LES MÉTHODES DE L'ENSEIGNEMENT DE L'ASTRONOMIE AU LYCÉE *

II. — LES OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES SCOLAIRES

« On ne doit pas commencer l'étude par une discussion verbale au sujet des choses, mais par l'observation des objets. »

A. KOMENSKY (« La Grande Pédagogie »).

Les observations introductives.

Les observations astronomiques scolaires ont pour but de faire connaître aux élèves, de manière directe, les phénomènes célestes dont la connaissance est indispensable *avant* tout exposé d'astronomie. De telles observations (« d'orientation ») sont importantes, il est absolument impossible de « parler astronomie » aux élèves

(*) Voir la première partie de cette étude dans le *Bulletin* 187, p. 43.

qui n'en ont pas fait : on risque qu'ils comprennent tout de travers. Sans de telles observations l'enseignement devient purement formel, sans contact avec le réel, il se réduit à un pur enseignement « de tableau noir ». En outre, les observations astronomiques sont indispensables pour donner aux élèves une pratique élémentaire de l'application de connaissances acquises.

Les observations astronomiques scolaires doivent donner aux élèves le savoir et l'habitude de l'orientation au moyen des astres, et de mesures astronomiques approchées. Ainsi ils comprendront mieux les parties de l'enseignement qui concernent les applications de l'astronomie à l'économie nationale, à la navigation maritime et aérienne. De plus, les observations astronomiques scolaires développent chez les élèves le don de l'observation, une qualité très précieuse pour leur culture générale. Dans ce qui suit, nous appellerons « Travaux pratiques » les observations de cette sorte. Les travaux pratiques sont, en outre, indispensables pour la vérification et la rectification des connaissances des élèves.

On peut subdiviser les observations « introductives », de première sorte, en deux groupes :

1° *introductives,* à proprement parler, c'est-à-dire celles qui donnent aux élèves la connaissance du « phénomène », connaissance qui sera généralisée et dont on tirera des conséquences au cours ;

2° *illustratives,* c'est-à-dire celles qui ont pour but de *compléter* un exposé, concernant un objet donné, par une étude plus approfondie.

Les observations « introductives à proprement parler » doivent évidemment précéder les parties correspondantes du cours. Les observations « illustratives » suivront les parties correspondantes du cours.

Il est absolument évident que les observations des deux sortes, peuvent, et même parfois doivent, correspondre à la même partie du programme. Toutes les parties du programme exigent des observations introductives, mais leur nécessité est particulièrement impérieuse pour l'astronomie sphérique et pour les éléments de la mécanique céleste (« astronomie théorique »). Pour l'astronomie physique la nécessité d'observations introductives est moins importante : ici, au contraire, ce sont les observations illustratives qui devront prédominer.

Il faut remarquer que la subdivision des observations suivant les différentes parties du programme est impossible et même nuisible. Etant donné que certains phénomènes ne pourront s'observer qu'à une certaine époque de l'année (tant pour des raisons astronomiques que météorologiques), il faudra s'efforcer de tirer de chaque séance le maximum d'information compatible avec sa date et avec les conditions météorologiques. Bien entendu, il faudra donner la même importance aux observations relatives à l'astronomie physique qu'à celles relatives à l'astronomie de position.

Voici le programme propre des observations introductives :

1° Aperçu général, première connaissance du Ciel étoilé : constellations ; mouvement diurne.
2° Mouvement apparent du Soleil.
3° Mouvement apparent des planètes.
4° Mouvement apparent de la Lune et variation des phases de la Lune.
5° Les satellites de Jupiter et leurs mouvements.
6° Rotation solaire et changement d'aspect des taches.
7° Couleurs des étoiles et spectres stellaires.
8° Etoiles doubles.
9° Variation d'éclat d'une étoile variable.
10° Amas stellaires et nébuleuses diffuses.
11° La Voie Lactée.

Toutes ces observations ne sauraient être effectuées en une seule séance, et toutes n'exigent pas la présence directe du maître. La plupart de ces observations doivent être effectuées par des élèves indépendamment, suivant les indications du professeur.

Toutefois, le « démarrage » exige, soit la présence du professeur, soit des instructions détaillées sur « la manière de s'y prendre ».

D'autre part, certaines conclusions ne pourront être tirées de certaines observations qu'après une *série* d'observations, chacune de courte durée. Tel est le cas de la rotation solaire : il faut trois à quatre jours pour la constater (projection de l'image solaire sur un écran). Dans ce qui suit, les « problèmes d'observation » sont numérotés (numéros entre crochets).

