



Comment Herschel révolutionna l'astronomie

CAROLINE HARTMANN

« Dans le mystère de la forêt, le paysage tout à coup m'échappe, et je gravis un sentier sinueux qui me mène sur la hauteur. Une avare lumière ne perce qu'à la dérobée le treillis de feuillage des rameaux, et çà et là se montre l'azur riant du ciel.

« Mais soudain le voile se déchire : la forêt s'ouvre et me rends, ô surprise ! à l'éclat éblouissant du jour. A perte de vue, le lointain s'étend devant mes regards et une chaîne bleuâtre et vaporeuse termine pour moi le monde. Bien bas au pied de la montagne qui sous moi descend à pic, passe le miroir ondoyant du fleuve aux eaux vertes. Je vois l'éther, sans bornes, en dessous de moi ; sans bornes au-dessus : je regarde en haut saisi de vertige ; en bas, saisi d'horreur. Mais entre la hauteur éternelle et l'éternelle profondeur, un sentier bordé d'une rampe conduit sûrement le voyageur. »'

Cette citation provient de l'élégie intitulée *Der Spaziergang* (La promenade), écrite par Friedrich Schiller en 1795. Il est tout à fait possible qu'une telle inspiration reposât sur les recherches de l'audacieux astronome amateur William Herschel qui fut le premier à se rendre compte, en plus de l'immensité des distances spatiales, de l'importance de la distance temporelle entre les différents corps célestes. Au sein de la maison Herschel, la poésie tenait une grande place et c'était avant tout les poèmes de Friedrich Schiller qui, souvent, étaient récités lors de longues soirées hivernales. Lorsque son fils, John Herschel, entreprit quelques années plus tard des études d'astronomie au Cap de Bonne Espérance, il perpétua cette tradition. Il composa lui-même des poèmes et réalisa également ses propres traductions anglaises de certains poèmes de Schiller, parmi lesquels *Der Spaziergang*, car il était insatisfait des traductions existantes.

Les premières études des étoiles

L'astronomie est un merveilleux exemple pour s'interroger sur la façon dont l'homme se voit dans le monde ou celle dont il se conçoit.

Ainsi, peut-on voir réellement le développement de l'astronomie comme le reflet du développement de l'esprit humain. L'homme peut considérer les étoiles comme étant purement et simplement des points de repère pour sa propre existence quotidienne, lui indiquant les présages de bonheur, d'honneur et de richesse, ou de terribles et inévitables signes du destin. Ou bien, il peut également s'interroger sur les corps célestes observables, avec l'idée d'y trouver quelque chose d'utile pour maîtriser les forces de la nature, et tenter, en répertoriant systématiquement leurs positions, de découvrir de nouvelles lois.

Ces deux formes de pensée entièrement opposées sont présentes dans toute l'histoire de l'astronomie. Les premières études documentées des étoiles, réalisées en Chine par le savant Fu Hi, remontent à 3000 ans avant J.-C. La première table astronomique des grandes étoiles réalisée par les astronomes chinois Gan De, Shi Shen et Wu Xian date de 400 avant J.-C. La simple sphère armillaire qu'ils utilisèrent avait déjà été développée en Chine, 2400 ans avant J.-C., et se basait sur le système équatorial. La projection Mercator ou cylindrique prit également naissance en Chine. La plus vieille de ces cartes date de 940 après J.-C. et fut utilisée en particulier dans la navigation. On peut considérer que les observatoires

modernes d'astronomie trouvent leur origine dans la tradition chinoise, même si l'on prétend souvent aujourd'hui que les Chinois observeraient le ciel uniquement à des fins astrologiques.

Grâce à leurs cartes des étoiles, des bateaux chinois purent gagner l'Inde et la mer Rouge vers 70 après J.-C. L'agriculture, l'industrie du fer et l'extraction du sel connurent aussi un véritable essor, et l'on entreprit la régulation des fleuves en vue d'une meilleure gestion de l'eau. En opposition à cette pensée scientifique confucéenne, se mit en place l'irrationnalisme taoïste mystique avec son fameux principe *yin-yang*, qui atteignit sa plus grande influence à la fin de la dynastie Han (25-220 après J.-C.). Si nous considérons la tendance démographique de cette période, nous constatons — mises à part les épidémies ou les guerres — les effets dévastateurs de la propagation du mysticisme et de la superstition : en l'an 2 avant J.-C., il y avait 57,6 millions d'habitants en Chine, contre seulement 56,5 millions en 157 après J.-C.

C'est seulement lorsque l'homme se place consciemment au-dessus de son destin et reconnaît le caractère unique de son esprit, qu'il peut rendre fécondes ses hypothèses sur les processus de l'univers et les utiliser à ses fins. Toute conception inférieure entraîne inévitablement des conséquences destructrices.

A Babylone ainsi que dans l'Antienne Egypte, il semble que la tendance méditative et mystique en astronomie soit devenue prédominante. Ce sera chez les Grecs qu'elle retrouvera son orientation scientifique.

Aristarque contre Ptolémée

Au II^e siècle avant J.-C., Eratosthène, Aristarque et Hipparque furent les premiers à s'intéresser à la forme de la Terre ainsi qu'à sa position dans l'univers. Eratosthène établit l'écliptique avec une bonne précision pour l'époque et déterminait la circonférence de la Terre. Hipparque mit en évidence les irrégularités de l'orbite de la Lune ; il inventa également un astrolabe à l'aide duquel il

estima la position de plus de 1000 étoiles fixes de la sphère céleste. Aristarque non seulement déterminait les distances du Soleil et de la Lune, mais il fut le premier à émettre l'hypothèse selon laquelle les mouvements des planètes et des étoiles fixes s'expliqueraient beaucoup mieux si l'on considérait le Soleil comme centre du système.

Les puissants cercles oligarchiques derrière le culte de l'Oracle de Delphes mirent un terme à ces calculs et hypothèses quand ils décrétèrent que le dogme de Ptolémée, fixant la Terre comme centre de l'univers, était la vérité « inébranlable ». Par la victoire de cette doctrine, le développement de l'astronomie fut entravé pendant plus de mille ans.

L'astronomie arabe

Alors qu'on assistait à un déclin général des sciences en Europe, l'astronomie progressait chez les Arabes. Cependant, ici aussi, l'œuvre de Ptolémée fut traduite et diffusée, et personne s'efforça de remettre en question ce dogme.

Néanmoins, il y a lieu de souligner le rôle essentiel joué par les Arabes et particulièrement dans la transmission et la compilation des connaissances acquises jusqu'alors. Aux IX^e et X^e siècles, l'astronomie arabe connut une époque florissante. Notamment, le grand al-Batani déterminait la précession de l'orbite terrestre et son excentricité, et calcula la durée d'une année à deux minutes près. De même, les tables astronomiques de Nasir-al-Din al-Tusi étaient connues dans toute l'Asie jusqu'en Chine. Ces observations furent menées en utilisant les astrolabes de conception grecque. En plus de l'influence grecque, on citera l'œuvre indienne *Siddhanta* (en arabe *Sindhind*) qui fut envoyée à Bagdad en 771. Dans le Coran également, on trouve des passages incitant l'homme à effectuer l'important travail qu'est l'exploration du ciel. Par exemple, dans la sourate 6, n°97, on peut lire :

« Il est celui qui a fait les étoiles pour vous, afin qu'elles vous aident à suivre le bon chemin à travers les sombres étendues de terre et de mer ; Nous avons rendu nos signes clairs, pour les hommes qui comprennent. »

La révolution de Cuse

D'un côté, on peut imaginer l'homme comme simple observateur de la création : les forces de la Nature l'étonnent mais, ne comprenant pas ses lois, ses effets dans sa vie quotidienne ne peuvent trouver qu'une explication mystique. D'un autre côté, une tout autre manière de penser apparaît assez rapidement : l'homme est un assistant architecte de l'univers ; il peut apprécier la beauté ainsi que la légitimité de l'univers et utiliser ses lois à ses propres fins.

La percée décisive de cette approche fut le Concile de Florence, surtout avec Nicolas de Cuse qui élaborait l'idée d'*imago viva Dei* (l'homme image vivante de Dieu) et introduisit dans ses écrits l'idée d'Etat-nation qui garantirait à chacun la plus grande liberté en vue du développement intellectuel et de la créativité, au nom de cette ressemblance divine. Ces idées posèrent les bases pour les accomplissements de la Renaissance, en particulier dans le domaine de la peinture avec le développement de la perspective, des mathématiques avec Luca Pacioli et de l'astronomie avec Copernic qui séjourna longtemps en Italie.

Johannes Kepler formula ensuite dans ses œuvres *Mysterium Cosmographicum* et *Harmonia Mundi*, la notion selon laquelle l'homme, à l'image de Dieu, améliore et embellit les lois de l'univers. De plus, il considère que la création est un processus vivant s'auto-développant constamment. En identifiant précisément la correspondance entre les solides platoniciens et les orbites planétaires, il affirma que le principe vivant à la base de l'origine des structures physiques dans l'univers agit de la même façon que sur Terre (par exemple, lors de la formation d'un fruit, d'une fleur ou bien d'un flocon de neige). Par ailleurs, il décrit ce principe vivant avec humour dans son opuscule *L'étrange ou la neige sexangulaire*. Dans un poème situé à la fin de son *Mysterium Cosmographicum*, Kepler exprime de façon très belle sa conception de l'homme :

« Suprême Créateur du monde, par quelle raison

« Le pauvre chétif et humble habitant de cette glèbe si exiguë,

« Le fils d'Adam, t'incite-t-il à t'occuper de ses soucis ?



Astrolabe hispano-musulman du XI^{ème} siècle.

On trouve dans le Coran des passages encourageant l'homme à s'investir dans l'exploration du ciel.

