nette. La planète paraît ordinairement sous la forme d'un petit disque arrondi, quelquefois sous la forme d'une portion seulement d'un pareil disque. Si l'on augmente encore le grossissement de la lunette, en lui adaptant un autre oculaire (§ 26), les dimensions du disque augmentent en conséquence. Le même genre d'observation étant appliqué à l'étoile, le résultat obtenu est tout différent : l'étoile ne paraît jamais avoir des dimensions appréciables. De plus, la largeur qu'elle semblait avoir, à la simple vue, disparaît de plus en plus, à mesure qu'on emploie un plus fort grossissement pour l'observer; les plus fortes lunettes ne la font jamais voir que comme un point brillant.

Cette différence d'action des lunettes sur les étoiles et sur une planète sera expliquée plus tard dans un paragraphe consacré à l'*irradiation*.

Un autre caractère, qui permet souvent de distinguer une planète d'une étoile, à la simple vue, repose sur le phénomène de la *scintillation*. Habituellement la lumière d'une étoile ne paraît pas tranquille; cette lumière semble s'éteindre, puis se ranimer tout à coup; elle jette des éclats diversement colorés, tantôt verts, tantôt rouges. C'est cette agitation continuelle de la lumière d'une étoile que l'on désigne sous le nom de scintillation. Or, si l'on examine les diverses planètes que l'on peut voir à l'œil nu, on reconnaît qu'elles scintillent généralement beaucoup moins que les étoiles, et que même quelques-unes présentent à peine des traces sensibles de scintillation; la lumière des planètes paraît beaucoup plus tranquille que celle des étoiles. Nous donnerons plus loin d'après Arago, une ingénieuse explication du phénomène de la scintillation.

§ 59. **Sphère céleste.** — Les étoiles sont des corps disséminés dans l'espace et isolés les uns des autres, ainsi que nous le verrons plus tard. Leurs distances à la terre doivent être très-différentes. Ainsi deux étoiles qui nous paraissent voisines peuvent être cependant très-éloignées l'une de l'autre; nous les croyons voisines parce que nous les apercevons à peu près dans la même direction et que rien ne nous indique si l'une des deux est plus près ou plus loin de nous que l'autre. Pour simplifier les choses, on ramène ordinairement, par la pensée, toutes les étoiles à une même distance du lieu de l'observation, en laissant chacune d'elles dans la direction suivant laquelle on l'aperçoit : ainsi, *fig.* 101, les diverses étoiles E, E', E'',..., seront supposées être placées en e, e', e''..., sur les lignes EO, E'O, E''O,... qui vont de leurs positions réelles au lieu O de l'observation, et à des distances eO, e'O e''O,...

de ce lieu égales entre elles. Par là, ces astres se trouveront ramenés tous sur la surface d'une même sphère ayant pour centre le point O. Le rayon de cette sphère, que l'on nomme la *sphère céleste*, peut être pris de telle grandeur qu'on veut : on le suppose ordinairement très-grand.

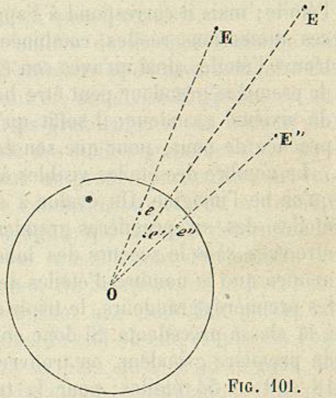

Fig. 101.

D'après les apparences que présente le mouvement des étoiles, et conformément à la convention que nous venons de faire de les ramener toutes à une même distance de nous, nous pourrons supposer que la sphère céleste est une sphère solide, creuse, une sphère de cristal, par exemple, à laquelle les étoiles sont toutes fixées; et que cette sphère est animée d'un mouvement qui entraîne chaque étoile et lui fait parcourir la ligne que nous lui voyons décrire réellement. Cette idée d'une sphère solide, de cristal, à laquelle les étoiles sont attachées, date de la plus haute antiquité; les astronomes grecs la regardaient même comme étant l'expression de la réalité. Mais, pour nous, ce ne sera qu'une fiction, qui aura le double avantage de nous rappeler constamment l'immobilité des étoiles les unes par rapport aux autres, et de nous permettre de représenter simplement leur mouvement d'ensemble.

§ 60. **Classification des étoiles.** — Il suffit d'un coup d'œil jeté sur le ciel pour voir que les étoiles ne sont pas toutes également brillantes. Tandis que quelques-unes sont douées d'un éclat très-vif, d'autres sont tellement faibles qu'on a peine à les apercevoir; la plus grande partie des étoiles visibles à l'œil nu sont comprises entre ces deux limites extrêmes, et présentent, pour ainsi dire, toutes les nuances d'éclat que l'on peut concevoir pour passer insensiblement de l'une à l'autre de ces deux limites. Il y a, en outre, un nombre considérable d'étoiles que l'on ne peut voir qu'à l'aide des lunettes ou des télescopes, et qui ont également des éclats très-divers, depuis celles que les observateurs doués d'une excellente vue peuvent apercevoir à l'œil nu, jusqu'à celles que l'on voit à peine à l'aide des instruments les plus puissants.