Premier contact avec le Ciel stellaire [1].

Cette séance est particulièrement importante : elle donne les matériaux fondamentaux sur l'ensemble du cours. Elle doit être reprise quatre fois, de telle manière que les élèves puissent faire connaissance avec les constellations typiques pour chacune des quatre saisons, et avec les « objets » astronomiques qui ne sont visibles qu'à certaines époques de l'année.

Chacune des quatre séances doit avoir un « programme » qui correspond à la saison. Cependant, toutes les quatre auront en commun l'étude des constellations. La première des quatre séances est particulièrement importante, elle devra avoir lieu obligatoirement avant le début du « cours » d'astronomie.

Voici comment on pourra organiser la première séance. Le maître commence par familiariser les élèves avec quelques constellations dans la partie du Ciel proche du méridien Sud, puis près de la Polaire. Parmi ces constellations doivent obligatoirement figurer la Grande et la Petite Ourse. On apprend aux élèves la méthode de localisation des constellations par le tracé de « lignes imaginaires » et la détermination des quatre points cardinaux.

Si l'on dispose d'un parapluie percé de trous qui représentent les étoiles les plus brillantes (« parapluie astronomique », cf. 35° ci-dessous) le travail sera grandement facilité. Un tel parapluie remplace la Carte du Ciel (1). Il est particulièrement avantageux de placer le « parapluie astronomique » sur un support orientable, de manière à ce que la disposition des constellations sur le parapluie et dans le Ciel se correspondent. On pourra marquer les noms des constellations à la craie, sur le fond noir interne du parapluie. C'est un moyen très pratique de faire connaître aux élèves les constellations circumpolaires. Ensuite pourra commencer l'entraînement à la recherche des constellations d'après une carte stellaire.

On peut, à défaut du parapluie, utiliser une carte du Ciel (en projection stéréographique), collée sur un carton, fixée à l'extrémité d'une tige, placée obliquement (dans la direction de l'axe du monde).

Dès le début des observations, il faut que les étudiants repèrent la position de trois astres par rapport à l'horizon : un à l'Ouest, un à l'Est, et un autre dans la direction Sud. Ce dernier pourra être repéré par alignement avec quelque objet visible à l'horizon, d'une extrémité d'un bâton, portant un trou à son extrémité supérieure, ou simplement échancré en V, à son extrémité supérieure. Si l'observation s'effectue sur une « plate-forme astronomique » spécialement aménagée, toutes les opérations se trouvent grandement facilitées.

Après avoir fait remarquer, au bout de quelque temps, la variation des positions des étoiles proches de l'horizon, le maître aura une excellente entrée en matière pour s'attaquer au mouvement diurne en général. Pour cela, il utilisera une lunette ou même une jumelle, fixée à un support immobile. Si l'on dispose d'une chambre photographique, on dirigera celle-ci vers la Polaire, ce qui (après une pose de quelques heures) donnera une série d'arcs représentant le mouvement des étoiles circumpolaires.

C'est en automne, évidemment, qu'aura lieu la première séance, dès la rentrée, quand il ne fait pas encore trop froid, bien qu'en France (contrairement à ce qui se

---

(1) Le « parapluie astronomique » a été inventé simultanément et indépendamment par M.-E. Naboekov et Camille Flammarion (N.d.T.).

passe en U.R.S.S.), les conditions météorologiques soient généralement assez défavorables en octobre.

Les constellations qu'il faudra faire connaître aux élèves dès cette séance sont : la Grande Ourse, la Petite Ourse, Cassiopée, Céphée, Dragon (la Tête seulement), et, dans la mesure du possible : Cygne, Lyre, Aigle, Pégase, Andromède, Cocher (Auriga) et Bouvier (Bootis).

Pour la recherche de ces constellations on mènera des « lignes imaginaires » à partir des constellations circumpolaires (Grande Ourse, Cassiopée, Petite Ourse, Céphée). Une telle méthode de recherche est importante pour que les élèves, qui n'ont pas de peine à se rappeler la position des constellations par rapport à l'horizon, au moment de l'observation, puissent également les retrouver, plus tard, à tout moment, en n'importe quel lieu.