« Tuournes tes regards vers lui, qui ne le mérite pas ; tu l'élèves en haut à peine plus bas que les dieux, (...) »

« Ce qui est au-dessus de sa tête, ces orbes immenses avec leurs mouvements, »

« Tu le soumets à son esprit (...). »²

Newton, le « faux-monnaieur »

De la même manière que les élites politiques et religieuses imposèrent, 1400 ans auparavant, la conception du monde de Ptolémée contre celle d'Aristarque, l'impact des idées de Kepler fut amoindri par les dogmes de Galilée et de Newton. Au départ, cela est dû à une légère et sournoise distorsion de la pensée : à partir des lois de Kepler relatives au mouvement des planètes, il est bien sûr possible de déduire la loi sur la gravitation, avec laquelle se calcule la force d'attraction entre deux corps. Quoiqu'il en soit, Newton et ses disciples retournèrent simplement les choses et affirmèrent que c'était cette force d'attraction qui engendrait le mouvement des planètes et la structure de l'univers ! Cela signifie — si on veut être cohérent — que les pla-

nètes, grâce à la force d'attraction établie par Newton, sont ordonnées tout à fait accidentellement en forme elliptique autour du Soleil, comme l'a découvert Kepler, que les flocons de neige se forment toujours accidentellement avec six côtés, que les cristaux adoptent, toujours accidentellement, les formes géométriques régulières les plus diverses et que les coquilles d'escargot se construisent accidentellement en spirales logarithmiques.

La réalité est cependant tout autre. Ce n'est que lorsqu'une loi géométrique agissant de façon constante dans l'univers est présumée que nous pouvons reconnaître la beauté des lois de la nature qui toujours s'évertue à prendre la direction de la plus grande harmonie. Ce point de vue est aujourd'hui considéré comme étant « mystique ». En fait, la porte s'ouvre au mysticisme dès le moment où une telle loi plus élevée se trouve niée. En effet, tous les phénomènes intervenant dans la nature sont donc soit le fruit du hasard, soit produits par la volonté arbitraire de forces supérieures. Il n'est donc pas étonnant que Newton lui-même, comme ce fut révélé seulement récemment, pratiquât l'alchimie et l'occultisme.

Jusqu'à ce jour, les dogmes de Newton prédominent en matière de scien-

ce « établie ». C'est exactement comme lors de l'apogée du taoïsme dans la Chine ancienne : les cultes et la pensée mystique étaient utilisés en vue de rendre chaque être humain stupide afin qu'il soit plus facile à influencer et à contrôler. La formulation d'hypothèses scientifiques sur les causes des phénomènes reliés à l'espace visible est ainsi d'autant plus détestée par cette école de pensée que cette méthode attribuée à l'homme la liberté intérieure sur laquelle aucune oligarchie ne peut durablement prévaloir.

Peu de gens savent que les célèbres *Lettres du drapier* de Jonathan Swift, dans lesquelles il se rallie aux Irlandais afin de s'opposer aux « faux-monnaieurs », s'adressaient directement à Newton. En qualité de directeur de l'Hôtel Royal de la Monnaie, Newton porta la responsabilité de l'émission de pièces dépréciées en Irlande. Cette « dévaluation » eut le même effet que la politique du Fonds monétaire international de nos jours : l'Irlande approvisionnait en nourriture toute l'Angleterre tandis que les habitants de « l'île verte » souffraient de faim. Le roi d'Angleterre, reconnaissant de ce secours financier, nomma Newton président de la Société Royale.

« L'autorité scientifique » de Newton fut établie lorsque la Société Royale (présidée par Newton lui-même) le déclara « inventeur » du calcul infinitésimal. De la même façon que la théorie de Newton sur la gravitation était une distorsion des lois planétaires définies par Kepler, le calcul infinitésimal de Newton n'était autre qu'un plagiat — une forme édulcorée du calcul de Leibniz. Certes, ce dernier s'est défendu contre les dérives de Newton mais, en raison de l'important soutien apporté par la puissante élite britannique, ces distorsions furent globalement acceptées au fil du temps.

Un autre adversaire de Newton fut le savant hollandais Christiaan Huygens qui, dans de nombreux domaines, collabora étroitement avec Leibniz. Tandis que Newton défendait l'idée que la lumière se propageait sous forme de « particules », Huygens avança quant à lui l'hypothèse qu'elle le faisait sous forme d'ondes. Les découvertes de Huygens furent à la base d'importants progrès dans le domaine de l'optique, lesquels permirent des découvertes ul-

tières en astronomie.

Les héritiers légitimes de Kepler, Leibniz et Huygens furent William Herschel et sa sœur Caroline.

Une famille de musiciens et d'astronomes

« Toute la famille semble être dotée d'une touche de génie », écrit la nièce de Caroline, épouse de John Herschel dans sa biographie sur Caroline, « mais William et Caroline étaient les seuls à posséder "un fort caractère de persévérance opiniâtre" ainsi que ces principes plus nobles qui permirent au génie en eux d'accomplir sa tâche. »

Le père de William et Caroline, Isaak Herschel, avait voulu suivre les pas de leur grand-père, jardinier paysagiste auprès des jardins royaux de Dresde, mais partageait également une passion pour la musique. Il ne manquait jamais une opportunité pour pratiquer le violon, sur les conseils d'un hautboïste appartenant au Corps royal de musique. A 21 ans, il prit son violon sous le bras et décida de se rendre à Berlin pour y chercher fortune. Après des études complémentaires rendues possibles grâce au soutien de sa mère et de sa sœur, il trouva finalement une place de hautboïste au sein du corps de musique du régiment de la garde à Hanovre. En août 1732, il se maria. Il aura en tout dix enfants dont quatre mourront en bas âge. C'est en 1738 que naquit Friedrich William et, en 1750, Caroline Lubrezia.

Le père saisissait toutes les occasions pour développer le talent musical de ses fils (quant aux filles, à l'époque, elles étaient reléguées après l'école aux travaux ménagers pour aider leur mère), et bientôt le brillant talent de William se démarqua. Ses frères également furent d'excellents musiciens. Jakob devint un célèbre virtuose du violon, Alexander fit carrière en Angleterre comme violoncelliste et Dietrich se fit également connaître comme violoniste.

Néanmoins, William les dépassa tous. Non seulement il maîtrisa la langue française deux fois plus rapidement que ses frères, mais en latin et en arithmétique, le professeur devait bientôt avouer que son élève l'avait dépassé. En outre, à quatorze ans, il était déjà un excellent violon-

niste et hautboïste. Très tôt, il semblait déjà être inspiré par de grandes idées. Selon les souvenirs de Caroline, il y avait de fréquentes discussions nocturnes entre Isaak et William, qui s'étendaient généralement à des sujets philosophiques et que « William et son père débattaient souvent avec une telle vivacité que l'intervention de ma mère devenait nécessaire, quand les noms de Leibniz, Newton et Euler fusaient un peu trop fort pour le repos des plus petits qui devaient se rendre à l'école pour sept heures du matin. »³

Isaak Herschel se consacra aussi à l'astronomie. Il possédait quelques connaissances dans cette science et Caroline écrit :

« Je me souviens, lors d'une nuit froide, il me conduisit dans la rue afin de m'initier à quelques-unes de nos plus belles constellations, juste après avoir observé une comète. »⁴

Néanmoins, ces talents ne purent réellement s'exprimer que plus tard car la Guerre de Sept Ans mobilisa dans l'armée anglaise tous les hommes de la famille pendant une longue période. Après la malheureuse campagne de 1757 et la défaite de Halstenbeck où l'armée du duc de Cumberland subit de lourdes pertes, la mère de William réussit à le soustraire à la conscription au cours de sa première permission au pays, prétextant de sa faiblesse physique.

Lorsque le père revint de la guerre avec une santé brisée, c'est avec d'autant plus d'acharnement qu'il se chargea de la poursuite de l'éducation de ses enfants. Son caractère devait être exceptionnel car, en dépit de peines constantes et douloureuses, il travailla jusqu'au dernier jour de sa vie et offrit à ses enfants un brillant exemple de patience, de générosité et d'abnégation.

Musicien professionnel en Angleterre

William menait à cette époque une vie très vagabonde. Il était resté en Angleterre et tentait d'accroître ses revenus en tant que musicien. Tout d'abord, il fut le chef d'un petit orchestre militaire appartenant au duc de Darlington à Durham ; ensuite, par le biais d'un organiste renommé, il obtint la possibilité de jouer com-

me violoniste et, en 1765, à la suite d'un concours, il gagna le poste d'organiste à Halifax. Toutefois, il ne se contenta pas de jouer de la musique, il composa lui-même de nombreuses pièces : dix-huit petites symphonies, sept concertos pour violon et au moins six sonates pour violon seul⁵. A peu près au même moment, il composa également des marches militaires, des chants pour ensembles vocaux, des pièces pour orgue, des oratorios et des ouvertures dont la plupart ont, malheureusement, disparu au fil du temps.

Finalement, en décembre 1766, il se vit proposer le poste d'organiste à l'église Octagon de la ville de Bath, un lieu de séjour réservé à la classe la plus riche du royaume. Il ne revint à Hanovre qu'une seule fois, en 1764, et pour une courte durée. Caroline s'en souvient bien car, très occupée par ses obligations ménagères, elle avait rarement l'occasion d'apprécier la présence de son « frère préféré ». Au cours de cette même année, le père subit une attaque d'apoplexie et se traîna avec peine durant les trois dernières années jusqu'à sa mort le 22 mai 1767, à l'âge de 61 ans. La vie de Caroline prit ensuite un tournant décisif en allant s'installer, à la demande de son frère bien-aimé William, à Bath pour deux ans, « afin de voir si je pouvais, avec son aide, devenir une cantatrice utile à ses concerts d'hiver. »

En août 1772, William vint la chercher à Hanovre et elle prit congé de sa famille et de sa ville natale, dans laquelle elle ne reviendra que cinquante ans plus tard, à la suite du décès de son frère. En Angleterre, outre son travail de soprano et les tâches ménagères, de plus grandes tâches attendaient Caroline : devenir la plus importante collaboratrice de l'astronome William Herschel.

