

tion horizontale, après avoir cependant tenu compte des indications du baromètre et du thermomètre, à la manière ordinaire. Toutefois, il importe de reconnaître, pour ne rien exagérer, que ces fâcheuses irrégularités deviennent seulement sensibles dans le voisinage de l'horizon, et disparaissent presque entièrement à 10° ou 15° d'élévation, ce qui fait présumer qu'elles proviennent principalement de l'état éminemment variable de la surface terrestre. Ainsi, la conclusion pratique de cet ensemble de considérations est qu'il faut, autant que possible, éviter d'observer très près de l'horizon, à cause de la trop grande incertitude des réfractions correspondantes, et c'est ce qu'on peut presque toujours faire en astronomie, tandis qu'on n'en a point, au contraire, la faculté dans les opérations géodésiques. Avec une telle précaution, la réfraction, qui est seulement d'une minute à 45° de distance zénithale, de $5'$ ou $6'$ à 80° , et d'environ $34'$ à l'horizon, doit être regardée comme suffisamment connue, dans l'état actuel des mesures angulaires, d'après les tables maintenant usitées, surtout si l'on a soin de préférer, toutes choses d'ailleurs égales, dans chaque observatoire, celles qui y ont été construites. On voit donc que les inextricables difficultés fondamentales du problème des réfractions

astronomiques n'exercent point, à beaucoup près, sur l'imperfection réelle de nos observations ordinaires, autant d'influence effective qu'elles semblent d'abord devoir le faire inévitablement.

Passons maintenant à la considération générale de la théorie des parallaxes, qui est, par sa nature, beaucoup plus facile, et par suite, bien plus satisfaisante.

Les observations célestes faites en des lieux différens ne seraient pas exactement comparables, si on ne les ramenait point sans cesse, par la pensée, à celles qu'on ferait d'un observatoire idéal, situé au centre de la terre, qui est d'ailleurs le véritable centre des mouvemens diurnes apparens. Cette correction, qu'on a nommée la *parallaxe*, est parfaitement analogue à celle que l'on fait journellement dans les opérations géodésiques, sous la dénomination plus rationnelle de *réduction au centre de la station*; et elle suit exactement les mêmes lois, sauf la difficulté d'évaluer les coefficients.

Il est d'abord évident que l'effet de la parallaxe porte directement, comme celui de la réfraction, sur la seule distance zénithale, et consiste, en laissant toujours l'astre dans le même plan vertical, à l'éloigner du zénith, tandis que la réfraction l'en rapproche. Cette nouvelle déviation, qui

aussi n'est rigoureusement nulle qu'au zénith, croît d'ailleurs constamment à mesure que l'astre descend vers l'horizon, ainsi que dans le cas de la réfraction, quoique ce ne soit pas suivant la même loi mathématique. De l'altération fondamentale de la distance au zénith, résultent pareillement aussi des modifications secondaires pour toutes les autres quantités astronomiques, excepté encore à l'égard des seuls azimuths; et qui s'en déduisent absolument de la même manière que dans la théorie des réfractions; en sorte que les mêmes formules trigonométriques servent pour les deux cas, en changeant seulement le signe de la correction et les valeurs des coefficients. Toute la difficulté essentielle se réduit donc également à déterminer la rectification que doit subir la distance zénithale; ce qui, pour être effectué de la manière la plus rationnelle, consiste simplement ici dans un problème élémentaire de trigonométrie rectiligne, au lieu de présenter cet ensemble de profondes recherches physiques et mathématiques qui fera toujours le désespoir des géomètres dans la théorie des réfractions. Il convient, au reste, de noter que cette opposition d'effets assujettis à une marche semblable, a dû contribuer beaucoup à empêcher les astronomes de prendre plus promptement en considération, soit la réfraction, soit

la parallaxe, dont une telle opposition tend à dissimuler, quoique très imparfaitement sans doute, l'influence propre dans les observations effectives.