Remarque. — *Une fois terminée la prise de contact avec les constellations, le maître pourra « animer » le spectacle du Ciel, en montrant les objets les plus intéressants du Ciel, ou, du moins en parlant des « objets » les plus importants. Ces commentaires et ces démonstrations doivent comprendre les problèmes suivants : différences d'éclat et de couleur des étoiles, avec indication (évidemment très brève) de la signification de ces caractères pour l'état physique des étoiles.*

Le ciel d'automne donne de grandes possibilités à ce point de vue. Le maître proposera aux élèves d'apprécier la couleur d'Arcturus, Capella, Véga, Deneb. En général, les élèves donnent des appréciations assez exactes des couleurs. Ayant précisé ou corrigé ces appréciations, le maître attire l'attention sur le fait que les couleurs permettent d'apprécier les températures stellaires. Cela conduit les élèves de la géométrie du ciel à sa physique. Ensuite, selon les instruments dont il dispose, le maître montre aux élèves, la Nébuleuse d'Andromède, les Amas dans Persée, l'Amas d'Hercule, avec un bref commentaire. Il montrera éventuellement la Lune ou une planète visible le soir de l'observation.

De telles démonstrations, le soir de la première séance, sont très utiles. Ne montrer que des constellations peut être considéré comme une erreur pédagogique, spécifique de l'ancienne réduction de l'astronomie à l'astronomie de position. Il faut que, dès le premier contact avec le Ciel, les élèves sachent ne pas se borner à la disposition des étoiles, mais soient intéressés à une connaissance plus physique des objets dont il sera question dans le cours.

Il faudra consolider (et contrôler) la connaissance des constellations circumpolaires. Voici un moyen de contrôle commode : transporter les élèves en un autre lieu, éventuellement proche du premier, mais avec une « ligne d'horizon » différente. Ce changement de repères terrestres oblige les élèves à se servir des « lignes imaginaires » uniquement. Ainsi, le maître peut détecter les élèves qui ont mal assimilé l'essentiel, et les aider à consolider leur savoir. Si le maître dispose d'un « parapluie astronomique », en plaçant celui-ci dans des positions différentes, il pourra s'en servir pour des exercices analogues à ceux que permettent en géographie des « Cartes muettes ».

Comme devoir à la maison, après cette première séance de « travaux pratiques », on pourra proposer aux élèves de décrire la séance (Qu'avez-vous vu ? — Réponse avec dessins et explications à l'appui). Le maître « corrigera » ce devoir, notera les erreurs, les omissions, il discutera en classe les erreurs les plus communes, et expliquera à chaque élève les imperfections de son travail. Cette manière de procéder montrera aux élèves qu'en sciences l'exposé écrit d'un travail joue un rôle important. Quant au maître, il saura ainsi quels ont été les défauts de son propre travail, et il fera mieux l'année suivante.

Evidemment, toutes ces observations ne sont pas obligatoires : le maître choisira dans le programme que nous venons de tracer, et ajoutera ce qui lui paraîtra utile. Mais il ne perdra jamais de vue, que les belles soirées sont rares, aussi bien en

France qu'en U.R.S.S., et qu'il faut « voir » le plus de choses possible, quand le ciel est clair.

Les trois autres séances de cette même série n'auront pas tout à fait le même caractère, car les élèves, à mesure que le cours progressera, feront preuve de plus en plus d'initiative, dans la recherche des constellations nouvelles, et dans la conduite des travaux pratiques. La seconde séance, outre la reconnaissance des constellations d'après la Carte, pourra être combinée avec les travaux pratiques d'astronomie de position (en rapport avec ce qui a été vu au cours) ; comme la première, elle pourra se terminer par des questions d'ordre astrophysique.

Dans la troisième et la quatrième séance d'observation du Ciel, on pourra introduire, non seulement des travaux pratiques, mais aussi des observations personnelles, d'astrophysique, effectuées par des élèves. Evidemment, à chaque séance les directives et les explications du maître sont indispensables, d'autant plus que la recherche de certains objets ne pourra être effectuée que par lui-même.

Observations données « en devoir ».

[2] *Les observations du mouvement apparent du Soleil* ont pour but d'abord le tracé des hauteurs du Soleil, à midi, sur un graphique en fonction de la date, puis, compte tenu de la latitude du lieu supposée connue, tracé de l'écliptique. Les observations sont effectuées au voisinage du midi vrai, au moyen d'un instrument permettant la mesure des angles. Dans le cas le plus simple, au lieu d'un tel instrument, on pourra utiliser la longueur de l'ombre d'un gnomon.

[3] *Les observations du mouvement apparent des planètes* et de la Lune, ont pour but l'obtention de données concrètes sur le déplacement de ces astres par rapport aux étoiles ; de telles données sont indispensables pour la suite du cours.