Pour faciliter l'indication de l'éclat d'une étoile, on a classé tous ces astres par ordre de grandeur. Ainsi on dit qu'une étoile est de première, de deuxième, de troisième grandeur, suivant qu'elle est plus ou moins brillante. Le mot *grandeur*, employé ici, ne se rapporte, bien entendu, en aucune manière aux dimensions réelles de l'étoile; mais il correspond à l'apparence qui résulte pour nous de ces dimensions réelles, combinées avec la distance à laquelle se trouve l'étoile, ainsi qu'avec son éclat intrinsèque. Ainsi une étoile de première grandeur peut être beaucoup plus petite qu'une étoile de sixième grandeur; il suffit qu'elle soit notablement plus rapprochée de nous, pour que son éclat nous paraisse plus grand.

Le nombre des étoiles visibles à l'œil nu est beaucoup plus petit qu'on ne l'imagine. On évalue à six mille environ le nombre des étoiles des six premières grandeurs; ce sont celles qui peuvent être vues sans le secours des lunettes et des télescopes. Struve a montré que le nombre d'étoiles de chaque classe est environ, pour les premières grandeurs, le triple du nombre d'étoiles appartenant à la classe précédente. Si donc on admet qu'il y a dix-huit étoiles de première grandeur, on trouvera : pour la deuxième grandeur, 18×3 ou 54 étoiles; pour la troisième grandeur, 18×3^2 ou 162 étoiles...; pour la sixième grandeur, 18×3^5 ou 4374 étoiles. Le nombre des étoiles visibles à l'œil nu sera donc :

$$18 + 18 \times 3 + 18 \times 3^2 + 18 \times 3^3 + 18 \times 3^4 + 18 \times 3^5$$

ou 6552 étoiles.

Les étoiles plus faibles, qu'on désigne souvent sous le nom d'étoiles télescopiques, composent encore 10 grandeurs, depuis la 7e jusqu'à la 16e, dans laquelle on range les plus petites étoiles que l'on ait pu observer jusqu'à présent à l'aide des lunettes et des télescopes.

Si l'on applique à ces étoiles la loi empirique donnée par Struve pour les six premières grandeurs seulement, on voit par exemple, que le nombre des étoiles de la quatorzième grandeur serait de 18×3^{13} ou environ 28 697 000; ce nombre est assurément trop faible.

§ 61. **Constellations.** — On ne peut désigner chaque étoile en particulier, qu'autant qu'on lui attribue un nom qui la rappelle sans qu'on puisse la confondre avec aucune autre. Ce nom peut être choisi arbitrairement, ainsi qu'on l'a fait pour un certain nombre des étoiles les plus brillantes : Sirius, la Chèvre, Rigel, Aldébaran, Wéga, etc., sont autant de noms qui désignent des étoiles dont les astronomes connaissent bien la position dans le ciel. Mais on conçoit qu'il n'est pas possible de donner ainsi un nom différent à chacune des étoiles contenues dans les 16 ordres

de grandeurs dont nous avons parlé; et lors même que l'on aurait trouvé des noms pour toute cette multitude d'étoiles, la mémoire des astronomes ne suffirait pas pour les retenir. Aussi a-t-on eu recours à un autre moyen, qui date de l'antiquité, et qui a été conservé jusqu'à nos jours. Voici en quoi il consiste.

On a imaginé que la surface entière de la sphère céleste soit couverte de figures d'hommes, d'animaux et de divers objets. Ces figures, contiguës les unes aux autres, ont divisé la sphère en autant de compartiments de diverses grandeurs, et de formes plus ou moins irrégulières. L'ensemble des étoiles contenues dans chacun de ces compartiments a formé un groupe particulier, ou, suivant l'expression consacrée, une *constellation*; et l'on a donné à cette constellation le nom de la figure qui en avait déterminé les contours. C'est ainsi qu'il y a les constellations d'Orion, du Cocher, du Lion, de la Grande Ourse, du Scorpion, de la Lyre, etc.

L'indication de la constellation dont une étoile fait partie, fait connaître immédiatement la portion du ciel où elle est placée. Pour la désigner complétement, il n'y a plus qu'à la distinguer des autres étoiles qui entrent dans la même constellation. Quelques étoiles placées d'une manière toute particulière par rapport aux figures qui ont servi à définir les constellations, ont reçu des noms qui rappellent leurs positions spéciales. Il y a l'Œil du Taureau, l'Épi de la Vierge, le Cœur du Scorpion, etc. Mais ce n'est

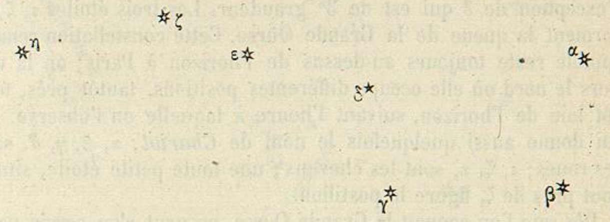

Fig. 102.

