que cela. Sous Louis XV, on atteignit des grossissemens de 60 à 70 fois, à l'aide desquels on peut apercevoir les satellites ; puis un ouvrier anglais fit présent au roi d'une lunette qui grossissait de 140 à 150 fois. Enfin Herschell annonça un télescope qui pouvait grossir jusqu'à 6 mille fois ; on l'accusa de vouloir en imposer, et il fut *sommé* de prouver la possibilité d'un pareil grossissement ; il répondit à la sommation, et il lut à l'académie royale de Londres un mémoire qui ne laissa plus aucun doute dans les esprits : ainsi, avec le télescope d'Herschell, une montagne qui serait éloignée de 6 mille lieues, pourrait être aperçue comme si elle n'était plus qu'à la distance d'une lieue, c'est-à-dire comme de l'observatoire on aperçoit Montmartre à l'œil nu.

Toutefois, comme la quantité de la lumière qui entre dans le tuyau du télescope dépend de la grandeur de l'objectif, Herschell, pour atteindre son but, dut en faire construire de très larges : son miroir n'avait pas moins de quatre pieds neuf pouces anglais d'ouverture ; mais les larges objectifs ont toujours offert des défauts très graves ; les stries qui se trouvent ordinairement dans le verre brisent les rayons lumineux et altèrent la pureté de l'image ; ce n'est que depuis ces dernières années qu'on est parvenu à faire de grands objectifs sans stries, et aujourd'hui, dans un modeste atelier de la rue Mouffetard, on en fabrique qui ont jusqu'à quinze pouces de diamètre et qui sont sans défaut.

Dans l'image réfléchie d'un télescope, il ne faut pas s'en tenir aux dimensions apparentes ; la lumière qui passe au travers d'une masse très diaphane de *crown* ou de *flint-glass*, qui sont deux espèces de verres de nature différente, ne s'altère pas sensiblement, tandis que la lumière qui est réfléchie par un miroir diminue de moitié ; et comme dans les télescopes on emploie deux miroirs, il s'ensuit que l'intensité de la lumière est réduite au quart ; il faut donc tenir compte de ces différences, et pour les compenser, réduire les images au quart de leur grandeur apparente ; tandis que, dans les lunettes, toute la lumière concourant à la formation de l'image, il n'y a à tenir compte d'aucune diminution d'intensité.

Comme beaucoup d'objets se produisent dans le champ d'une lunette, les observations de visée devenaient par cela même fort difficiles ; comment constater avec précision les moindres déplacemens, en présence de tant de causes d'incertitude ? Aussi, pendant longtemps, ne s'est-on servi des lunettes que pour l'étude de la constitution physique des astres, et nullement pour la détermination de leurs mouvemens angulaires. Pour arriver à ce dernier point, si important pour le progrès l'astronomie, il n'y avait qu'à faire un pas de plus, ajouter simplement des pinules aux lunettes ; mais on est resté longtemps sans y songer, et ce qui doit nous étonner, c'est que Galilée, qui a fait un si grand usage des lunettes, n'ait pas eu lui même cette idée ; tant il est vrai que le progrès dans les sciences ne se fait qu'à pas lents, et qu'il n'est donné à un homme, quel que soit son génie, de n'apporter qu'une pierre au grand édifice. La transformation de la lunette en pinule était réservée à un astronome-géomètre, Huygens, Hollandais, à qui les sciences sont redevables de beaucoup d'autres découvertes.

En effet, qu'est-ce qui empêche d'attacher au tuyau de la lunette des filamens invariables disposés de manière que les moindres changemens dans la position respective des objets puissent être constatés par une suite d'observations comparables ? On songea d'abord à employer le cheveu, mais il est de beaucoup trop épais, et au grossissement il cache tellement les autres objets qu'il devient impossible de les observer. Il en fut de même des fils métalliques les plus fins qu'on put tirer de la filière ; un fil de cocon a des barbes trop grossières encore, et, en grossissant elles donneraient inévitablement lieu à des erreurs immenses ; les fils d'*arraignée* sont hygrométriques et par conséquent leur tension variable selon l'humidité ; on pensait, de plus, qu'ils se brûleraient au foyer de la lunette, ce qui était une erreur ; enfin, ils sont diaphanes et ne peuvent par conséquent pas être aperçus ; il est vrai qu'entre tous les fils d'une araignée, il y en a un, mais *un seul* qui est opaque, c'est celui qui porte la toile ; mais il est aussi hygrométrique, et ne peut par conséquent pas plus servir que les autres de moyen de repère.