Le mouvement apparent de la planète est marqué sur une copie de la Carte du Ciel, en notant, en même temps, l'instant de l'observation. De toutes les planètes visibles à un instant donné, il faut choisir, pour de telles observations, deux planètes avec le mouvement apparent le plus notable, et il est bon d'y inclure, si possible Vénus. De leur côté, Mars et Jupiter sont des objets qui se prêtent bien à des observations de ce type.

[4] *Les observations du mouvement apparent de la Lune.* Pour l'observation du déplacement de la Lune parmi les étoiles et l'observation de ses phases, une carte de la partie équatoriale du Ciel, entre les déclinaisons $+ 30°$ et $- 30°$, avec les étoiles les plus brillantes et les constellations zodiacales, est indispensable. Pendant un mois les élèves marqueront sur une telle carte les positions de la Lune, et ses phases, en précisant les dates des observations.

[5] *Les observations des satellites de Jupiter* ont pour but de montrer aux élèves un modèle de système planétaire. Ici l'essentiel est le mouvement des satellites. Par conséquent, il est insuffisant de convaincre les élèves de l'existence des satellites : il faut organiser les observations de telle manière qu'on puisse observer les déplacements, et, si possible (si les instruments le permettent), les éclipses des satellites. Une jumelle suffit pour ce genre d'observation, si le grossissement est égal ou supérieur à six, et si le support est suffisamment stable. Une petite lunette est largement suffisante.

[6] *Les observations solaires.* Les observations télescopiques du Soleil ont pour but de mettre en évidence sa rotation et la modification de l'aspect des taches. En projetant l'image du Soleil sur un écran, on peut observer des taches, même avec un petit instrument. Il suffit d'effectuer des observations plusieurs jours de suite pour mettre en évidence, d'une part, la variation d'aspect et le déplacement des taches dus à la rotation du Soleil, et, d'autre part, l'apparition de nouvelles taches, ou la disparition des taches anciennes, ou leur division en taches partielles. On doit conduire ces observations en dessinant sur l'écran la disposition des taches et en marquant la direction de l'axe de rotation du Soleil.

Lorsque l'instrument est fixe, l'image du Soleil se déplace sur l'écran. Si nous marquons sur l'écran deux positions successives d'une seule et même tache, nous aurons la position du « parallèle diurne » du Soleil, c'est-à-dire la direction « Est-Ouest » (pour le disque du Soleil).

Pour un tel travail, une jumelle à prisme suffit : on peut fixer cette jumelle sur une planche avec un écran de contreplaqué préparé d'avance : sur l'écran on fixe une feuille de papier à l'aide de quelques punaises. Il faut déterminer la dimension de l'image du Soleil, par des essais, et préparer d'avance, ensuite, des cercles de rayon correspondant. Quand les élèves, soit grâce aux observations, soit grâce au cours du professeur, sauront que le Soleil possède un mouvement de rotation propre, il faudra, en utilisant les données d'un annuaire astronomique, marquer sur le dessin la direction de l'axe de rotation propre du Soleil, et la position de l'équateur solaire, et c'est à cela que sert le repérage du « mouvement diurne » du Soleil sur l'écran.

[7] *Observations de la couleur des étoiles.* Ces observations ont pour but d'approfondir la notion que les élèves possèdent des étoiles en tant que corps physiques (et non simples points lumineux). Il est très souhaitable de jumeler ces observations avec l'examen des spectres stellaires. Ce dernier peut être effectué en plaçant devant l'objectif de l'instrument optique, qui sert aux observations, un prisme de petit angle.

Au lieu du prisme on peut aussi utiliser un réseau de diffraction, d'un faible nombre de traits au millimètre. Il faut choisir le prisme ou le réseau de telle manière que les spectres soient assez brillants et restent, en même temps, dans le champ de l'instrument. Il faut donc que le grossissement soit faible, et le champ aussi grand que possible. L'expérience d'utilisation du réseau montre que pour de telles observations une jumelle suffit amplement.

Il faut choisir des étoiles plus brillantes que la magnitude 2,5 (en utilisant le « Manuel de l'astronome amateur » russe ou « L'annuaire Flammarion »).