Musique et astronomie

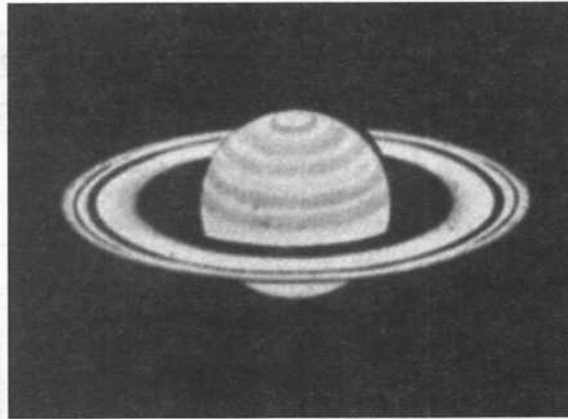
En plus de la direction de la chorale, la dispense de cours de chant et la composition de motets et de chants, William commença dès 1766 à observer le ciel. Il enregistra cette année-là ses observations sur Vénus et quelques éclipses lunaires. Grâce à la lecture du livre *Harmonics* de Robert Smith, il s'intéressa à la théorie sur les harmonies musicales, celle-ci l'ame-

nant de plus en plus aux mathématiques et aux harmonies célestes. Lorsque Caroline arriva auprès de son frère, ce dernier était déjà fermement décidé à construire ses propres instruments, afin d'étudier le ciel avec plus de précision. Caroline se souvient de ses premiers moments à Bath :

« Il considérait sa profession plutôt comme un moyen d'arriver à ses fins. Son poste de musicien lui garantissait un salaire ainsi que certains moments de liberté et, chaque jour, ces moments de liberté lui devenaient de plus en plus nécessaires. Chaque moment libre dans la journée et de nombreuses heures volées à la nuit étaient consacrés à ses études, qui augmentaient son désir d'observer les étoiles par lui-même. Le manque d'équipements mécaniques stimulait ses capacités d'invention et, comme tout le monde le sait, le gigantesque télescope de 12 mètres en fut le glorieux résultat. (...) »

« [Comme première étape], (...) mon frère n'était plus satisfait d'être informé par ce que les autres observaient. Il commença à faire les plans d'un télescope de 5 à 6 mètres (d'après les indications fournies par Huygens, je pense). »

Aussitôt, il engagea toute son énergie. Après Pâques, Herschel profita du départ de nombreux étudiants en vacances d'été pour transformer chaque chambre de la maison en atelier. Dans un salon élégamment meublé, un ébéniste construisait des tubes pour lunettes et, dans l'une des cham-



Croquis de Saturne effectué par William Herschel. Plus tard, son fils John jouera un rôle important dans le développement de la photographie et inventera les termes « photographie » et « négatif ».

bres à coucher, son frère Alexander, qui passait souvent l'été avec eux, installa un touret à polir en vue de l'exécution des formes, de la taille des verres, et la fabrication des lentilles.

Au cours de l'été 1774, ils s'installèrent dans une nouvelle maison offrant plus de place pour les ateliers et disposant d'un endroit sur le toit pouvant être utilisé comme observatoire. C'est là que fut installé un télescope de 6 mètres utilisant des miroirs de 2 et 3 mètres de distance focale et pour lequel un miroir de 3,5 mètres fut également fabriqué.

Aujourd'hui, les unités de mesure des instruments de Herschel sont toujours acceptées : à un télescope de 2 mètres correspond une distance focale de 2,27 mètres et un diamètre du miroir de 12-16 centimètres.⁶

En hommage aux travaux de pionnier entrepris par William Herschel afin de construire des miroirs de plus

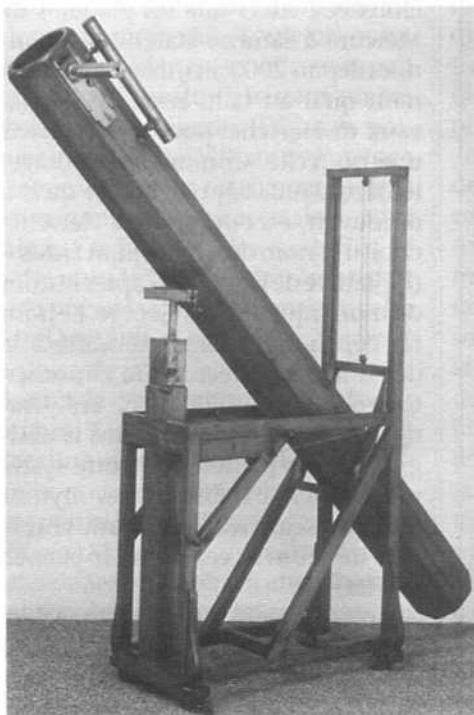
en plus grands — sans parler des efforts inimaginables pour les polir à la main — on baptisa plus tard du nom de *Telescopium Herschelii* une constellation évoquant son télescope de 2 mètres.⁷

Observations sur Saturne

Pendant longtemps, on décrit Saturne et ses anneaux comme une sorte de « casserole à anses » car les tout premiers télescopes nous renvoyaient une image plutôt floue. C'est Christiaan Huygens qui émit le premier l'hypothèse de l'existence d'un anneau, idée qui fut confirmée plus tard grâce à des télescopes plus perfectionnés. Herschel était lui aussi fasciné par cette planète exceptionnelle. Dès 1774, il entreprit l'observation de Saturne à l'aide de son nouveau télescope. Il écrit : « *Il n'existe dans tout le ciel aucun objet, mise à part la planète Saturne, qui puisse nous offrir une telle diversité de phénomènes extraordinaires.* »

Basant son calcul sur un total de 154 rotations, Herschel détermina la période de rotation de Saturne à 10 heures 16 minutes (des recherches ultérieures l'établiront exactement à 10 heures 14 minutes). Cette rotation rapide implique un fort aplatissement de la planète à ses pôles, et Herschel supposa que Saturne n'était pas entièrement sphérique mais quelque peu comparable à un rectangle avec des angles fortement arrondis. Sur les télescopes actuels, Saturne apparaît comme un parfait ellipsoïde en rotation. Herschel portera son attention sur chaque phénomène de Saturne, y compris la densité et autres caractéristiques des anneaux, leurs irrégularités ainsi que leurs taches.

Même plus tard, Herschel conti-



Le télescope de Herschel de 2 mètres de longueur. L'objectif est constitué par un grand miroir concave. Herschel confectionnait lui-même ses réflecteurs. Ceux-ci étaient constitués d'un alliage de cuivre, d'argent et d'étain. Le travail le plus délicat était le polissage. A cette fin, Herschel utilisait des « coussinets » métalliques couverts de poix. Plus tard, on baptisa du nom de « Telescopium Herschelii » une constellation évoquant ce télescope-ci.

nuera à observer Saturne. Ses travaux les plus importants en la matière furent la découverte d'une sixième puis d'une septième lune à Saturne : Enceladus et Mimas. Il s'agit d'objets pâles, de magnitude comprise entre 11,6 et 12, en majeure partie submergés par la forte luminosité dégagée par Saturne et visibles uniquement à plus grande distance angulaire et sur de grands instruments.

Cette découverte fut rendue possible une fois que Herschel, après deux échecs, parvint finalement à couler la vitre du miroir destinée au télescope de 12 mètres, le 16 février 1788. Avec 9 cm d'épaisseur et une ouverture de 1,2 mètre, le miroir pesait 100 kg. Le biseautage et le polissage nécessitèrent vingt-quatre travailleurs se relayant jour et nuit. Malgré cet effort, trop d'irrégularités persistaient et Herschel dut donc recourir à la construction d'une machine à polir. Ce n'est qu'ensuite qu'il put diriger son télescope géant vers le ciel et découvrir immédiatement Enceladus le 28 août 1789, et Mimas le 17 septembre.

Après avoir observé Sirius au télescope de 12 mètres, l'un des nombreux visiteurs écrivit à ce sujet : « Lorsque l'étoile Sirius pénétra dans le champ de vision, l'œil était tellement ébloui que l'on ne pouvait plus percevoir toutes les étoiles plus faibles. Il fallut vingt minutes avant qu'elles redevenaient visibles. »

La découverte d'Uranus

En 1775, Herschel procéda pour la première fois à un examen détaillé du ciel par lequel il catalogua toutes les étoiles de magnitude inférieure à 4. Après avoir emménagé dans une maison encore plus grande en 1779, il entreprit un deuxième examen du ciel au cours duquel il enregistra toutes les étoiles de magnitude inférieure à 8. Là, il fait part d'une découverte particulière :

« Mardi 13 mars entre 10 heures et 11 heures du soir, alors que j'examinais les petites étoiles aux environs de H Geminorum [étoile H de la constellation des Gémeaux], j'ai distingué une étoile qui semblait visiblement plus grande que les autres. Surpris par sa brillance inhabituelle, je l'ai comparée à H Geminorum et la petite étoile située dans le rectangle entre le Chariot et les Gémeaux. L'ayant trouvée beaucoup plus grande que les deux, j'ai présumé qu'il s'agissait d'une comète. »

Toutefois, il s'avéra rapidement que cet objet ne possédait pas les propriétés d'une comète, étant donné qu'elle n'avait ni queue ni même l'aspect diffus dû au nuage gazeux entourant le noyau. L'extrême précision des observations de Herschel et l'efficacité des télescopes construits par ses soins (déjà avec son modèle de 2 mètres, il avait obtenu un grossissement de 227 fois), rendirent possible