qu'exceptionnellement que ce mode de désignation d'une étoile peut être employé. Bayer ayant publié en 1603 des cartes célestes sur lesquelles les lettres grecques α, β, γ..... étaient placées à côté des diverses étoiles d'une même constellation, les astronomes suivirent son exemple, et continuèrent à désigner les étoiles, soit par des lettres, soit par des numéros. Bayer avait attribué la lettre α à l'étoile la plus brillante de chaque constellation, la lettre β à celle qui était la plus brillante après la première, et ainsi de suite. A mesure que le nombre des étoiles, enregistrées dans les diverses constellations, devint plus grand, on suivit la même marche; l'alphabet grec ayant été bientôt épuisé, on prit les lettres ordinaires *a*, *b*, *c*..... en les attribuant, de la même manière, aux diverses étoiles, d'après l'ordre de leur éclat; enfin ce second alphabet étant employé en entier, on se contenta d'inscrire les étoiles dans des catalogues avec un numéro d'ordre. Les numéros qui servent habituellement à désigner les étoiles auxquelles on n'a pas pu attribuer de lettre de l'un ou de l'autre des deux alphabets, sont ceux de l'ancien catalogue de Flamsteed (1), connu sous le nom de *Catalogue britannique*. Lorsque le numéro affecté à une étoile n'est pas pris dans ce catalogue, on a soin d'indiquer à quel autre catalogue il appartient.

§ 62. Lorsqu'on veut étudier l'astronomie, il est bon de s'exercer à reconnaître les constellations, ainsi que leurs positions relatives dans le ciel. Nous allons indiquer la marche que l'on peut suivre pour cela, en se servant de cartes célestes sur lesquelles les étoiles les plus brillantes soient représentées; et nous en profiterons pour faire connaître les principales constellations situées dans la partie du ciel que l'on voit en Europe.

La constellation de la *Grande Ourse* sera reconnue avec la plus grande facilité, par la disposition des sept étoiles brillantes qui la composent (*fig.* 102). Ces sept étoiles sont toutes de 2e grandeur à l'exception de δ qui est de 3e grandeur. Les trois étoiles ε, ζ, η, forment la queue de la Grande Ourse. Cette constellation remarquable reste toujours au-dessus de l'horizon à Paris; on la voit vers le nord où elle occupe différentes positions, tantôt près, tantôt loin de l'horizon, suivant l'heure à laquelle on l'observe. On lui donne aussi quelquefois le nom de *Chariot;* α, β, γ, δ, sont les roues; ε, ζ, η, sont les chevaux; une toute petite étoile, située tout près de ζ, figure le postillon.

Dès que l'on connaît la Grande Ourse, on peut s'en servir pour trouver d'autres constellations. Si l'on mène une ligne droite par les étoiles β, α, et qu'on la prolonge au delà de α d'une quantité égale à 5 fois la distance de β à α, ou bien encore d'une quantité égale à la distance de α à η, on trouve la *Polaire* (*fig.* 103), dont le nom trouvera bientôt son explication. La Polaire, étoile de 3e grandeur, forme l'extrémité de la queue de la *Petite Ourse*, cons-

(1) Astronome anglais, né en 1646, mort en 1719. Il fut le premier directeur de l'observatoire de Greenwich, près Londres, en 1676.

tellation formée de sept étoiles principales, qui sont disposées à peu près de la même manière que celles de la Grande Ourse, mais en sens contraire.

En joignant δ de la Grande Ourse à la Polaire, et prolongeant cette ligne d'une quantité égale au delà de la Polaire, on trouve la constellation de *Cassiopée* (*fig.* 103). Elle contient 5 étoiles de 3e grandeur, qui, par leur ensemble, rappellent la forme d'un M ouvert. Si, à ces 5 étoiles, on joint la petite étoile $\varkappa$, on trouve la

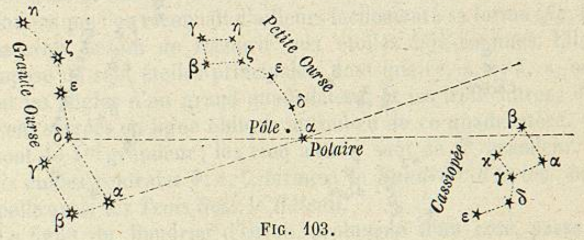

FIG. 103.

forme d'une *Chaise*, nom que l'on donne quelquefois à cette constellation : α et β sont les pieds de la chaise, γ et $\varkappa$ en forment le siége, et δ, ε, le dossier.