A l'inspection du triangle rectiligne formé par le centre de la terre, l'observateur et l'astre, il est clair que la loi mathématique de la parallaxe consiste en ce que le sinus de la parallaxe est nécessairement proportionnel à celui de la distance zénithale apparente. La raison constante de ces deux sinus, qui constitue ce qu'on appelle justement la parallaxe horizontale, est évidemment égale au rapport entre le rayon de la terre et la distance de son centre à l'astre; du moins en supposant la terre sphérique, ce qui est pleinement suffisant dans toute cette théorie. D'après ces lois simples et exactes, il est sensible que la parallaxe ne produit point, comme la réfraction, un effet commun sur tous les astres, son influence est, au contraire, fort inégale suivant les astres que l'on considère, et même selon les diverses situations de chacun d'eux. Elle est complètement insensible pour tous ceux qui sont étrangers à notre système solaire, à cause de leur immense éloignement; et elle varie extrêmement, dans l'intérieur de ce système, depuis la parallaxe horizontale d'Uranus, qui ne peut jamais atteindre entière-

ment une demi-seconde, jusqu'à celle de la lune, qui peut quelquefois surpasser un degré. C'est là ce qui établit, dans les calculs astronomiques, une profonde distinction entre la théorie des parallaxes et celle des réfractions.

La détermination rationnelle de tout ce qui concerne les parallaxes repose donc finalement sur l'évaluation des distances des astres à la terre; et en ce sens, cette théorie préliminaire ne fait pas seulement partie, comme celle des réfractions, des méthodes d'observation en astronomie; elle constitue déjà une portion directe de la science proprement dite; et même elle se rattache à l'ensemble de la géométrie céleste, par le besoin qu'elle a de connaître la loi du mouvement de chaque astre, pour prendre facilement en considération les changemens continus de ces distances. Sous ce rapport, nous devons nécessairement renvoyer à la leçon suivante pour l'estimation *à priori* des coefficients propres à la théorie des parallaxes. Mais, quoique ce mode d'évaluation soit, sans aucun doute, le plus sûr et le plus précis, il importe néanmoins de remarquer ici que ces coefficients peuvent être essentiellement déterminés, en éludant la connaissance directe des distances des astres à la terre, par un procédé empirique, analogue à ce-

lui expliqué ci-dessus à l'égard des réfractions.

Il suffit, en effet, après avoir choisi un lieu et un temps tels, que l'astre proposé passe au méridien très près du zénith, de mesurer, pendant quelques jours consécutifs, sa distance polaire, de manière à pouvoir connaître fort approximativement la valeur de cette distance à un instant quelconque de la durée de l'opération. Cela posé, en calculant pour cet instant, d'après l'angle horaire et ses deux côtés, la vraie distance de l'astre au zénith, quand il en est très éloigné, sans cependant qu'il approche trop de l'horizon, à 75° ou 80° , par exemple, la comparaison de cette distance avec celle qu'on observera réellement en ce moment fera évidemment apprécier la parallaxe correspondante, et par suite, la parallaxe horizontale; pourvu toutefois que la distance apparente ait été, préalablement, bien corrigée de la réfraction. Tel est le procédé par lequel on constate le plus aisément que la parallaxe de toutes les étoiles est absolument insensible. Il présente, évidemment, le grave inconvénient de faire immédiatement dépendre la détermination des parallaxes, de celle des réfractions, et de transporter, par conséquent, à la première, toute l'incertitude qui existera toujours plus ou moins pour la seconde. Cette incertitude

a peu d'influence dans une telle application, lorsqu'il s'agit d'un astre dont la parallaxe est très forte, comme la lune surtout. Mais elle devient très sensible à l'égard des astres plus éloignés; et, pour le soleil, par exemple, une telle méthode pourrait produire une erreur d'un tiers ou même de moitié, en plus ou en moins, sur la vraie valeur de sa parallaxe horizontale. Enfin, le procédé deviendrait totalement inapplicable aux corps les plus lointains de notre monde, et non-seulement à Uranus, mais à Saturne, et même à Jupiter. Pour tous ces astres, il devient indispensable de recourir à la détermination directe de leurs distances à la terre, qui seront considérées dans la leçon suivante. J'ai cru, néanmoins, que l'indication générale d'un tel procédé présentait ici un véritable intérêt philosophique, en montrant que, jusqu'à un certain point, les astronomes pouvaient connaître, par des observations faites en un lieu unique, les vraies distances des astres à la terre, au moins comparativement à son rayon; ce qui semble d'abord géométriquement impossible.