Comment empêcher, en effet, toute l'influence de l'humidité entre deux observations, lorsqu'on est souvent obligé de laisser écouler un intervalle de six mois avant de pouvoir les faire et les comparer ? Or, un changement d'un *dixième* dans l'épaisseur du fil donnerait lieu à des erreurs considérables.

Pour sortir de tous ces embarras, on a enfin imaginé de fabriquer des *fils d'araignée*, qui fussent métalliques et inaltérables. La plus petite filière ne pouvant les donner directement, Wollaston eut l'heureuse idée de placer au centre et dans l'axe d'un cylindre de terre réfractaire un fil avec de l'argent fondu ; il obtint ainsi un cylindre d'argent au milieu duquel se trouvait un fil de platine déjà très délié ; dès lors il put tout remettre à la filière, et comme, dans l'allongement, toutes les parties du cylindre étiré diminuent à proportion, il parvint ainsi à obtenir un nouveau fil aussi délié que le premier, mais qui était alors d'argent et de platine, et comme l'argent se dissout dans l'acide nitrique, Wollaston opéra cette dissolution, et il ne lui resta plus qu'un fil de platine excessivement mince et en quelque sorte idéal. (Ici M. Arago tire de sa poche un échantillon de cette espèce de fil *sans dimensions*, et le montre de sa place à ses auditeurs ; malgré cette curieuse exhibition, personne, à coup sûr, ne se croit dispensé de le croire autrement que sur parole.)—On dispose de ces fils au foyer de l'objectif de manière à pouvoir y servir de repère, et ce repère est tellement délié, que, malgré le grossissement de la loupe, il reste encore assez fin pour laisser apercevoir les étoiles. On a ainsi une *pinule télescopique*. Quand on songe à tout le parti qu'on a su en tirer, à toutes les observations délicates, aux déterminations rigoureuses auxquelles les astronômes ont été conduits à l'aide de cette simple modification apportée à la lunette, on ne peut s'empêcher d'admettre que si, comme on l'a dit avec raison, la manière d'observer est le fondement de la science, elle est elle-même une grande science.

Après cet admirable exposé des tâtonnemens, des progrès, des hasards par lesquels il a fallu passer pour arriver à la perfection et à la puissance miraculeuses qu'ont atteintes les instrumens astronomiques, M. Arago a passé à la première partie de son cours proprement dit, à l'étude des *étoiles*.

Avant d'aborder cette partie de son sujet, l'illustre professeur définit, en les traçant sur le tableau, le cercle, la circonférence, le rayon, le diamètre ; il rappelle la division de la circonférence en 360 parties dont chacune est un degré. On a pensé, dit-il, au sujet de cette division qui remonte à une époque très ancienne, qu'elle avait quelque liaison avec le nombre de jours que le soleil met à faire sa révolution annuelle autour de la terre ; d'autres ont cru que ce nom de 360 n'avait été préféré et conservé que parce qu'il offre la possibilité d'un grand nombre de subdivisions en nombres ronds ; c'est, selon M. Arago, vouloir expliquer trop savamment, peut-être, un pareil choix et une pareille constance dans l'usage qu'on en'a fait. Il rappelle les difficultés qu'on éprouve toujours à rompre une longue habitude prise et les efforts inutiles qu'on a faits récemment en France pour faire adopter une autre division du cercle en 400 parties. Enfin il signale l'inconvénient qui résulte de l'emploi du mot *degré* à d'autres désignations, telles que les divisions du thermomètre, etc.

Les anciens astronomes, continue M. Arago, faisaient fréquemment, dans leurs observations, des erreurs d'un degré ; ils ne pouvaient guère observer au delà de cette précision.—Le degré se divise en 60 minutes.—L'astronomie d'Alexandrie, tout en se servant de pinules, n'atteignit pas à son tour la précision des minutes. Avec les repères *modernes*, on est allé jusqu'à la *seconde* qui est la 60e partie de la minute. Puis, on a voulu aller plus loin et arriver à des divisions idéales, à des tierces qui sont des 60es de seconde ; mais personne n'a pu atteindre à des limites aussi reculées ; cependant on va aujourd'hui jusqu'à des dixièmes de seconde.