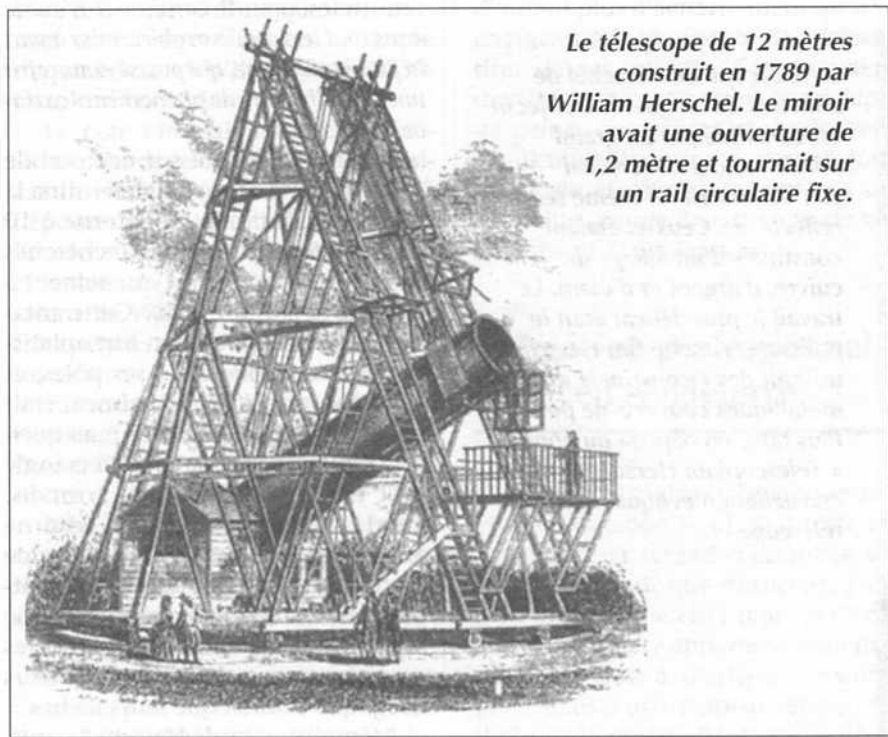
cette découverte qui, plus tard, se révélera être une planète. Charles Messier, le directeur de l'Observatoire de Paris, surnommé « le chasseur de comètes » (il a découvert en tout vingt-et-une comètes), lui écrivit avec reconnaissance :

« Cette comète m'étonne de plus en plus. Elle ne présente aucune des propriétés propres à une comète et elle ne rappelle aucune de celles que j'avais observées (...). Par un courrier de Londres, j'apprends que nous devons vous remercier, Monsieur, pour cette découverte. C'est d'autant plus d'honneurs qui vous sont dus que la localisation de cet objet est particulièrement difficile. J'ai du mal à saisir comment vous êtes parvenu à trouver cette étoile — ou comète — plusieurs fois à la suite, alors que cela est absolument nécessaire afin d'identifier son propre mouvement, étant donné qu'elle ne présente aucun aspect d'une comète. (...) »

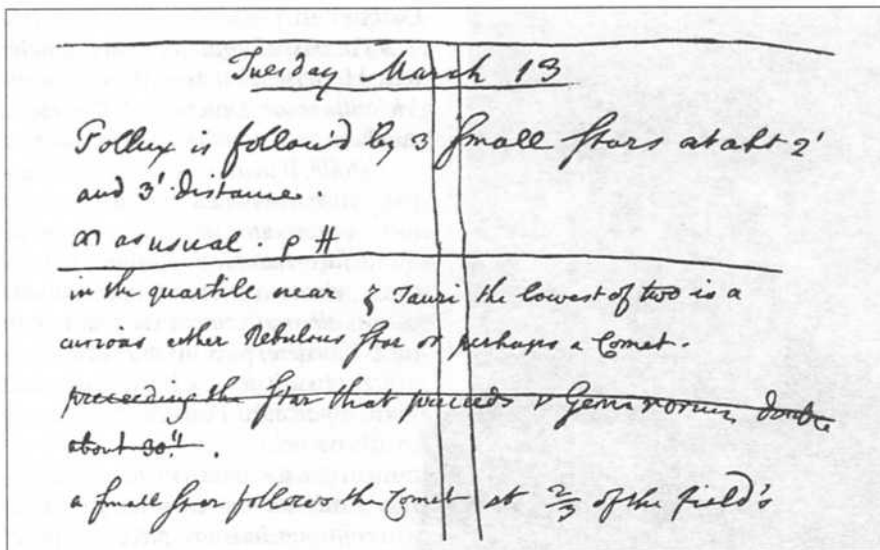
Le va-et-vient du mystérieux objet conduisit les astronomes à soupçonner qu'ils étaient en présence d'une planète appartenant à notre système solaire. Les premiers calculs orbitaux entrepris par Anders Lexell en juin 1781, qui présupposaient une orbite circulaire, donnèrent un rayon 18,928 fois plus grand que celui de la Terre et une période de rotation de 82 ans et 4 mois.

La nouvelle découverte prouva donc la présence d'une planète au-delà de Saturne, confirmant ainsi l'hypothèse de Johannes Kepler qui prévoyait l'existence de planètes plus éloignées. Alors que les planètes de Mercure à Saturne étaient déjà connues depuis 2000 ans, il est assez étonnant qu'il ait fallu attendre les travaux de Herschel pour en découvrir une nouvelle. Comme c'est l'usage, le découvreur baptise l'objet qu'il a découvert, en l'occurrence Herschel choisit le nom de « Georgium Sidus » (la planète de George), d'après le nom du monarque anglais George. Le nom fut cependant bientôt modifié à la demande du directeur de l'observatoire de Berlin, Johann Bode, en « Uranus », afin de respecter, dans la désignation des planètes de notre système solaire, la tradition des mythes grecques selon lesquels Uranus fut le père de Saturne, ce dernier le père de Jupiter, etc.

En 1787, Herschel découvrit également deux lunes d'Uranus, Titania et Obéron, et fixa très précisément leurs périodes orbitales respectivement à



Le télescope de 12 mètres construit en 1789 par William Herschel. Le miroir avait une ouverture de 1,2 mètre et tournait sur un rail circulaire fixe.



Page du journal de William Herschel sur laquelle il nota sa première vision d'Uranus, l'identifiant dans un premier temps comme pouvant être une comète. Il écrit le mardi 13 mars 1781 : « (...) près de ζ Tauri le plus bas des deux est une curieuse étoile nébuleuse ou peut-être une comète. Une petite étoile suit la comète aux 2/3 de la distance du champ ». Les lignes verticales indiquent qu'il a retranscrit ses notes.

8 jrs, 17 h, 1 min., et 13 jrs, 11 h, 5 min. Grâce à la découverte de cette nouvelle planète, le diamètre de notre système solaire doubla quasiment !

Toutefois, durant cette année-là, la musique restait l'occupation principale de William et de Caroline. L'observation du ciel et le biseutage du miroir s'effectuaient durant les temps libres et, en particulier, la nuit, si bien que Caroline rapporta qu'elle se voyait souvent obligée de lui porter littéralement la nourriture à la bouche pendant qu'il travaillait, afin de « le maintenir en vie ». Toutefois, outre les travaux ménagers, elle occupait également le poste d'assistante de ses observations célestes. Dès son premier jour à Bath, William commença à lui enseigner les mathématiques et les connaissances nécessaires pour calculer la position des étoiles.

De plus, William était très satisfait de la voix de sa sœur si bien que cette dernière se vit attribuer avec le temps le poste de première soprano à Bath. Durant la préparation des oratorios Lenten, il incombait fréquemment à Caroline d'écrire les parties orchestrales pour environ cent musiciens, des partitions du *Messie* de Haendel et *Judas Maccabeus*, ou les parties vocales de *Samson*, tout en entraînant la section des soprani. Ensuite, il y eut des répétitions pour des concerts et offices religieux réguliers le dimanche.

La rançon de la gloire

Les observations célestes de Herschel ont provoqué une certaine effervescence dans toute l'Angleterre, et en particulier au sein de la Société royale de Londres, dont l'un des membres, Sir William Watson, offrit à Herschel de faire partie de la Société Philosophique de Bath. Les thèmes des conférences tenues par Herschel — optique, gravitation, électricité, matière, l'existence de l'espace ainsi que « liberté et nécessité » —, montrent que dans son activité scientifique, il s'efforça de défendre les idées philosophiques les plus élevées.

En 1781, Herschel fut élu membre de la Société royale et, en novembre, celle-ci lui octroya sa Médaille d'or. Au début de l'année suivante, il fut invité à la cour de Londres où il fit une démonstration d'utilisation de son télescope en présence du roi et de la reine. De plus, le roi était désireux de s'entretenir sur l'astronomie avec lui, si bien que Herschel passa de précieuses semaines à Londres qu'il aurait préféré consacrer à ses observations. Dans des lettres adressées à sa sœur, il écrit en mai et juin 1782 :

« (...) En ce qui concerne mon séjour ici, il vaut mieux ne rien dire, si ce n'est que je dois rester jusqu'à ce que Sa Majesté ait fini de contempler les planètes à l'aide de mon télescope. (...) Je

passe assez agréablement mon temps entre Greenwich et Londres mais il me tarde de travailler comme je l'aime. La Société n'est pas toujours plaisante et souvent je préférerais polir un miroir ».

Au sujet de la qualité supérieure de ses instruments, il écrit :

« Au cours des deux dernières nuits, j'ai observé les étoiles en compagnie du Dr. Maskelyne [Directeur de l'Observatoire royal de Greenwich] et de M. Aubert. Nous avons comparé nos instruments et le mien s'avéra être de loin le meilleur comparé à tous ceux de l'Observatoire royal. J'eus le plaisir de leur montrer très distinctement une étoile double qu'ils n'avaient pas vue avec leurs télescopes, et mon mécanisme obtint un tel effet que le Dr. Maskelyne m'en a déjà commandé un modèle ainsi qu'un affût qu'il utilisera pour son réflecteur. En effet, il est maintenant tellement peu satisfait de son instrument qu'il commence à se demander si ce dernier mérite ou non un tel affût (...).