Les lignes droites qui joignent α et δ de la Grande Ourse à la

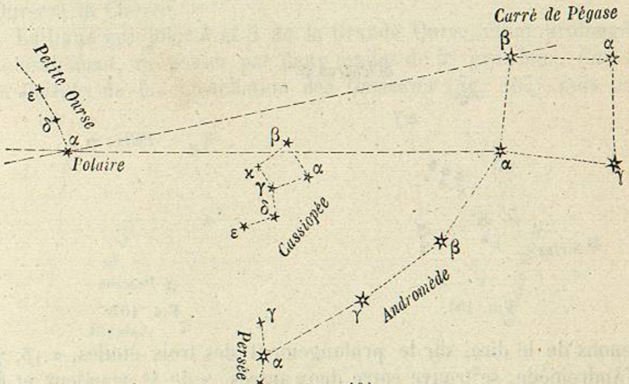

FIG. 104.

Polaire, étant prolongées au delà de cette dernière étoile, comprennent entre elles le *Carré de Pégase*, formé de 4 étoiles de 2e grandeur (*fig.* 104). Trois de ces étoiles appartiennent à la cons-

7.

tellation de *Pégase*, la quatrième fait partie de la constellation d'*Andromède*. A peu près dans le prolongement de la diagonale du carré qui va de α de Pégase à α d'Andromède, on trouve β et γ d'Andromède, puis α de *Persée*, toutes trois de 2e grandeur. L'ensemble de ces trois étoiles et des quatre du carré de Pégase forme une grande figure ayant beaucoup d'analogie avec celle de la Grande Ourse.

L'étoile α de Persée, de 2e grandeur, et située, comme nous

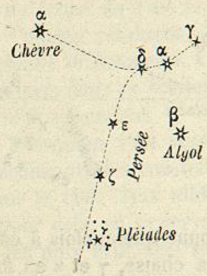

FIG. 105.

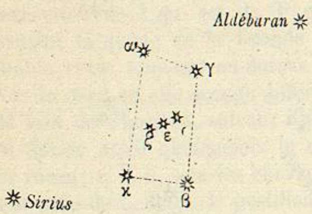

FIG. 106.

FIG. 107.

venons de le dire, sur le prolongement des trois étoiles, α, β, γ d'Andromède, se trouve entre deux autres, γ de 4e grandeur et δ de 3e grandeur (*fig.* 105), qui forment avec elle un arc concave vers la Grande Ourse, et facile à distinguer. Du côté de la convexité de cet arc, on voit *Algol* ou β de Persée, dont l'éclat varie périodiquement, ainsi que nous l'expliquerons plus tard. En pro-

longeant l'arc γαδ de Persée en ligne courbe, on trouve la *Chèvre* appartenant à la constellation du *Cocher*. Le même arc, prolongé d'abord avec une courbure opposée, de manière à passer entre Algol et la constellation du Cocher, puis continué en ligne droite, rencontre les étoiles ε et ζ de Persée, et aboutit au groupe des *Pléiades*, formé d'un amas d'étoiles très-rapprochées les unes des autres.

En joignant la Polaire à la Chèvre, et prolongeant cette ligne au delà de la Chèvre, on trouve *Orion*, la plus brillante des constellations que l'on reconnaît d'ailleurs facilement à sa forme (*fig.* 106) sans avoir besoin de recourir aux étoiles déjà connues. Elle se compose de sept étoiles principales, dont quatre, α, γ, β, κ, occupent les angles d'un grand quadrilatère, et les trois autres, δ, ε, ζ, sont serrées en ligne oblique au milieu de ce quadrilatère. α et β sont de 1re grandeur; les cinq autres sont de 2e grandeur. Les trois étoiles centrales δ, ε, ζ, forment le *Baudrier d'Orion;* on les appelle aussi les *Trois Rois*, le *Râteau*.

La ligne du Baudrier d'Orion, prolongée d'un côté, passe par *Sirius* (*fig.* 106), la plus brillante de toutes les étoiles; elle appartient à la constellation du *Grand Chien*. La même ligne, prolongée de l'autre côté, rencontre *Aldébaran*, ou l'*Œil du taureau*, étoile de 1re grandeur; elle fait partie de la constellation du *Taureau*. Aldébaran se trouve également sur la ligne qui joint α de la Grande Ourse à la Chèvre.

La ligne qui joint δ et β de la Grande Ourse, étant prolongée suffisamment, va passer par deux étoiles de 2e grandeur, *Castor* et *Pollux*, de la constellation des *Gémeaux* (*fig.* 107), puis par

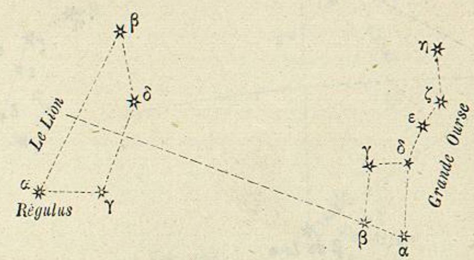

FIG. 108.

Sirius dont nous avons déjà parlé. A peu de distance de cette même ligne, entre Castor et Sirius, on voit une étoile de 1re grandeur, *Procyon*, qui fait partie de la constellation du *Petit Chien*.