Lorsqu'on trace plusieurs circonférences autour d'un même centre, ayant par conséquent des rayons différens, dans quelles proportions la grandeur de toutes ces circonférences varie-t-elle avec celle des rayons ? Pour le savoir, on a mesuré anciennement, avec des fils, le contour de plusieurs de ces circonférences, et on a trouvé ainsi expérimentalement qu'elles augmentaient ou diminuaient d'un dixième ou d'un centième dans leur longueur, les circonférences grandissaient ou diminuaient à leur tour précisément dans le même rapport. Ensuite on a cherché une démonstration de ce fait qui fût dégagée de tout procédé mécanique, et on en a fait une proposition dont nous allons tirer un très grand parti. Ainsi, puisque, d'un côté, toutes les circonférences grandes ou petites se divisent en 360 degrés, et de l'autre, qu'elles augmentent ou diminuent dans la même proportion que les rayons, il s'ensuit que, quel que soit le nombre des circonférences concentriques que l'on considère, deux de leurs rayons qui partiront du centre commun, étant prolongés indéfiniment, comprendront *toujours le même nombre de degrés*, mais que les degrés qui appartiendront à une circonférence double seront deux fois plus grands, et ainsi indéfiniment, d'où cette proportion : les *degrés sont entre eux comme les rayons ou les distances aux centres*. Proposition capitale par les résultat assez étonnans auxquels elle a conduit, et avec laquelle nous allons voir comment on mesure la distance des étoiles :

Deux lignes qui se rencontrent forment ce qu'on appelle un *angle*, c'est-à-dire une inclinaison qui est susceptible d'augmentation et de diminution. Quand on veut mesurer un angle, on pose le centre d'un cercle quelconque ou d'une portion de cercle graduée sur le point de rencontre des deux lignes, et le nombre de degrés qui se trouve compris entre les deux lignes mesure la grandeur de l'angle. Si l'ouverture des deux lignes passant sur le cercle gradué comprend un degré de ce cercle, l'angle sera d'un degré, et il sera toujours d'un degré, quelle que soit la longueur qu'on suppose à ses deux côtés, en deçà ou au-delà du cercle qui mesure leur ouverture. L'on conçoit dès lors que si l'artiste est parvenu à graduer, c'est à dire, diviser exactement une petite circonférence en très petites divisions, telles qu'on ne puisse même les distinguer qu'à la loupe, on pourra mesurer avec elle de très petits angles avec autant de précision et d'une manière beaucoup plus commode que si on s'était servi, comme instrument de mesure, d'une grande circonférence afin de rendre les divisions plus sensibles.

Maintenant, que ce soit des portions de circonférences qui déterminent les ouvertures des angles, ou que ce soient des lignes droites, peu importe ; celles-ci, considérées comme tangentes, sont aussi entre elles comme les rayons, et le même rapport ne cesse d'exister. Si donc on veut déterminer la distance d'un objet inaccessible, et qu'en visant cet objet avec le cercle gradué on voit que ses bords sont compris sous un angle, par exemple, d'un degré, on dit alors que cet objet sous-tend un angle d'un degré, et si l'on veut qu'en le visant d'un autre point, il ne sous-tende plus qu'un angle d'un demi ou d'un tiers de degré, il faudra qu'on s'éloigne ou qu'on porte l'objet lui-même à une distance double ou triple ; il faudra, enfin, que la distance soit cent fois plus grande si l'on veut que l'objet sous-tende un angle qui ne soit plus que la centième partie d'un degré. Supposons, par exemple, qu'un ingénieur veuille savoir la distance qui le sépare d'un arbre placé au-delà d'une rivière, qu'il ne peut traverser ; avec deux lunettes à pinules et un cercle gradué, du point où il se trouve, il mesure l'angle que cet arbre sous-tend ; supposons que cet angle soit d'un degré, il s'éloigne en arrière de la première station et s'arrête à une distance telle que l'angle que l'arbre sous-tend alors n'est plus que d'un demi-degré ; eh bien, il en conclut que la distance qui le sépare maintenant de l'arbre est double de la première, et comme il peut alors savoir sans difficulté quel est l'intervalle qu'il a mis entre les stations, il mesure cet intervalle et il a la distance qu'il voulait connaître. Si, au lieu de s'éloigner jusqu'à ce que l'angle fût d'un demi-degré, il ne s'était éloigné qu'autant qu'il l'aurait fallu pour qu'il fût seulement à la *soixantième* partie d'un degré, il n'aurait eu qu'à multiplier par 60 la distance qui aurait séparé la deuxième station de la première, et il aurait eu la distance cherchée ; de sorte que, comme on le voit, par la quantité dont l'angle a varié entre deux observations faites à des distances inégales, on a la *proportion* de la distance réelle de l'objet dont on veut connaître l'éloignement, et que si on peut mesurer l'intervalle qui sépare les deux observations, on en conclura, en mesures connues, cette distance réelle jusque-là inconnue.