[9] *Observation d'étoiles variables.* Ces observations sont importantes, d'abord parce qu'elles illustrent la partie du cours relative à la nature des étoiles. Mais, surtout, elles permettent à l'élève de constater par lui-même que le Ciel stellaire n'est pas un modèle de constance, puisqu'il existe des étoiles dont l'éclat varie. Il est parfaitement inutile d'enseigner aux élèves la méthode d'estimation visuelle des éclats (méthode des « degrés » d'Argelander), il suffit seulement d'indiquer des étoiles de comparaison telles que la perception de la différence entre l'éclat de l'étoile étudiée et l'étoile de comparaison soit facile. Il faut choisir des variables telles que la variation soit continue et avec une période ne dépassant pas dix jours.

Les étoiles les plus commodes dans ce but sont : β Lyrae et δ Céphée ; cette dernière convient tout particulièrement du fait qu'elle est toujours visible, aux latitudes moyennes (et en particulier en France). Les observations de l'ensemble des élèves, accompagnées d'indications horaires, doivent être converties en un graphique. Ce dernier travail pourra être confié aux élèves particulièrement actifs et doués.

[11] *Observations de la Voie Lactée.* Un travail utile consiste dans l'exécution d'un dessin de la Voie Lactée, avec, si possible, estimation de la brillance des différentes parties. Ce travail amène à une meilleure compréhension des questions relatives à la structure de la Galaxie.

Ce travail peut être exécuté sans aucun instrument ; une carte générale du Ciel stellaire (ne portant pas la Voie Lactée) suffit. Les élèves portent leurs observations sur cette carte.

Les observations illustratives.

Ces observations sont au fond analogues aux observations introductives. Dans certains cas, on est conduit à remplacer les observations introductives par des observations illustratives et vice-versa. Nous compterons parmi les observations illustratives aussi celles qui se rapportent à des phénomènes rares : éclipses solaires ou

lunaires, comètes, essaims météoriques. Les principaux objets des observations illustratives sont les corps de notre système solaire : le Soleil, la Lune, les planètes ; puis les objets stellaires : nébuleuses, amas, Voie Lactée, étoiles doubles et étoiles variables.

Ici il faut mettre le professeur en garde contre la recherche de trop forts grossissements. Les conditions atmosphériques défavorables et le manque d'habileté des débutants, dans le travail d'observation, risquent de décevoir les débutants si l'on emploie des grossissements trop forts, car l'image ne sera pas assez belle.

Il faut surtout saisir toutes les occasions qui permettent de faire observer des modifications dans l'objet examiné. Une modification observée par l'élève lui-même l'impressionne toujours tout particulièrement. C'est ainsi, par exemple, que lors des observations du Soleil sur un écran, il faudra faire examiner par les élèves la structure d'une grosse tache irrégulière quelconque, car dans de telles taches, la modification des détails se produit assez rapidement, en une heure ou en moins d'une heure.

En examinant Jupiter dans une bonne lunette, on peut de même observer la rotation de la planète lors de deux observations séparées par un intervalle de une à deux heures.

Il est particulièrement facile de suivre la variation de l'éclairement de la surface de la Lune par le Soleil. A tout moment, au bord de l'ombre (terminateur), avant la pleine Lune, on peut trouver un sommet quelconque, qui, au début de l'observation, apparaît comme une petite tache lumineuse sur fond sombre, mais qui, au bout d'une demi-heure ou d'une heure, devient nettement visible. D'une manière générale, l'étude détaillée des particularités de la surface lunaire est une des observations illustratives particulièrement commodes et utiles, d'autant plus que de telles observations n'exigent pas d'instruments très puissants.

En ce qui concerne les planètes, une des plus commodes, est évidemment Jupiter, dont le grand diamètre apparent permet d'utiliser des instruments peu puissants. La rotation de Jupiter peut s'observer pendant la durée d'une séance.

L'étude de Vénus a pour but de montrer aux élèves ses phases. En raison de la grande brillance de la planète, il vaut mieux, quand on l'observe au moyen d'un réfracteur, effectuer l'observation au début de la soirée, avant la nuit complète. En effet, lorsque l'objectif du réfracteur n'est pas parfaitement achromatique, les bordures colorées deviennent trop visibles lorsque la nuit est complète. La position la plus avantageuse pour l'observation de Vénus, avec un petit instrument, s'effectue entre la conjonction inférieure et la plus grande élongation. Le diamètre apparent est alors suffisant et la phase est en forme de croissant, ce qui est plus frappant qu'un cercle incomplet. Si, au moment de l'observation de Vénus on peut observer la Lune, on ne manquera pas de faire comparer les phases des deux astres.