« Parmi les opticiens et les astronomes, il n'est actuellement question que de mes soi-disant grandes découvertes. Malheureusement, cela montre à quel point ils sont en retard lorsqu'ils qualifient de grand les brouilles que j'ai vues et réalisées. Laissez-moi donc commencer sérieusement ! Je compte vous construire des télescopes et découvrir des choses — c'est-à-dire que j'entends m'efforcer à le faire. »

Herschel commença à se plaindre de plus en plus souvent de son oisiveté forcée et de sa stérile vie de cour. Un soir, par exemple, il devait montrer son télescope aux princesses, mais celles-ci lui demandèrent s'il était possible de le faire sans se salir les pieds sur le gazon humide. Herschel exauça leur souhait. Il fabriqua une planète Saturne en carton et la fixa sur un mur éclairé dans le jardin. Ensuite, depuis le salon, il dirigea le télescope vers le mur et l'illusion fut si parfaite qu'elle aurait même pu tromper un expert.

Bientôt, le roi voulut avoir Herschel à son entière disposition. Alors qu'il réfléchissait déjà à l'idée de se consacrer entièrement à l'astronomie, Herschel accepta de devenir l'astronome de la cour, moyennant une rente annuelle de 200 livres. Caroline se souvint que Sir William Watson, le seul à qui son frère mentionna la somme, s'écria : « Jamais un roi ne s'est payé un tel honneur à si faible prix ! »

Herschel s'imaginait que, de cette

façon, il aurait plus de temps pour ses propres recherches. Pourtant, Caroline écrivit plus tard dans ses mémoires que beaucoup d'efforts durent être investis pour les démonstrations du télescope à la cour et pour la fabrication de télescopes commandés par d'autres maisons royales. L'argent n'était souvent pas versé et les ministres intrigants maintenaient le faible roi sous leur contrôle.

En juin 1782, une maison avec jardin et une pelouse adjacente, parfaitement propice à un lieu d'observation, fut louée à Datchet près de Londres et le déménagement de Bath commença.

Caroline se lance dans l'astronomie

Caroline regretta quelque peu de quitter le monde musical de Bath, mais elle était décidée à rester aux côtés de son frère : en effet, avec le temps, elle s'était aussi prise de passion pour l'astronomie. Elle démontra ses capacités dans ce domaine en réalisant ses propres observations durant ses temps libres. Elle observa au total huit comètes dont cinq furent découvertes par elle. Caroline écrit :

« Un effort fut accompli pour me former comme assistante astronome. Afin de m'encourager, on me donna un instrument conçu pour observer les comètes, un tube avec deux verres, comme ce qu'on utilise habituellement à cet effet. Je commençai à rechercher les comètes et, d'après mon journal, c'est le 20 août 1782 que j'entrepris de noter et de décrire tous les phénomènes présentant un intérêt, que je rencontrais lors de mes observations dans la direction horizontale. Mais ce fut durant les deux derniers mois de cette même année, pour la première fois, que je réussis à trouver plus de courage pour passer mes nuits étoilées sur un gazon trempé de rosée ou couvert de gel, sans âme qui vive assez proche pour m'entendre si j'appelais. »

Elle disposait maintenant d'occasions plus fréquentes pour cette activité car, parmi les devoirs d'un astronome royal, il lui incombait souvent de se rendre le soir dans les appartements de la reine pour montrer au roi



Caroline Lucretia Herschel (1750-1848). Elle fut une assistante précieuse pour son frère et démontra ses excellentes compétences en la matière grâce aux nombreuses observations qu'elle fit, en particulier de comètes.

et à d'autres des objets visibles au télescope. Le télescope devait être remballé à grand frais et au risque d'endommagement, pour être ensuite transporté le soir pour de nouvelles observations.

Entre-temps, Caroline calculait la position des étoiles suite aux dernières observations, réactualisant ainsi le catalogue astral de John Flamsteed, considéré par certains comme la « carte d'excursions » destinée aux promeneurs du ciel. Elle passa bon nombre de nuits à copier des catalogues astraux, des tableaux et autres écrits :

« (...) cela me tenait éveillée pendant que mon frère était au télescope. En cas de besoin pour une mesure au micromètre, un feu à allumer ou une tasse de café durant les longues gardes nocturnes, je faisais avec plaisir ce que d'autres auraient considéré comme un fardeau. (...) »

Une description intéressante est également faite par un visiteur de

Datchet en 1785 :

« J'ai passé la nuit du 6 au 7 janvier avec M. Herschel, près de Windsor dans le village de Datchet, et j'ai eu la chance de trouver un ciel clair et étoilé. Il avait mis son grand télescope newtonien de 6 mètres à ciel ouvert dans son jardin, équipé de façon simple et pratique. Un serviteur actionnait une manette alternativement en avant et en arrière, puis un marteau retentissait dès que le télescope avait parcouru l'espace d'un champ visuel.

« Ce mouvement est transmis au moyen d'un fil de fer jusque dans une pièce voisine, et dirige l'aiguille sur un disque dont les divisions sont calculées dans un tableau en fonction des différents angles d'élévation du télescope.

A côté de cet instrument, se tenait une horloge pendulaire fonctionnant en temps sidéral et qui donnait la bonne ascension [au télescope]. Dans cette pièce était assise la sœur de M. Herschel avec les tables célestes de Flamsteed en face d'elle. Quand il donnait un signal, elle notait la déclinaison ainsi que la bonne ascension dans un journal, et enregistrait les autres circonstances de l'événement.

« De cette manière, M. Herschel étudia le ciel tout entier, sans en négliger la moindre partie. Il établit comme règle de faire ses observations avec un agrandissement de cent cinquante fois, et s'assure qu'après quatre ou cinq ans il aura examiné toute chose présente au-dessus de notre horizon. Il m'a montré le livre dans lequel ses observations datées étaient enregistrées, et j'ai été évidemment étonné de l'étendue de ce qu'il avait déjà étudié dans le ciel (...). Il avait déjà trouvé environ 900 étoiles doubles et à peu près autant de nébuleuses. Je fis un somme d'une heure après minuit. A ce moment-là de la nuit, il avait déjà découvert quatre ou cinq nébuleuses.

« Le thermomètre dans le jardin indiquait 13°F [-10°C] mais, insouciant de cela, M. Herschel fit ses observations toute la nuit durant, excepté quelques minutes toutes les trois ou quatre heures, où il se retirait pour aller et venir dans la pièce mentionnée plus haut. Sa sœur est, comme lui, exceptionnellement éprise d'astronomie et possède des connaissances assez considérables sur les calculs, etc.

« Depuis des années, M. Herschel n'a laissé échapper aucune heure pour observer le ciel, si le temps le permettait, et

cela toujours en plein air. (...) Il s'efforce toutefois de se protéger du temps froid et humide avec des vêtements appropriés. Il possède heureusement une santé très résistante et ne pense à rien d'autre qu'aux sujets célestes. »

De nombreuses commandes arrivèrent bientôt pour la construction de télescopes, provenant surtout des cours princières européennes. Caroline commenta avec colère que ce travail faisait subir un « grand dommage » à William et à sa mission. Avec l'aide d'Alexander et de divers travailleurs venant des environs, William et Caroline construisirent deux cents miroirs de 2 mètres, cent cinquante de 3 mètres et environ quatre-vingts avec 6 mètres de distance focale, destinés, entre autres, au tsar de Russie, au kaiser autrichien, au duc de Toscane, au roi d'Espagne, ainsi qu'à Johann Bode, à Berlin, et l'université de Göttingen.

A cette époque, la construction de miroirs de télescope était une entreprise extrêmement difficile, à commencer par l'acquisition du matériel pour le miroir, constitué entièrement de métal car on ne connaissait aucun procédé pour étamer la surface d'une glace. Les volumes du protocole de Herschel contiennent 2160 tests d'alliages compliqués de cuivre et de zinc ; le dernier eut lieu le 5 décembre 1818, alors que William avait 80 ans.

Le père de l'astronomie stellaire

Herschel est appelé à juste titre « le père de l'astronomie stellaire ». Il affirma un jour, parlant de son travail, qu'« *atteindre la connaissance de l'architecture des cieux a toujours été le plus élevé de mes observations* ».

Toutes ses recherches — observation des étoiles doubles, étude sur les étoiles variables, registres des magnitudes célestes, répertoires de nébuleuses ou ses calibres d'étoiles — avaient pour but de comprendre et d'enregistrer méthodiquement les innombrables phénomènes dont il était témoin. C'est ainsi, sur la base d'un matériel d'observation le plus large possible, qu'il voulait arriver à des preuves valides sur la nature des étoiles et la façon dont l'univers est construit. Dans son exploration des étoiles doubles, Herschel pensait que



toutes les étoiles possédaient la même luminosité, de sorte que celles qui nous apparaissaient les plus brillantes étaient plus proches de nous et les plus pâles étaient les plus éloignées. Donc, si deux étoiles semblaient être proches l'une de l'autre, elles pouvaient en réalité être très éloignées du fait de leur luminosité différente. Plus les étoiles sont éloignées, plus il est facile de mesurer la parallaxe annuelle de l'étoile la plus lumineuse par rapport à la plus faible. En 1782, apparut le premier « catalogue des étoiles doubles » de Herschel, avec 269 paires d'étoiles. Il publia en tout trois répertoires présentant 848 étoiles doubles qu'il avait observées et, pour la plupart, découvertes lui-même.

En examinant à fond ses mesures, Herschel constata que la plupart de ces paires d'étoiles étaient en fait des systèmes physiques dans lesquels les étoiles gravitaient l'une autour de l'autre. Son fils John découvrit plus tard 1202 systèmes doubles quand il entreprit la recherche systématique dans le ciel austral.

