4. Photo : auteur.

ne fut pas observable avec ce télescope, voir la figure 4. Pour autant la sonde LCROSS en orbite lunaire a parfaitement photographié le panache produit (environ 3 km de diamètre 20 s après l'impact). Les spectres infrarouges obtenus comportèrent les raies caractérisant la présence d'eau (1,4 et 1,9 μm entre autres) [9].

Avec un télescope d'amateur on repère parfaitement la zone d'impact ou plus précisément sur ce cliché de la figure 5 : la montagne jouxtant le nord de CABEUS, notée (A-). Au passage on y reconnaît bien le profil émoussé des reliefs lunaires.

On explore les zones de hautes latitudes entre 70 et 80° facilement et si la libration est favorable on peut reconnaître des formations jusqu'à 85°.

De l'eau pour les futurs sélénites

Pour les futurs sélénites, venus de la Terre, ces fonds noirs seront comme des mines d'or, mais un or vital. Pour paraphraser un commentateur américain, sur Terre, une bouteille d'un litre d'eau revient à environ 1 euro. Mais apporter ce kilogramme d'eau sur la lune reviendrait à près de 50000 euros (emballage non compris). Sur cette seule remarque, on comprend ainsi l'intérêt de rechercher les régions lunaires « riches » en eau. Les brèves missions Apollo se situaient proches de l'équateur là où le sol lunaire ne recèle aucune trace d'eau, les futures installations fixes seront polaires.

En observant ces régions des pôles Nord et Sud, si on ne rêve plus de sélénites survivants au fond des cirques, on imagine les futures bases lunaires installées sur les hauteurs des remparts violemment baignés de lumière par le Soleil rasant, tirant leur eau de ces fonds noirs d'encre, seulement éclairés par « cette obscure et éternelle clarté tombée des étoiles ».

Biblio-netographie

- [1] Selenotopographische fragmente, 1802 J.C. Baier
- [2] Selenotopographische fragmente, p 228, § 802
- [3] <https://sservi.nasa.gov/articles/water-in-moon-rocks-challenges-lunar-formation-theory/>
- [4] http://ipag.osug.fr/~beckp/Research/Vitae_files/Beck_PR_HDR_light.pdf, p16, p18
- [5] <https://www.isro.gov.in/pslv-c11-chandrayaan-1>
- [6] <https://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feature=7218>
- [7] https://www.nasa.gov/mission_pages/LRO/news/water_search.html
- [8] http://www.oir.caltech.edu/twiki_oir/bin/view/Palomar/PalmLGS/Lcross_palomar
- [9] https://www.nasa.gov/mission_pages/LCROSS/main/prelim_water_results.html