On ne manquera pas, non plus, de montrer aux élèves Saturne et ses anneaux, et si l'instrument le permet, on fera observer l'ombre de la planète sur son anneau.

La démonstration des étoiles doubles commencera avantageusement par Mizar et Alcor, après quoi on passera à des couples plus serrés (le choix ici dépend de l'instrument : il est prudent d'essayer plusieurs couples d'après des annuaires, avant la séance avec les élèves). Il est particulièrement utile de montrer des étoiles multiples (par exemple θ Orion).

L'observation des éclipses du Soleil et de la Lune doit être prévue au cours de l'année, et proposée en devoir.

L'observation des comètes brillantes et surtout des novae peut être prévue d'après les annuaires, mais si de tels phénomènes sont annoncés par les journaux, il faudra organiser leur observation.

Quelle tâche proposera-t-on aux élèves à l'occasion d'une éclipse de Lune ? On cherchera à familiariser les élèves avec la marche du phénomène, avec la forme de l'ombre de la Terre (argument convaincant en faveur de l'affirmation que la Terre est sphérique) et avec les particularités de la coloration de la Lune. Il suffit de

choisir de faibles grossissements (pour que tout le disque soit dans le champ). Les étudiants doivent préparer d'avance des cercles représentant le disque tel qu'il se présentera au cours des observations avec l'instrument donné. Les élèves dessineront la Lune, à intervalles réguliers, de préférence avec des crayons de couleur, et ils marqueront sur chaque dessin, l'heure de l'observation. Une telle succession de dessins donne une excellente représentation de la marche du phénomène, et peut être ensuite utilisée comme illustration lors du cours. Après l'exécution du travail on peut montrer aux élèves les dessins les plus réussis de leurs camarades en insistant sur leurs qualités, tout en indiquant les défauts des dessins particulièrement mauvais.

Lors de l'observation d'une éclipse de Soleil, on procédera de manière analogue, mais en projetant l'image du Soleil sur un écran. Si l'éclipse est totale, il ne faut pas manquer de faire dessiner la couronne solaire, de préférence au crayon de couleur ou à la peinture. De telles observations peuvent même avoir un certain intérêt scientifique. Avant l'éclipse, il faut déterminer d'après les annuaires son heure exacte pour le lieu de l'observation et faire vérifier par les élèves que la prévision était exacte (ce qui suppose que les montres ont été bien mises à l'heure), pour les différentes phases du phénomène.

Les observations facultatives des essaims météoriques ont pour but de donner aux étudiants l'idée que ce phénomène obéit à une loi, tant en ce qui concerne l'accroissement du nombre de météores, à mesure que l'on s'approche du maximum de densité de l'essaim, qu'en ce qui concerne la fixité du « radiant ». Pour de telles observations chaque élève sera muni d'une carte de la région correspondante du Ciel, avec laquelle il tâchera de se familiariser d'avance, afin de pouvoir porter sur la carte, le météore qu'il aura observé. Il faut partager les élèves en petits groupes, chaque groupe se voyant confier la surveillance d'une région déterminée du Ciel, dans la partie où doit s'observer le phénomène. De telles observations peuvent être collectives ou individuelles, mais il est indispensable, dans les deux cas, de reporter ensuite l'ensemble des observations sur une seule carte.

Le maître préviendra les élèves, s'il apprend qu'une comète est visible à l'œil nu ou à la lunette. Il leur communiquera l'heure la plus favorable, la position dans le Ciel, et les prévisions en ce qui concerne son mouvement parmi les étoiles. La carte de la région du ciel où se trouvera la comète sera affichée en classe. On proposera aux élèves de noter le mouvement de la comète par rapport aux étoiles (comme pour une planète), ainsi que les modifications de l'aspect de la comète.

De telles observations peuvent être effectuées collectivement, avec la participation directe du maître, ou bien, comme devoir effectué individuellement. Le mieux est de commencer par une observation collective suivie d'observations individuelles proposées en devoir.

Lors de l'apparition d'une nova, on procédera comme pour une comète. Mais ici on se proposera d'estimer l'éclat de la nova, en utilisant les habitudes acquises lors de l'observation des étoiles variables.

Les travaux pratiques d'observation.

Comme on l'a dit plus haut, ces travaux ont pour but de donner aux élèves l'occasion d'appliquer leurs connaissances à divers problèmes pratiques. On leur apprendra comment l'astronomie permet de s'orienter, et on leur fera remarquer que cela leur sera utile plus tard pour la navigation aérienne et maritime, ou s'ils font de l'exploration géographique. On insistera sur l'importance de telles connaissances pour la défense nationale.