La ligne qui joint α et β de la Grande Ourse, et qui nous a déjà servi à trouver la Polaire, étant prolongée du côté opposé, traverse la constellation du *Lion* (*fig.* 108). Cette constellation contient quatre étoiles principales dont l'ensemble forme un grand trapèze. La plus brillante de ces quatre étoiles, *Régulus*, est de 1^re^ grandeur. Les trois autres sont de 2^e^ grandeur.

En prolongeant la queue de la Grande Ourse, en ligne courbe, on trouve *Arcturus*, étoile de 1^re^ grandeur qui fait partie de la constellation du *Bouvier* (*fig.* 109). A côté du Bouvier, et dans

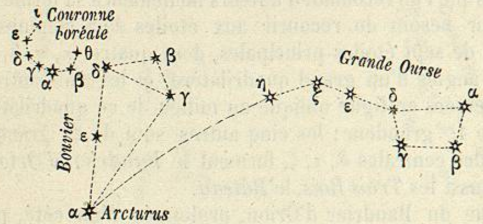

FIG. 109.

la direction des étoiles β, δ, ε, ζ de la Grande Ourse, on voit la *Couronne boréale*, formée de plusieurs étoiles rangées en demi-cercle, et dont la plus brillante est de 2^e^ grandeur.

La diagonale $\alpha\gamma$ de la Grande Ourse, prolongée du côté de γ, va passer par l'*Épi de la Vierge* (*fig.* 110), étoile de 1^re^ grandeur

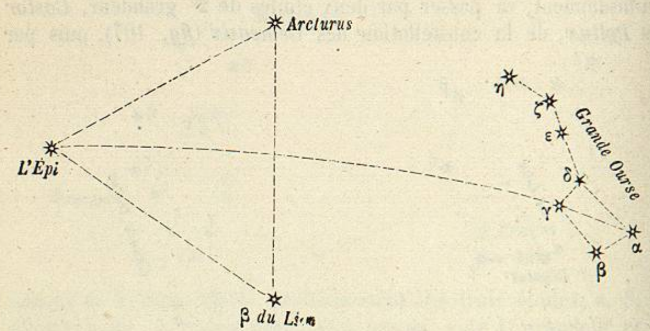

FIG. 110.

qui appartient à la constellation de la *Vierge*. Elle forme un triangle équilatéral avec Arcturus et β du Lion.

Wéga est une belle étoile de 1^re^ grandeur, qui passe tous les

jours au zénith de Paris, et qui dépend de la constellation de la *Lyre* (*fig.* 111). Elle forme avec Arcturus et la Polaire un grand

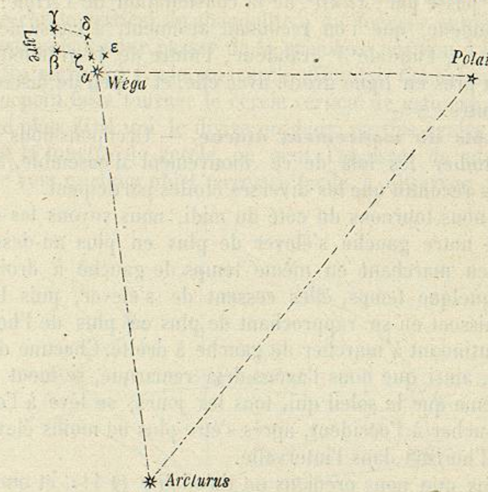

FIG. 111.

triangle rectangle, dont elle occupe le sommet de l'angle droit. A côté de Wéga sont deux étoiles de 3^e^ grandeur, β, γ, et trois

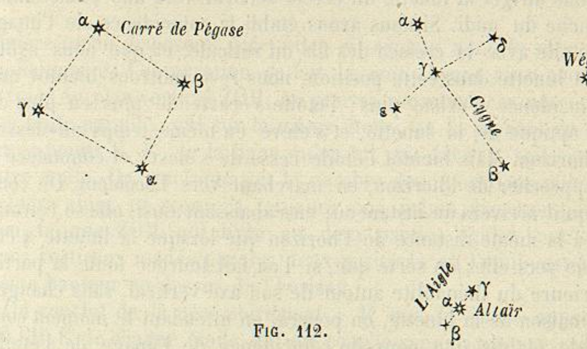

FIG. 112.

de 4^e^ grandeur, δ, ε, ζ; les quatre étoiles β, γ, δ, ζ, forment un parallélogramme facile à distinguer.

Entre la Lyre et Pégase, se trouve le *Cygne*, constellation formée de cinq étoiles principales figurant une grande croix (*fig.* 112).

La ligne qui joint le Cygne aux Gémeaux est coupée en deux parties égales par la Polaire. La même ligne, prolongée au delà du Cygne, passe par *Altaïr*, de la constellation de l'*Aigle*, étoile de 1re grandeur, que l'on reconnaît aisément, à cause de deux étoiles β et γ, l'une de 3e grandeur, l'autre de 4e grandeur, qui sont à peu près en ligne droite avec elle, et à peu de distance de part et d'autre.