En 1800, Herschel commença à s'intéresser aux planètes mineures entre Mars et Jupiter. La nuit du 1er janvier 1801, Giuseppe Piazzi avait

Herschel adopta une approche morphologique, bien que nombreux étaient ceux qui pensaient tout simplement énumération des objets. Ici sont représentés quelques-uns de ses croquis des types de nébuleuses, qui servirent à illustrer son rapport « Observations astronomiques concernant la construction des cieux ».

trouvé la première, Cérès. Le physicien et astronome Heinrich Olbers découvrit la seconde, Pallas, en 1802, Karl Harding découvrit Junon en 1804, et Olbers trouva Vesta en 1807. Aujourd'hui, on a recensé plus de 1500 de ces planètes miniatures. Herschel les appela astéroïdes à cause de leur apparence similaire aux étoiles. Il détermina leur diamètre à l'aide d'un micromètre, un petit disque en carton translucide, illuminé, placé assez loin du télescope, de façon à ce que les diamètres apparents du disque et du planétoïde correspondent précisément lorsque le disque le recouvre.

Toutefois, le micromètre de Herschel ne permettait pas de mesurer de si petits diamètres, de sorte qu'il ne put qu'en faire une estimation : 260 km pour Cérès et 235 km pour Pallas. Aujourd'hui, les mesures sont de 390 km pour Cérès et 245 km pour Pallas. Concernant la nature de ces planétoïdes, Herschel écrivit un jour au poète Thomas Campbell qu'elles étaient les vestiges d'une grande planète détruite par une catastrophe cosmique : « *Considérez que si quatre de ces fragments ont maintenant été découverts, 1000, peut-être 30.000, de plus peuvent encore être découverts.* »

Cette preuve confirma l'hypothèse de Kepler. En effet, selon les lois de l'harmonie, Kepler pensait qu'une planète devait exister entre Mars et Jupiter. Cependant, Herschel alla plus loin que Kepler. Il découvrit que le Soleil était en mouvement par rapport aux autres étoiles et ne pouvait donc être placé au centre de l'univers.

Le mouvement du Soleil

Il était difficile de rendre compatible l'existence des systèmes d'étoiles doubles avec la conception selon laquelle le Soleil (ou même la Terre, comme certains le croient encore), se situerait au centre de l'univers. Comme il répertoriait les corps célestes, Herschel identifia des changements dans la position de différentes étoiles et, à partir de là, soupçonna « *que très probablement chaque étoile se propulse elle-même dans le ciel avec plus ou moins de rapidité* ». Puisque le Soleil, lui aussi, devait être considéré comme une étoile, il devrait avoir son propre mouvement également.

Dans son traité *Sur le mouvement du Soleil et le système solaire* (1783), Herschel décrit le double processus de mouvement extrêmement compliqué qui est vu par l'observateur : d'abord, le mouvement apparent dû au déplacement du système solaire (*motus parallacticus*), qu'on appelle aussi la parallaxe séculaire ou systématique des étoiles ; ensuite, le mouvement propre des étoiles (*motus peculiaris*).

Il était tout à fait conscient de la grande difficulté que cette question soulevait, car tout ce que l'observation directe pourrait atteindre était seulement la résultante de ces deux types de mouvement. Herschel résolut le problème en présentant l'hypothèse selon laquelle les mouvements des étoiles dans l'espace s'annuleraient entre eux, du point de vue de n'importe quel observateur donné. Ceci étant considéré, seul le mouvement apparent — c'est-à-dire le mouvement systématique produit par le déplacement du Soleil parmi les étoiles — deviendrait manifeste.

C'est similaire à l'expérience visuelle lors d'une balade à travers les bois : les arbres du devant semblent s'éloigner à mesure que le promeneur avance vers eux, tandis que ceux

des côtés semblent bouger eux même dans une direction opposée à celle du promeneur, les plus proches apparaissant s'éloigner plus vite que les plus lointains. De nos jours, ces questions peuvent être examinées à l'aide de la spectroscopie et de l'effet Doppler, mais, à l'époque de Herschel, elles restaient très difficiles à résoudre, étant donné que la distance réelle de la Terre à n'importe quelle étoile était encore inconnue. L'hypothèse de Herschel représenta ainsi la première initiative permettant de produire une base solide pour des résultats d'observation, au-delà des diverses notions spéculatives de son époque, afin d'aboutir à une étude scientifique du ciel.

Dans les années 1784 et 1785, Herschel commença à examiner la structure de la Voie Lactée avec sa méthode des calibres d'étoile. Au XVIIIème siècle, après des observations astronomiques poussées, l'idée réapparut selon laquelle la Voie Lactée avait la forme d'un ellipsoïde aplati, et de nouveaux travaux théoriques reprenant cette idée furent présentés, comme ceux de Thomas Wright (1750) et Johann Heinrich Lambert (1761). Néanmoins, William Herschel fut le premier à chercher à placer cette théorie dans le cadre de l'observation, grâce à son étude systématique des étoiles.

Amas d'étoiles : les laboratoires de l'univers

Examinant un ensemble de 103 nébuleuses et amas d'étoiles qui figurèrent dans la *Connaissance des Temps* de 1783-1784, Herschel fit une série de découvertes qui, de son point de vue, demandaient « *un regard entièrement nouveau sur la structure du ciel* ».

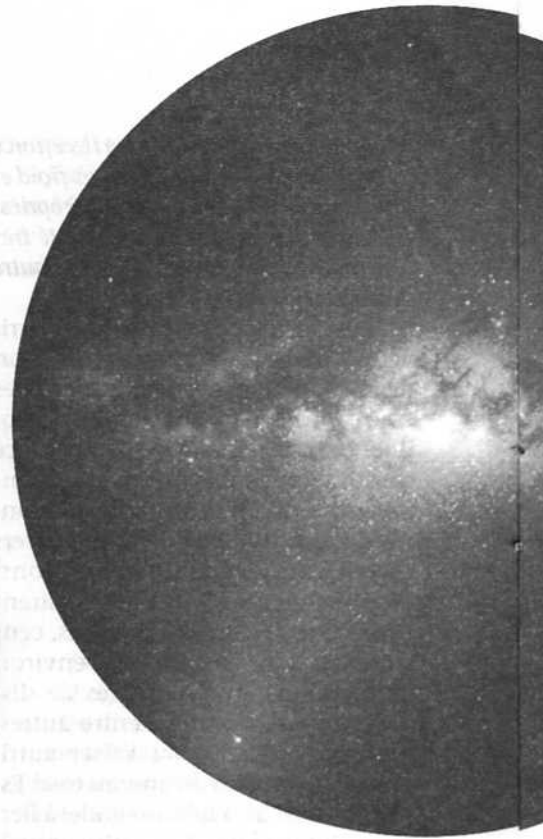
Les deux grands astronomes français, Charles Messier et Pierre-François Méchain, avaient observé ces objets. Néanmoins, Herschel trouva nombre de leurs descriptions superficielles et pour une part imprécises. Les deux avaient présumé que les nébuleuses étaient constituées d'une fine matière lumineuse et ne pouvaient donc être réduites à des étoiles. Toutefois, avec son télescope, Herschel put distinguer les étoiles individuelles qui formaient de nombreuses nébuleuses et, en faisant cela,

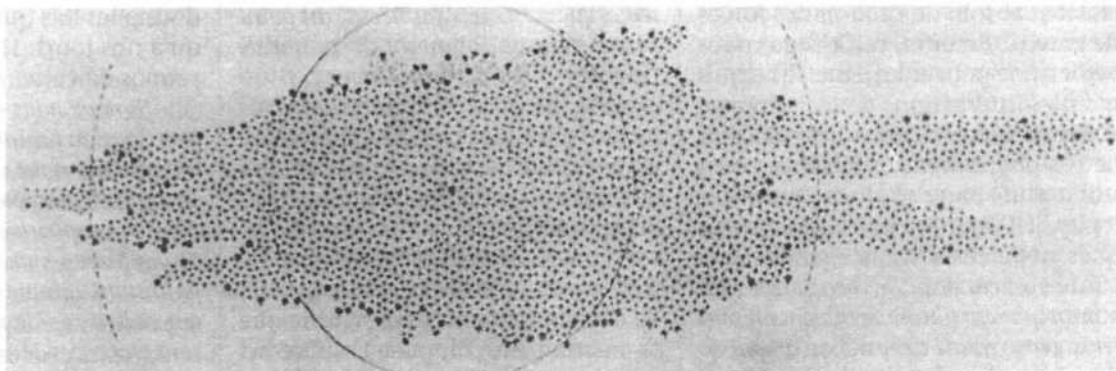
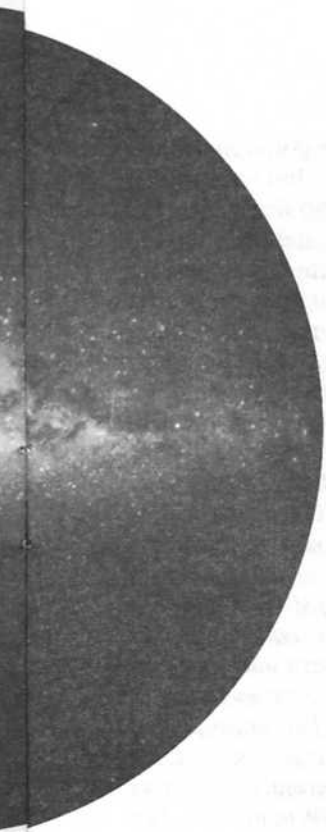
découvrir les systèmes les plus merveilleux. En 1784, il avait déjà trouvé 466 nouvelles nébuleuses et amas d'étoiles, et était de plus en plus enthousiasmé par leurs superbes formations et la grande multiplicité de leurs formes. Il décrit par exemple une découverte de cette façon :

« *Ma 170ème observation indique : un amas d'étoiles très dense ; l'un des plus beaux objets que je me souviens avoir vu dans le ciel. L'amas avait la forme d'une sphère de petites étoiles, totalement comprimées en une source d'une brillance singulière, avec autour d'elle un grand nombre d'étoiles détachées qui étaient clairement différenciables de la masse centrale* ».