Eh bien, tous les problèmes de l'astronomie se réduisent, en définitive, à déterminer les distances d'objets inaccessibles. Appliquons maintenant l'opération aux étoiles : On en vise deux vers le midi ; on trouve que l'angle qu'elles sous-tendent est d'un degré. Celui-ci est divisé en 60 secondes, ce qui porte le nombre des subdivisions du degré à 3,600 secondes. Admettons, pour simplifier, que l'angle sous-tendu soit, en réalité, de 4,000 secondes. Après cette première observation, on se dirige vers le sud et on se rapproche des deux étoiles, par exemple, de 1,000 lieues ; là on mesure de nouveau l'angle qu'elles sous-tendent, et si celui-ci a grandi d'*une* seconde, si au lieu d'être, comme auparavant, de 4,000, cet angle est de 4,001 secondes, il est évident que les 1,000 lieues dont on s'est ainsi rapproché de deux étoiles, sont précisément la 4,000e partie de l'angle mesuré ; donc, d'après la proportion que nous venons d'établir, on peut en conclure que la distance qui nous sépare des deux étoiles est de 4,000 fois 1,000 lieues, ou de 4 millions de lieues. Mais comme, dans le fait, avec un pareil rapprochement de 1,000, lieues, l'angle ne varie pas, il faut en conclure que la distance des étoiles observées est, en réalité, de plus de 4 millions de lieues. On ne doit pas s'étonner de pareils résultats, lorsque les méthodes sont mathématiques.

Supposons encore qu'au lieu de choisir deux étoiles qui ne sous-tendent qu'un angle de 4,000 secondes ou d'un peu plus d'un degré, on en vise deux dont l'angle soit d'environ 10 degrés ou de 40 mille secondes (et cela dépend uniquement de la possibilité d'exactitude qu'on peut apporter dans la visée avec les pinules télescopiques) ; on s'avance encore de 1,000 lieues ; admettons que cet *intervalle soit la quarante millième partie de* la distance qui nous sépare des étoiles observées, alors, en mesurant l'angle de nouveau, je dois avoir 40 mille et une secondes, et en conclure que la distance de ces étoiles est de 40 milles fois 1,000 lieues ou de 40 millions de lieues. Enfin, si je prends pour limite 20 degrés, j'aurai une appréciation d'environ 80 millions de lieues, mais en réalité l'angle ne varie pas plus dans ce cas que dans les autres. Si la terre avait été immobile et le centre de tous les mouvemens planétaires, nous aurions dû nous borner à ces nombres ; mais il sera prouvé qu'elle se meut suivant une courbe telle, qu'en six mois elle se déplace de 76 millions de lieues ; dès lors notre base pour les observations s'agrandit considérablement et pourtant, nous verrons que, pour obtenir la petite variation d'angle, ce déplacement de 76 millions de lieues ne suffit pas.

On voit ainsi combien l'astronomie a de grandeur quand la terre devient une planète ; c'est par des millions de lieues qu'on peut établir ces bases ; néanmoins nous aggrandirons encore beaucoup ces nombres, et par le moyen de nos pinules télescopiques, et par la difficulté que nous possédons d'augmenter considérablement les pouvoirs amplificatifs.

Au milieu du dix-septième siècle, dit en terminant M. Arago, une grande dispute s'éleva parmi les hommes d'esprit et les savans au sujet de la prééminence des anciens sur les modernes ; un des disputeurs se mit à dire : "Il n'y a de neuf que ce qui a été oublié." C'est inexact pour l'astronomie ; les observations télescopiques sont du neuf, et on aura lieu d'être étonné des résultats non moins que des méthodes rigoureuses par lesquelles on les a obtenus.

A. G.

BULLETIN.

Consécration épiscopale.—Bazar.—Encore les Spectacles.

Mgr. de Sydime, accompagné de M. Cazeau Secrétaire du diocèse de Québec, est attendu ce matin à Montréal.—Mgr. de Toronto est attendu avec le R. P. Chazelle, qui vient de visiter le Détroit.