Evidemment l'orientation au moyen de la Polaire est classique. Ce n'est pas une raison pour la négliger. Bien au contraire, on s'assurera que tous les élèves connaissent et savent appliquer cette méthode. Mais on apprendra aux élèves à s'orienter également au moyen de la Lune. des Constellations équatoriales et du Soleil.

L'orientation au moyen de la Lune peut être effectuée de manière approchée, si les étudiants se rappellent de quel angle la Lune est séparée du Soleil pour les

différentes phases, sur la sphère céleste, et dans quelle partie de la voûte céleste elle doit apparaître. Inversement, si les points cardinaux ont déjà été repérés, la Lune peut servir, en absence d'une montre pour une détermination approchée de l'heure.

. Les constellations équatoriales (en particulier zodiacales), peuvent servir, lorsque la partie Nord du ciel est cachée par les nuages, à la détermination de la direction Sud (si l'on a l'heure) et à la détermination de l'heure (si l'on connaît la direction Sud). Quels que soient les thèmes de la séance des travaux pratiques, il faudra toujours consacrer un certain temps à la familiarisation des élèves avec les constellations de la zone équatoriale.

L'étude des constellations équatoriales, visibles au voisinage de minuit est désirable parce que, en été, les soirées sont claires, et les constellations ne deviennent nettement visibles qu'assez tard. Si, au contraire, on ne se rappelle que des constellations visibles dès la tombée de la nuit, on ne verra aucune différence entre l'automne et l'hiver, car entre l'équinoxe d'automne et le solstice d'hiver, le Soleil se couche de plus en plus tôt. A cette occasion, le maître pourra apprendre aux élèves comment une carte, munie d'indication des ascensions droites, permet de prévoir qu'elles seront les constellations visibles en culmination supérieure, 1, 2, 3 heures avant minuit, ou plus tard.

En ce qui concerne l'orientation de jour, d'après le Soleil, on peut la faire d'une manière plus précise qu'on ne le fait en général, si l'on construit un cadran solaire horizontal, en carton (avec un index oblique qui se plie afin de permettre de garder le cadran dans sa poche ou dans un carnet). Un tel cadran (quand on a aussi une montre-bracelet ordinaire) permet, à n'importe quel moment de la journée, de « trouver le Sud ». Il suffit pour cela, tenant le cadran portatif horizontalement, de placer celui-ci de manière à ce qu'il montre l'heure locale, que l'on calcule au moyen de la montre ordinaire. Evidemment, le cadran doit être construit pour la latitude moyenne (à 2°-3° près) de la région où l'on pourra avoir besoin de s'orienter.

Les travaux pratiques et les observations correspondantes sont possibles et nécessaires principalement pour la première partie du cours, relative à l'astronomie sphérique. On pourra aussi inclure dans ces travaux pratiques la détermination du méridien d'après la Polaire (approximativement), la détermination de la direction Nord-Sud au moyen du Soleil, la détermination de la latitude au moyen de la Polaire ou des étoiles lors de leur passage au méridien (variante : détermination de la déclinaison d'une étoile, quand la latitude du lieu est connue).

Les travaux pratiques d'orientation doivent être jumelés avec des excursions. Il faut préparer le travail avec le chef de l'excursion, qui pourra « corser le jeu » à l'aide de détails utiles et amusants.

On remarquera que la liste ci-dessus représente plutôt un maximum. Le maître tiendra compte du matériel d'enseignement disponible, de la région, de la saison, de l'ensemble du programme auquel sont soumis les élèves. C'est ainsi, par exemple, que dans une région maritime, il insistera tout particulièrement sur les travaux permettant de faire un point approché en mer.

En astrophysique on peut indiquer aussi divers travaux pratiques proches, par leur programme des observations introductives ou illustratives. Observation des taches solaires, des étoiles variables, photographie du Ciel avec un appareil photographique ordinaire. En utilisant une installation très primitive, les élèves, en se relayant, pourront obtenir un cliché d'une durée de pose d'une demi-heure à une heure, et ayant développé le cliché se convaincre de la puissance de cette méthode d'observation.

Le travail de l'étude du Soleil est particulièrement intéressant, en tant qu'introduction des élèves au problème de l'utilisation de l'énergie solaire (en cours de gros progrès en France). On pourra, par exemple, utiliser une vieille boîte de conserves, à fond noirci au noir de fumée, et constater son très rapide échauffement, avec un collecteur de lumière même très primitif.