§ 63. **Lois du mouvement diurne.** — Occupons-nous maintenant d'étudier les lois de ce mouvement d'ensemble, auquel nous avons reconnu que les diverses étoiles participent.

Si nous nous tournons du côté du midi, nous voyons les étoiles qui sont à notre gauche s'élever de plus en plus au-dessus de l'horizon, en marchant en même temps de gauche à droite; au bout de quelque temps, elles cessent de s'élever, puis bientôt elles s'abaissent en se rapprochant de plus en plus de l'horizon, tout en continuant à marcher de gauche à droite. Chacune d'elles, en un mot, ainsi que nous l'avons déjà remarqué, se meut à peu près de même que le soleil qui, tous les jours, se lève à l'orient, pour se coucher à l'occident, après s'être plus ou moins élevé au-dessus de l'horizon dans l'intervalle.

Imaginons que nous prenions un théodolite (§ 41), et que nous l'installions dans un lieu d'où nous puissions facilement apercevoir une grande étendue du ciel, tant à droite qu'à gauche du midi. Après avoir rendu l'axe de l'instrument exactement vertical, nous pouvons diriger la lunette du cercle vertical vers une étoile située à gauche du midi. Si nous avons établi la coïncidence de l'image de l'étoile avec la croisée des fils du réticule, et que nous ayons fixé la lunette dans cette position, nous reconnaîtrons bientôt que la coïncidence n'existe plus; l'étoile s'écarte de plus en plus de l'axe optique de la lunette, et s'élève en même temps au-dessus de l'horizon. Mais bientôt l'étoile cesse de s'élever et commence à se rapprocher de l'horizon, en marchant vers l'occident. On conçoit qu'il arrivera un instant où, en s'abaissant ainsi, elle se retrouvera à la même distance de l'horizon que lorsque la lunette a été dirigée vers elle; en sorte que, si l'on fait tourner toute la partie supérieure du théodolite autour de son axe vertical, sans changer l'inclinaison de la lunette, on pourra, en attendant le moment convenable, établir une nouvelle coïncidence de l'image de l'étoile avec le point de croisée des fils du réticule.

Lors de la première observation, l'étoile était par exemple, en E (*fig.* 113), sur la sphère céleste, dont le théodolite occupe le centre; la lunette, dirigée suivant OE, faisait avec l'horizon HH' un

certain angle EOH. L'étoile s'étant élevée de E en C, puis s'étant rapprochée de l'horizon, a été observée de nouveau dans sa position E' pour laquelle l'angle E'OH' est égal à EOH. L'angle HOH', dont le cercle vertical du théodolite a dû tourner autour de l'axe de l'instrument, pour passer de la première position à la seconde, peut être mesuré à l'aide du cercle azimutal. Connaissant cet angle, on peut faire tourner le cercle vertical de manière à l'amener dans le plan ZOM qui le divise en deux parties égales; puis, détachant la lunette du cercle, on peut l'abaisser de manière à la diriger vers quelque objet terrestre facile à observer, tel qu'une

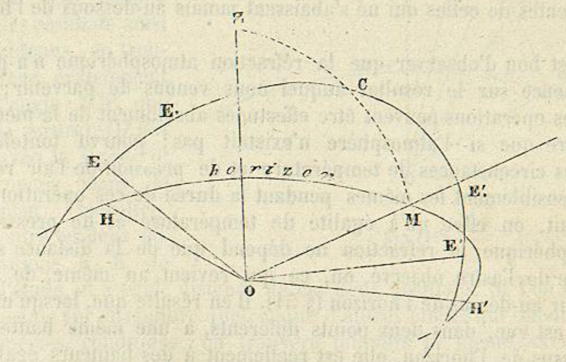

Fig. 113.

lumière qu'on disposera à cet effet, si, comme nous le supposons implicitement, l'observation se fait la nuit. Ayant ainsi conservé la trace du plan vertical ZOM, on pourra recommencer une opération toute pareille, soit sur la même étoile, en la prenant en deux autres points E_1, E'_1, de la ligne qu'on lui voit décrire, soit sur une autre étoile. Or, quel que soit le nombre des opérations qu'on effectuera ainsi, on trouvera toujours une même direction pour le plan, tel que ZOM, qui divise en deux parties égales l'angle des plans verticaux menés par les deux positions où l'étoile est à une même hauteur au-dessus de l'horizon.

On conclut de là nécessairement : 1° que la route apparente $EE_1CE'_1E'$ de chaque étoile est une courbe symétrique par rapport à un plan vertical ZOM, qui passe par conséquent par le point le plus élevé C de cette courbe; 2° que ce plan de symétrie de la courbe décrite par chaque étoile est le même pour toutes les étoiles. Ce plan de symétrie, qui contient toutes les *culminations*

C des étoiles, se nomme le *plan méridien*, ou simplement le *méridien* du lieu où les observations ont été faites.