Pour avoir un aperçu complet de l'ensemble actuel des moyens d'observation nécessaires en astronomie, je crois devoir enfin y faire rentrer, contrairement aux usages ordinaires, la formation

de ce qu'on appelle un catalogue d'étoiles, c'est-à-dire un tableau mathématique des directions exactes suivant lesquelles nous apercevons les diverses étoiles. Relativement à l'astronomie sidérale, une telle détermination constitue sans doute une connaissance directe et fondamentale; mais, pour notre astronomie solaire, on n'y peut voir réellement qu'un précieux moyen d'observation, qui nous fournit des termes de comparaison, indispensables à l'étude des mouvemens intérieurs de notre monde. Tel est, en effet, depuis Hipparque, l'usage essentiel des catalogues d'étoiles.

Afin de marquer exactement les positions angulaires respectives de tous les astres, les astronomes emploient constamment, d'après Hipparque qui en eut le premier l'idée, deux coordonnées sphériques fort simples, qui ont une parfaite analogie avec nos deux coordonnées géographiques, dont, au reste, Hipparque est également l'inventeur. L'une, analogue à la latitude terrestre, est la *déclinaison* de l'astre, c'est-à-dire sa distance à l'équateur céleste, mesurée sur le grand cercle mené du pôle à l'astre. L'autre, connue sous la dénomination peu heureuse d'*ascension droite*, correspond à notre longitude géographique: elle consiste dans la distance du point où le grand

cercle précédent vient couper l'équateur à un point fixe choisi sur cet équateur, et qui est ordinairement celui de l'équinoxe du printemps pour notre hémisphère. Il faut d'ailleurs, évidemment, afin que la détermination soit rigoureusement complète, noter le signe de chaque coordonnée, ce que les astronomes ont l'habitude de faire en distinguant les déclinaisons en boréales et australes, et les ascensions droites, en orientales et occidentales.

Le moyen le plus simple de mesurer avec précision ces deux coordonnées angulaires à l'égard d'un astre quelconque, consiste à observer son passage au méridien. L'heure exacte de ce passage, donnée par la lunette méridienne et l'horloge astronomique, étant comparée à celle qui correspond au passage du point équinoxial, fait connaître immédiatement l'ascension droite de l'astre, après avoir converti les temps en degrés, suivant la règle ordinaire du mouvement diurne. D'une autre part, la distance de l'astre au zénith, exactement évaluée à l'aide du cercle répétiteur, étant comparée à la hauteur du pôle, donne évidemment la déclinaison par une simple addition ou soustraction. Il est d'ailleurs bien entendu que les indications des deux instrumens doivent être préalablement rectifiées d'après les deux correc-

tions fondamentales de la réfraction et de la parallaxe examinées ci-dessus, qui se réduisent à la première pour les étoiles. Nous considérerons plus tard les autres corrections moins considérables, mais nécessaires aujourd'hui. Tel est le procédé facile et exact d'après lequel on construit tous les catalogues d'étoiles.

Pour que ces catalogues remplissent convenablement l'office auquel ils sont destinés, il importe sans doute qu'ils comprennent le plus grand nombre d'astres possible; mais il est encore plus essentiel que ces astres se trouvent répartis dans toutes les régions du ciel. Du reste, les astronomes sont, à cet égard, à l'abri de tout reproche, par l'excellente habitude qu'ils ont contractée de déterminer, autant qu'ils le peuvent, les coordonnées de chaque nouvelle étoile qu'ils viennent à apercevoir; ce qui a dû finir par rendre nos catalogues nécessairement très volumineux, au point de comprendre aujourd'hui jusqu'à cent vingt mille étoiles, quoique l'hémisphère austral soit encore peu exploré.

Il serait inutile de mentionner spécialement ici le système de classification et de nomenclature que les astronomes emploient pour cette multitude d'astres.