Il considéra bientôt que les nébuleuses et amas d'étoiles étaient tous ordonnés en couches qui semblaient continuer jusque dans le lointain au-delà et « *qui pouvaient entourer toute la sphère apparente des cieux, contrairement à la Voie Lactée qui n'est sans aucun doute rien d'autre qu'une couche d'étoiles fixes. Et comme cet immense lit étoilé n'est pas d'une largeur ni d'un éclat égal de toutes parts, qu'il ne se poursuit pas dans une direction droite, mais est courbe et même divisé en deux rubans le long d'une portion considérable ; nous pouvons nous attendre à la plus grande diversité dans les couches des nébuleuses et amas d'étoiles* ».⁸

Jusqu'à cette époque, les astronomes avaient seulement catalogué les nébuleuses exactement comme ils le faisaient des étoiles et comètes, sans





A gauche, photo de la Voie Lactée en décembre 1986. Le dessin ci-dessus représente le plan de la Voie Lactée comme Herschel l'a déterminé en utilisant sa méthode des calibres d'étoiles. Il supposa que le nombre d'étoiles est à peu près le même par unité de volume d'espace. L'observateur voit à travers le télescope un volume conique qui s'accroît proportionnellement au cube de la distance. Le nombre d'étoiles visualisées sera aussi une fonction du cube de la distance. Herschel pouvait ensuite déduire la distance à la limite de la galaxie dans n'importe quelle direction en comptant les étoiles. Cette méthode conduisit à la conclusion inexacte que le Soleil se trouvait près du centre de la Voie Lactée, (voir le point vers le centre), mais confirma que celle-ci est dominée par un système plan d'étoiles. En 1811, Herschel rejeta sa première hypothèse en disant : « Cette supposée dispersion uniforme doit être abandonnée ».

avoir la moindre idée de ce qu'ils en feraient. L'homme était seulement un spectateur de l'univers, rassemblant des données et restant plus ou moins à la merci des phénomènes naturels. La pensée révolutionnaire de Herschel plaça l'homme au centre de l'univers. Tout comme un homme se promenant, cherchant et examinant les plantes les plus diverses, Herschel s'est promené à travers les systèmes stellaires, dans des étendues

lointaines non explorées auparavant. En 1784, il écrit son *Compte-rendu de quelques observations destinées à étudier la construction de l'univers*. On peut y lire au début :

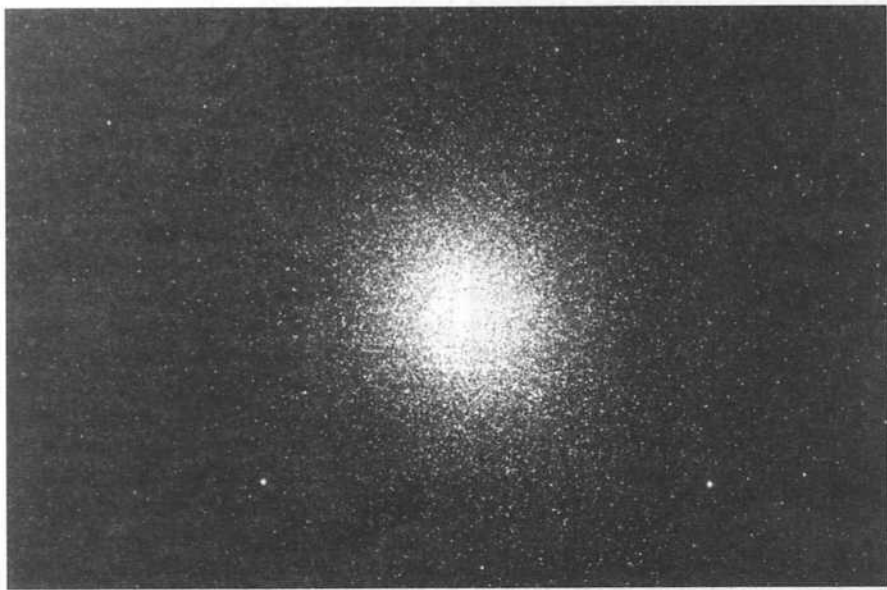
« Par conséquent, dans le futur, nous devrions pencher notre regard sur ces régions dans lesquelles nous pouvons maintenant pénétrer au moyen de télescopes aussi grands, comme un naturaliste regarde une riche superficie de terrain ou de chaîne montagneuse, conte-

nant des couches inclinées et dirigées de façon variée, et constituées de matières différentes ».⁹

Il réfléchit également sur l'image de notre propre système stellaire qui pourrait être reçue d'un point de vue très éloigné dans l'univers :

« Pour un habitant de la nébuleuse décrite dans le catalogue qui suit, notre système stellaire doit apparaître soit comme un petit spot nuageux, soit comme une raie de lumière lactée, ou comme un amas fortement comprimé d'étoiles faibles et difficilement différenciables, ou encore comme un ensemble géant de grandes étoiles disparates de brillances inégales. Et toutes ces apparences seront exactes, selon qu'elles seront distinguées d'une plus ou moins grande distance par rapport à nous ».

Il disait que les amas d'étoiles « peuvent être les laboratoires de l'univers »¹⁰, dans lesquels des étoiles sont détruites par collisions mais où de nouvelles se forment tout aussi bien. Il en arriva à ce concept alors qu'il était en train de chercher à résoudre la question de savoir comment l'univers pouvait exister, étant donné la force de gravitation universelle effective posée en principe par Newton, d'après laquelle, pensait Herschel, tout devrait s'effondrer en un point dense alors qu'il ne voyait aucun signe de cela. De plus, les hypothèses de Herschel sur les nébuleuses montrèrent qu'au vu de l'extrême diversité de leurs formes, il ne pouvait certainement pas concevoir le caractère ex-



William Herschel distingua les étoiles dans un amas globulaire et écrivit : « Un amas très dense d'étoiles ; l'un des plus merveilleux objets que je me souviens avoir vus dans le ciel ». Ici l'amas globulaire Oméga du Centaure (NGC 5139), sans doute l'un des plus massifs de la Galaxie.

clusif et absolu de l'action des forces de gravité. En effet, ces lois du mouvement ne peuvent même pas expliquer les interactions de trois corps.

En ce qui concerne l'explication de ces phénomènes, Herschel poursuivit plutôt une approche morphologique. Il décrivit, par exemple, quelques nébuleuses de la manière suivante : « *Leur position, leur forme tout autant que leur nature, semblent présenter la plus grande diversité qu'on puisse imaginer. Dans une autre couche, ou peut-être dans une branche différente de la première, j'ai vu des nébuleuses doubles et triples, ordonnées de manières variées ; des grandes avec des petites qui semblaient être leurs satellites ; des étroites mais très longues, ou des points brillants ; certaines en forme d'éventail paraissant jaillir en avant depuis un point brillant, ressemblant à une décharge électrique (...).* »

Théorie de la structure de l'univers

Il était naturel que sur la base de ces observations, Herschel dût s'engager dans des réflexions théoriques. Trois de ses écrits des années 1784, 1785 et 1789 concernent la structure de l'univers. Le premier est intitulé *Compte-rendu de quelques observations destinées à étudier la construction de l'univers*, le second *De la construction des cieux*, et le troisième *Catalogue d'un second millier de nouveaux amas d'étoiles et nébuleuses ; avec quelques remarques d'introduction sur la construction des cieux*.

Ces écrits étaient basés sur ses observations systématiques du ciel par les méthodes décrites plus haut, et ils démontrent avec force comment, dans le développement de ses idées, Herschel a procédé selon la tradition de Kepler. Il ne s'est pas laissé aller à des spéculations sur des événements possibles qui auraient pu étayer des structures de pensée préconçue, mais il visa plutôt à pénétrer les lois du développement de la multiplicité des formations stellaires les plus diverses.

Herschel fut aussi le premier à prendre conscience que les distances mesurées avec le télescope avaient aussi une importance temporelle, c'est-à-dire que ses « *conceptions théoriques sur les cieux, comme nous l'avons déjà*

remarqué », sont « *formées d'un point de vue détaché autant du temps que de l'espace* ».

Avec ces réflexions, Herschel révolutionna toute la pensée. Le développement des nébuleuses, qu'il divisa en douze phases, dont chacune comprenait les nébuleuses les plus diverses, situa l'univers et notre système stellaire dans un processus universel de développement. Cela signifie que la création est comprise comme un processus de changement constant qui, toutefois, ne produit ou détruit pas simplement une forme chaotique après l'autre, mais engendre les structures les plus diverses de beauté transcendante.

Il est à souligner que Herschel se pencha toute sa vie durant sur la question de « liberté et nécessité ». Il était familiarisé, depuis sa jeunesse, avec les idées de Gottfried Leibniz et leur opposition totale aux les axiomes newtoniens. Dans sa réflexion sur le développement des systèmes stellaires, Herschel se demanda comment cette multiplicité et cette beauté avaient pu émerger au tout début. Il conclut que cela avait été engendré par la « *génération volontaire d'harmonie et de beauté* », légitimement ancrée dans l'univers.

Kant contre Herschel

La pensée géniale et révolutionnaire de Herschel alarma évidemment les newtoniens. En particulier l'image de la « balade dans l'espace » où des observations distinctes sont répertoriées et expliquées d'après un principe d'ordonnement supérieur, ce qui est complètement opposé au regard newtonien sur le monde, dans lequel tous les événements ne doivent être compris qu'en termes de l'influence directe des forces d'attraction et de répulsion.