Nous n'avons parlé jusqu'ici que des étoiles situées du côté du midi. Mais si l'on se tourne du côté du nord, et que, sans changer la position du théodolite, on puisse observer avec sa lunette les étoiles qui se trouvent dans cette autre région du ciel, on reconnaîtra de même que le plan méridien, tel que nous venons de le définir, est aussi un plan de symétrie pour les courbes décrites par ces étoiles; et que, non-seulement il contient leurs culminations, mais encore il passe par les points les plus bas des routes apparentes de celles qui ne s'abaissent jamais au-dessous de l'horizon.

Il est bon d'observer que la réfraction atmosphérique n'a pas d'influence sur le résultat auquel nous venons de parvenir; et que les opérations peuvent être effectuées absolument de la même manière que si l'atmosphère n'existait pas; pourvu toutefois que les circonstances de température et de pression de l'air restent sensiblement les mêmes pendant la durée de ces opérations. On sait, en effet, qu'à égalité de température et de pression atmosphérique, la réfraction ne dépend que de la distance zénithale de l'astre observé, ou, ce qui revient au même, de sa hauteur au-dessus de l'horizon (§ 54). Il en résulte que, lorsqu'une étoile est vue, dans deux points différents, à une même hauteur au-dessus de l'horizon, elle est réellement à des hauteurs égales au-dessus de ce plan; et, par suite, les conséquences que nous avons déduites de cette égalité de hauteurs ne sont pas altérées par cette circonstance que nous avons pris les hauteurs apparentes, et non les hauteurs vraies.

§ 64. Le plan méridien étant déterminé conformément à ce qui vient d'être dit, nous pouvons faire tourner toute la partie supérieure du théodolite, de manière à amener son cercle vertical à être dirigé dans ce plan, puis le fixer invariablement dans cette position. Si nous faisons ensuite tourner la lunette autour du centre de ce cercle, son axe optique ne sortira pas du plan méridien, dans lequel il pourra prendre toutes les directions possibles. Nous pourrons, par exemple, diriger la lunette vers une étoile au moment où, en vertu du mouvement que nous étudions, elle vient passer dans le plan méridien; et nous en conclurons facilement la distance zénithale, à l'instant de ce passage.

Concevons que l'on fasse des observations de ce genre sur les étoiles qui sont situées du côté du nord, et qui ne se couchent jamais. Chacune de ces étoiles traverse le méridien en deux points

différents de la route qu'elle parcourt, c'est-à-dire lorsqu'elle se trouve au point le plus élevé et au point le plus bas de cette route. Si l'on détermine la distance zénithale d'une de ces étoiles au moment de son passage supérieur en E au méridien (fig. 114), puis au moment de son passage inférieur en E'; que l'on corrige chacun de ces deux angles de l'effet de la réfraction (§ 55) puis qu'on prenne la demi-somme des résultats ainsi obtenus, on trouvera évidemment l'angle ZOP que la verticale OZ fait avec la ligne OP menée dans le plan méridien, entre les deux positions E, E' de l'étoile, et à égale distance de ces deux positions. Si l'on opère de même sur un nombre quelconque d'autres étoiles qui soient dans les mêmes conditions, on trouvera toujours la même valeur pour l'angle ZOP; on en conclut qu'il existe, dans le plan méridien, une ligne OP jouissant de la propriété de diviser en deux parties égales tous les angles tels que EOE,' compris entre les directions suivant lesquelles on voit une même étoile, lors de ses passages supérieur et inférieur au méridien. Cette ligne se nomme *ligne des pôles;* on nomme *pôles* les deux points diamétralement opposés où elle perce la sphère céleste. Le centre de cette sphère étant au lieu même de l'observation et par conséquent sur le plan horizontal qui lui correspond, les deux pôles sont situés l'un au-dessus et l'autre au-dessous de l'horizon, à moins de circonstances tout exceptionnelles sur lesquelles nous reviendrons plus tard. Le pôle qui se trouve au-dessus de l'horizon à Paris, et dans toute l'Europe, se nomme *pôle boréal;* l'autre pôle, qui occupe une région du ciel constamment invisible en Europe, se nomme *pôle austral.* On désigne souvent la ligne des pôles sous le nom d'*axe du monde;* nous verrons, dans un instant, la raison de cette seconde dénomination.

Le pôle boréal est très-voisin d'une étoile dont nous avons indiqué précédemment la position, et à laquelle on donne pour cette raison le nom d'*étoile polaire*, ou simplement *Polaire* (§ 62).

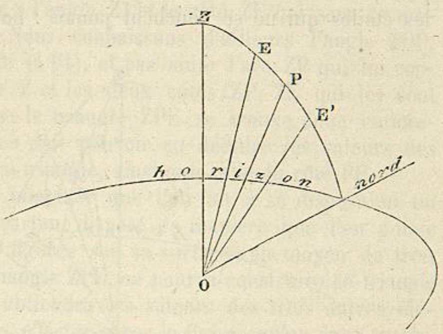

Fig. 114.