Visites d'Observatoires astronomiques.

Le cours comprendra obligatoirement un certain nombre de visites à l'observatoire le plus proche. Le but de la visite : montrer l'aspect des astres dans un instrument puissant, visite éventuelle du Planétarium, contact avec l'observatoire, contact avec les installations connexes.

Certes, certaines écoles sont défavorisées par leur éloignement de tout observatoire astronomique, mais lors d'une excursion au voisinage d'un observatoire on ne manquera pas de le visiter.

Lors de la visite, le maître n'oubliera pas qu'il ne saurait, faute de temps, tout faire voir, et il n'oubliera pas aussi qu'il lui appartient d'assurer la discipline, protégeant à la fois les instruments et les élèves contre tout accident. C'est pourquoi, pendant que les élèves ne sont pas occupés directement à observer, il leur assignera une tâche quelconque, par exemple, il leur fera faire des dessins à l'œil nu, de la région du ciel qu'ils observeront à travers l'instrument. Occupés de cette manière, les élèves ne dérangeront pas leurs camarades, qui, pendant ce temps, à tour de rôle, observeront à la lunette.

Avant la visite, il est indispensable d'exposer brièvement aux élèves ce qu'ils vont observer, sur quoi il leur faudra spécialement porter l'attention, lors de l'examen de différents « objets » astronomiques, et discuter avec eux de la manière dont ils s'y prendront pour faire les dessins. Pour éviter les trop habituelles déceptions, lors des observations avec les gros instruments, le maître expliquera ce qu'est le grossissement, comment le champ se retrécit en fonction du grossissement, comment varie la brillance des objets en fonction du grossissement, et enfin, dans quelle mesure la qualité des images est détériorée par l'agitation atmosphérique et par l'impureté de l'atmosphère.

Il est aussi indispensable que le maître s'entende parfaitement avec la personne qui fera visiter l'observatoire (généralement un membre de son personnel). Le maître indiquera le degré de préparation des élèves, indiquera d'avance ce qu'il faudra leur montrer et de quelles explications il faudra l'accompagner. Il est bon de demander à la personne de l'observatoire, de montrer d'abord la lunette et son installation, indiquer comment on regarde dans un oculaire, et expliquer quel est le grossissement et le champ qu'on se propose d'utiliser, et tout cela avant d'éteindre la lumière.

Après la visite, il faudra examiner les dessins et les notes des élèves, leur expliquer ce qu'ils ont perçu incorrectement, ensuite faire une discussion générale, et charger les élèves les plus actifs et les plus intéressés par l'astronomie, de faire une synthèse de toutes les observations sous la forme de plusieurs dessins généraux.

Lors de la visite de l'observatoire lui-même, il ne faudra montrer aux élèves que l'essentiel. Il ne faut pas se laisser entraîner à s'attarder aux petits détails des instruments astronomiques. On montrera évidemment un instrument de mesure angulaire, une lunette méridienne, un réfracteur à monture équatoriale, une chambre photographique, un chronomètre et une horloge astronomique. On montrera aussi, sans entrer dans les détails, un instrument servant à mesurer les clichés photographiques, sans oublier d'insister sur leur destination. Si l'observatoire possède un service de l'heure, il faudra montrer le schéma général de ce service aux élèves-visiteurs.

Enfin, il faudra montrer aux élèves un quelconque des atlas détaillés, et un catalogue stellaire. A la fin de la visite, il n'est pas mauvais de montrer aux élèves quelques clichés (négatifs et positifs) du Soleil, de la Lune, d'un champ stellaire, d'un spectre ou des meilleurs dessins obtenus à l'observatoire visité.

Il faudra veiller à ne pas redire ce qui a été déjà dit au cours, mais à approfondir les connaissances déjà acquises, et insister sur la haute précision des observations astronomiques, faites « pour de bon » à l'observatoire visité.

Avant la visite, le maître, après avoir consulté les astronomes professionnels, devra être en mesure de raconter aux élèves quels sont les problèmes que se propose de résoudre l'observatoire visité (et les observatoires en général).

A la fin de la visite, il ne faut pas retenir trop longtemps les élèves par des explications. Donner aux élèves un devoir ayant pour sujet la description de ce qu'ils ont vu à l'observatoire (organisation de l'observatoire).

M. E. Nabokov. Traduction : V. Kourganoff.