En 1808, apparaît une nouvelle édition de l'œuvre de Kant de 1755, intitulée *Histoire naturelle générale et théorie sur les cieux, traitées selon les principes newtoniens*. Kant laissa libre cours à ses idées sur « l'origine de l'univers » (certaines tirées de l'air raréfié et qui, peut-être non accidentellement, ressemblent à la théorie actuelle du Big Bang), de façon à soutenir l'idée de Newton selon laquelle Dieu remonta originellement le monde comme une horloge, et lui

donna les lois qui le gouvernent jusqu'à nos jours. Herschel remarqua à propos de cette façon de pensée :

« *Si nous nous laissons aller à notre imagination fantaisiste et bâtissons des mondes qui nous sont propres, nous ne devons pas nous étonner de notre écartement par rapport à la voie de la vérité et de la nature ; mais ces spéculations disparaîtront comme les vortex cartésiens, qui cèdent rapidement la place dès que sont proposées de meilleures théories* ».¹¹

Mais Herschel n'était pas un simple empiriste. Le passage ci-dessus continue :

« *D'un autre côté, si nous ajoutons observation sur observation, sans tenter d'en tirer non seulement quelques conclusions, mais aussi des vues conjecturales, nous allons à l'encontre du but même qui devrait être la base de toute observation. Je m'efforcerai de garder un juste milieu ; mais s'il m'arrivait d'en dévier, je souhaiterais ne pas tomber dans cette dernière erreur* ».¹²

Son regard sur la pratique de la science naturelle exprime un grand amour de la vérité et de l'honnêteté, qu'il transmet également à son fils John. Dans l'introduction de l'importante œuvre de John, *Traité sur l'astronomie* (1833), cette approche apparaît clairement :

« *En s'engageant dans n'importe quelle recherche scientifique, l'un des premiers efforts de l'étudiant doit être de préparer son esprit à recevoir la vérité en rejetant, ou tout au moins en se libérant de ses attaches, toutes ces notions grossières et adoptées à la légère concernant les objets et relations qu'il va étudier, celles-ci pouvant le gêner ou l'induire en erreur ; et pour prendre confiance, par quelque chose comme un effort et une détermination, pour l'adoption impartiale de toute conclusion qui devra être soutenue par une observation rigoureuse et une argumentation logique, même si elle devait relever d'une nature contraire aux notions qu'il peut avoir créées pour lui-même antérieurement, ou adoptées sans vérification en accordant à d'autres une entière confiance. Un tel effort est en fait le début de cette discipline intellectuelle qui constitue l'un des buts les plus importants de toute science. C'est la première phase d'approche vers cet état de pureté mentale qui seul peut nous disposer à une perception totale et sérieuse de la beauté morale, autant qu'à une adaptation physique. C'est "l'euphrase et la rue" avec lesquelles nous devons "purger notre regard" avant de pouvoir recevoir et contempler tels*

qu'ils sont les traits de la vérité et de la nature ». ¹³

Le poète Friedrich Schiller, tant estimé par la famille Herschel, s'était, lui aussi, exprimé en des termes très critiques à l'égard de la pensée de Kant. Dans ses écrits *Du Pathétique* et *Du Sublime*, Schiller affirma, entre autres, que la seule conception digne de l'homme, est qu'en dépit des forces redoutables, apparemment souvent incalculables et arbitraires de la Nature, on peut trouver une beauté sublime et divine grandeur dans la Création. L'homme est le seul être vivant qui ne suit pas simplement les lois de la Nature, mais peut « intervenir sur elles ». C'est le caractère sublime de l'homme, cherchant à travers l'univers et s'inspirant de ces beautés sans pareilles, qui se trouve à l'opposé de l'étroitesse d'esprit de Kant. Celui-ci, guidé par son simple devoir, regardait en effet avec étonnement les forces puissantes de la Nature, mais tremblait devant son immensité et se lamentait :

« S'il est vrai (...) que Dieu a doté les forces de la Nature d'un pouvoir secret, pour prendre de leur plein gré la forme, à partir du chaos, de la structure complète du monde, est-ce que la compréhension humaine, qui dans les circonstances les plus courantes est si faible, sera capable d'une aussi grande entreprise qu'est la recherche de ces propriétés cachées ? »

La Création devient donc une construction banale, qui suscite l'humilité uniquement par son immense ampleur :

« Les corps célestes sont des masses rondes, qui est la seule forme qu'un corps, dont nous cherchons l'origine, peut avoir. Leur mouvement est également simple et non pas composé. Ils ne sont rien d'autre que la libre continuation d'un mouvement centrifuge antérieur qui, étant donné l'attraction du corps situé au centre, devient circulaire. En outre, l'espace dans lequel ils se meuvent est vide, les intervalles de temps qui les séparent les uns des autres sont d'une grandeur tout à fait exceptionnelle, et tout est établi afin qu'un mouvement non compliqué se produise, et qu'on puisse l'observer distinctement de la façon la plus nette. »

Pour Kant, l'homme est une misérable créature. Il frise l'existentialisme d'aujourd'hui quand il annonce que « face à l'Infini, le grand et le petit sont tous les deux petits ». La philosophie soi-disant idéaliste de Kant —

que toute l'école mécaniste du XIX^{ème} siècle (depuis Hermann Helmholtz jusqu'à Johannes Müller et Emil Du Bois-Reymond), tenta d'égaliser — expliquerait tous les faits de la Nature avec les idées newtoniennes de l'attraction et la répulsion, et cela jusqu'au mouvement d'un asticot ou la formation d'une fleur. Kant souhaitait « que tous les mondes et les ordonnancements aient la même origine : si l'attraction est absolue et universelle, de même la répulsion des éléments [est] à l'œuvre partout ».

Il n'est pas surprenant d'apprendre que Sigmund Freud vient de la

même école de pensée. Son professeur, Ernst Wilhelm von Brücke, était un étudiant de Johannes Müller, qui enseigna aussi à Helmholtz et Du Bois-Reymond. Cela semble pure fantaisie d'expliquer toutes les actions humaines sur la base de l'attraction ou de la répulsion entre individus ; ce moule de pensée pervers est toutefois le résultat de la destruction de l'idée que l'homme se doit non seulement de continuellement mettre en pratique les intentions et desseins du Créateur, mais peut développer la Création vers une encore plus grande harmonie. ■

Notes

1. Traduit par Ad. Regnier, *Cœuvres de Schiller*, 8 Vol., Librairie Hachette, 1859.
2. Traduit par Alain Segonds, *Le secret du monde*, Jean Kepler, Gallimard, 1984.
3. Charles A. Whitney, *The Discovery of Our Galaxy* (New York : Alfred A. Knopf, 1971), p. 89. Whitney s'inspire apparemment des « Mémoires et correspondances de Caroline Herschel », éditées par Mme John Herschel (Londres, 1876).
4. La plupart des citations ont été traduites de l'original anglais. Lorsque c'est le cas, la référence est donnée dans ces notes.
5. Un disque compact de deux concertos pour hautbois de Herschel et sa symphonie n°4 a été produit par Newport Classic (Providence, R.I.), avec le titre « Sir William Herschel, Musique par le père de l'astronomie moderne » (NPD 85612). Les partitions de trois des symphonies de Herschel apparaissent dans *The Symphony 1720-1840*, Séries E, Vol. 3, Ed. Barry S. Brook (New York, 1983).
6. Quand Herschel parle de télescopes d'autant de mètres, il fait seulement référence à la longueur de l'instrument tout entier. Cependant, il semble parfois s'agir de la distance focale. Dans son écrit de 1784, *Compte-rendu de quelques observations destinées à étudier la construction des cieux* (voir note 8, ci-dessous), William Herschel parle de son « ancien réflecteur de 6 mètres et de 30 centimètres d'ouverture ». Mais il parle aussi d'un télescope de 6 mètres de distance focale et 47 centimètres d'ouverture, qu'il vient « juste de terminer », qui semble être celui auquel lui-même et d'autres font régulièrement référence sous l'appellation de « télescope de 6 mètres ».
7. La constellation Telescopium Herschelii (entre Lynx, Auriga et Gemini dans l'hémisphère nord) fut l'une des rares constellations qui devinrent hors d'usage durant le XIX^{ème} siècle.
8. William Herschel, *Account of Some Observations Tending to Investigate the Construction of Heavens* (1784), in « Scientific Papers of Sir William Herschel » (Londres : 1912), Vol. 1, p. 160.
9. Ibid., pp. 157-158.
10. William Herschel, *On the Construction of the Heavens* (1785), in « Scientific Papers of Sir William Herschel » (Londres : 1912), Vol. 1, p. 225.
11. Ibid., p. 223.
12. Ibid.
13. John Herschel, *Treatise on Astronomy*, 1834, p.7.

Pour une lecture approfondie, voir les biographies de William Herschel :

- Michael Hoskin, *William Herschel and the construction of the Heavens* (Londres, 1963) ;

- Jürgen Hamel, *Friedrich William Herschel* (Leipzig : Teubner, 1988), en allemand ;
- Günther Buttmann, *Wilhelm Herschel, Leben und Werk* (Stuttgart : Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1961).

La vie de John Herschel est le sujet du livre *Shadow of the Telescope* de Günther Buttmann (New York, 1970).

On peut également consulter deux compilations des lettres et journaux de Herschel : *The Herschel Chronicle*, édité par Lady Constance Ann Lubbock (New York, 1933) ; *Memoir and Correspondence of Caroline Herschel*, édité par Mme John Herschel (Londres, 1876).

Pour des études plus précises du travail scientifique de William Herschel et de ses écrits philosophiques, voir *The Scientific Papers of Sir William Herschel*, 2 volumes. (Londres : La Société Royale et la Société Royale Astronomique, 1912). Cela inclut une introduction biographique écrite par l'astronome J.L.E. Dreyer.