§ 65. Nous venons déjà d'acquérir deux notions importantes sur le mouvement d'ensemble des étoiles. La première consiste dans la symétrie des routes apparentes des étoiles par rapport au plan méridien; la seconde, dans une sorte de symétrie plus particulière qui existe dans le méridien lui-même, par rapport à la ligne des pôles, et dont nous n'avons pu reconnaître l'existence que pour les étoiles qui ne se couchent jamais : nous n'avons plus qu'un

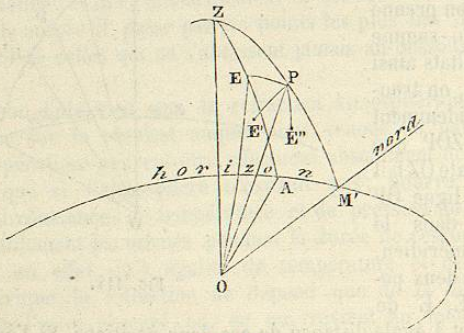

Fig. 115.

pas à faire pour arriver à une connaissance complète de la nature du mouvement qui nous occupe. Pour cela, cherchons à déterminer la distance angulaire comprise entre la direction OE (fig. 115), suivant laquelle on voit une étoile à un instant quelconque, et la ligne des pôles OP; ou, ce qui est la même chose, l'arc EP compris, sur la sphère céleste, entre l'étoile E et le pôle P. C'est encore le théodolite qui va nous permettre d'effectuer cette détermination.

Faisons tourner le cercle vertical de cet instrument, depuis la position qu'il occupait précédemment dans le plan méridien ZOM', jusqu'à ce qu'il se trouve dans le plan vertical ZOA de l'étoile E, ce que nous reconnaîtrons en amenant l'axe optique de la lunette dont il est muni à être dirigé vers l'étoile. L'angle dont le cercle aura ainsi tourné, et dont la valeur sera fournie par le cercle azimutal de l'instrument, sera précisément l'angle M'OA, ou, ce qui est la même chose, l'angle Z du triangle sphérique PZE. La position de la lunette sur le limbe vertical fera connaître en même temps la distance zénithale ZOE de l'étoile. Cette distance zénithale, il est vrai, se trouve altérée par la réfraction atmosphérique, qui fait paraître l'étoile plus haut qu'elle n'est réellement;

mais il est facile, ainsi que nous l'avons dit (§ 54), de tenir compte de cet effet de la réfraction, et de passer de la distance zénithale apparente que fournit l'observation directe, à la distance zénithale vraie que l'on obtiendrait s'il n'y avait pas d'atmosphère. On voit donc qu'à l'aide du théodolite, employé comme nous venons de le dire, nous trouvons les valeurs de deux des éléments du triangle sphérique ZPE, savoir : l'angle Z, et le côté ZE qui sert de mesure à l'angle ZOE. Nous connaissons d'ailleurs l'angle ZOP, d'après ce qui précède (§ 64), et par suite l'arc ZP qui lui correspond. Ainsi l'angle Z et les deux côtés ZP, ZE qui lui sont adjacents, sont connus; le triangle ZPE se trouve donc entièrement déterminé, et l'on doit pouvoir en déduire les valeurs des deux angles P, E de ce triangle, ainsi que celle du côté PE.

Pour cela, on peut imaginer que l'on ait à sa disposition un globe de bois ou de carton, disposé de manière que l'on puisse facilement tracer des figures sur sa surface; au moyen de trois éléments connus du triangle ZPE, on pourra construire ce triangle sur le globe, puis on obtiendra les valeurs des trois autres éléments par des mesures effectuées sur la figure qu'on aura tracée Au lieu de ce procédé graphique, on peut encore employer le calcul trigonométrique, qui conduit au même résultat, mais avec une exactitude beaucoup plus grande. Cette seconde méthode est celle que les astronomes emploient exclusivement, dans toutes les questions qui, comme celle-ci, se ramènent à la résolution d'un triangle sphérique.

Quoi qu'il en soit, en opérant d'une manière ou de l'autre, on trouvera le nombre de degrés, minutes et secondes, contenu dans l'arc de cercle PE, qui mesure sur la sphère la distance du pôle boréal à l'étoile E, au moment où elle a été observée à l'aide du théodolite. Ce genre d'observation peut être répété autant de fois qu'on veut sur une même étoile, en la prenant dans plusieurs des positions, telles que E', E'', qu'elle occupe successivement en vertu de son mouvement; et chaque fois on peut en déduire de même la valeur de la distance PE', PE'' de l'étoile au pôle boréal. Or, quelles que soient les positions dans lesquelles l'étoile se trouve sur la route qu'elle décrit, on obtient toujours le même nombre de degrés, minutes et secondes, pour cette distance : les arcs PE, PE', PE'', sont tous égaux entre eux. De plus, cette constance de la distance d'une étoile au pôle peut se vérifier pour toutes les étoiles, sans aucune exception.

Il nous est bien facile maintenant de définir d'une manière très-simple le mouvement d'ensemble des étoiles, ou, ce qui revient