Ce système est sans doute, extrêmement peu

rationnel, surtout en ce qui concerne la nomenclature, qui porte encore si profondément l'empreinte barbare de l'état théologique primitif de l'astronomie. Il ne serait certainement pas difficile de le remplacer, si l'on en éprouvait vivement le besoin, par un système vraiment méthodique. On y rencontrerait, évidemment, bien moins d'obstacles que n'en présentait la formation de la nomenclature chimique, par exemple, les objets à classer et à désigner étant ici de la plus grande simplicité possible, puisque tout se réduit essentiellement à des positions. Mais c'est précisément cette extrême simplicité qui doit empêcher les astronomes d'attacher une importance majeure à un système rationnel, quoiqu'il pût faciliter secondairement leurs observations, en permettant, s'il était heureusement construit, de retrouver plus promptement dans le ciel la position d'une étoile d'après son seul nom méthodique, et réciproquement. Un tel perfectionnement, qui finira, sans doute, par s'établir dans la suite, n'est nullement urgent. Ce qui fait réellement reconnaître et retrouver une étoile, ce n'est pas son nom, qui pourrait presque être totalement supprimé sans inconvénient; ce sont uniquement les valeurs assignées par le catalogue à ses deux coordonnées sphériques; et, sous ce rapport essentiel, la clas-

sification, qui résulte de la division fondamentale du cercle, est certainement aussi parfaite que possible, ainsi que la nomenclature correspondante: tout le reste est de peu d'importance. Je ne crois donc pas devoir proposer ici aucun changement à cet égard dans les usages établis, qui, quelque imparfaits qu'ils soient, ont l'immense avantage d'être universellement adoptés. Je me borne seulement à demander à ce sujet qu'on remplace désormais, ce qui serait très facile, par l'expression exacte de *clarté*, la dénomination vicieuse de *grandeur* appliquée aux étoiles, qui a l'inconvénient de tendre à induire en erreur, en faisant supposer que les étoiles les plus brillantes sont nécessairement les plus grandes; tandis que la proximité compense peut-être, en réalité, la petitesse, dans un grand nombre de cas; ce que nous ignorons totalement jusqu'ici. Le mot *clarté* aurait l'avantage d'être le strict énoncé du fait.

Tels sont, en aperçu, dans leur ensemble total, les divers moyens généraux d'observation propres à l'astronomie, et dont la réunion a été indispensable pour apporter dans les déterminations modernes l'admirable précision qui les distingue maintenant. On peut aisément résumer, sous ce rapport, l'ensemble des progrès depuis l'origine

de la science, d'après ce simple rapprochement : en ce qui concerne les mesures angulaires, par exemple, les anciens observaient à la précision d'un degré tout au plus; Tycho-Brahé parvint le premier à pouvoir répondre ordinairement d'une minute, et les modernes ont porté la précision habituelle jusqu'aux secondes. Ce dernier perfectionnement est tellement récent que toutes les observations qui remontent au-delà d'un siècle à partir d'aujourd'hui, c'est-à-dire qui sont antérieures à l'époque de Bradley, de Lacaille et de Mayer, doivent être regardées comme inadmissibles dans la formation exacte des théories astronomiques actuelles, attendu qu'elles n'ont point la précision qu'on y exige aujourd'hui.

Je me suis particulièrement attaché, dans cette revue philosophique, à faire nettement ressortir l'harmonie fondamentale qui existe nécessairement entre les différens moyens d'observation. Si cette harmonie a sans doute puissamment contribué à leur perfectionnement respectif, il faut également reconnaître qu'elle y pose des limites inévitables, indépendamment de celles plus éloignées qui tiennent à la nature de l'organisation humaine, puisque ces moyens se bornent mutuellement. Quelle pourrait être, par exemple, l'importance astronomique réelle d'un accroissement notable

dans la précision actuelle des instrumens angulaires ou horaires, tant que la connaissance des réfractions restera aussi imparfaite qu'elle l'est? Mais, d'ailleurs, rien évidemment n'autorise à penser que nous ayons déjà atteint à cet égard les limites qui nous sont naturellement imposées par l'ensemble des conditions du sujet.

Après avoir suffisamment considéré, pour la destination de cet ouvrage, les instrumens généraux, matériels ou intellectuels, de l'observation astronomique, nous devons commencer, sans autre préparation, dans la leçon suivante, l'examen philosophique de la géométrie céleste, c'est-à-dire, étudier de quelle manière la connaissance précise des phénomènes géométriques des astres de notre monde a pu être exactement ramenée à de simples élaborations mathématiques, basées sur des mesures dont nous avons ci-dessus apprécié les divers procédés fondamentaux.