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

par le Professeur M.-E. NABOKOV

Traduit du russe par V. KOURGANOFF,
professeur d'astronomie à la Faculté des Sciences de Lille

INTRODUCTION

Le texte ci-dessous représente une traduction abrégée d'une partie du remarquable livre du professeur NABOKOV, *sur la pédagogie de l'enseignement de l'astronomie dans les Lycées et Collèges. Cet ouvrage, qui en est à sa seconde édition, en 15.000 exemplaires, est le fruit d'une très longue expérience. Il se distingue par l'ingéniosité des méthodes proposées et par la simplicité des moyens matériels qu'il s'agit de mettre en œuvre. Comme tel, il se recommande à ceux de nos Collègues français qui désireraient rendre l'enseignement de l'astronomie plus concret, sans pour autant passer tout leur temps à « bricoler » des appareils compliqués.*

Les suggestions du professeur NABOKOV *sont parfois si simples qu'elles pourraient paraître naïves à certains lecteurs inexpérimentés. Mais en y regardant de plus près, on s'apercevra, je l'espère, que cette apparente naïveté cache un excellent esprit pratique, et une psychologie très fine des élèves et des professeurs. J'y ai appris personnellement beaucoup de choses très précieuses, et, le professeur* MINNAERT, *Directeur de l'Observatoire d'Utrecht, grand spécialiste de la pédagogie astronomique, qui avait attiré mon attention sur cet ouvrage, pense comme moi qu'il est unique en son genre* (1).

La partie qui n'a pas encore été traduite se rapporte à la construction, par des moyens de fortune, du matériel d'enseignement d'astronomie et à la pédagogie d'une série de questions particulières. Nous espérons pouvoir en donner également la traduction dans un avenir pas trop lointain.

Dans notre résumé, nous avons laissé de côté toutes sortes de considérations politiques, parfois fort intéressantes, de l'auteur, et nous n'avons retenu que les conseils pédagogiques, et nous bornant à ce qui nous semblait pouvoir intéresser un lecteur français. C'est ainsi que nous avons laissé de côté un historique du développement de l'astronomie en général, et plus particulièrement du développement de l'astronomie en Russie, depuis l'époque de Pierre le Grand jusqu'à nos jours. Par contre, nous avons conservé parfois des indications sur quelques particularités de la pédagogie soviétique, dont certaines sont assez caractéristiques.

V. KOURGANOFF.

I. — GENERALITES

NABOKOV rappelle d'abord que l'enseignement de l'astronomie a pour but de donner aux élèves une première notion du mouvement et de la nature des corps célestes, de la structure de l'Univers et de la place que l'homme y occupe. On doit aussi faire connaître aux élèves les méthodes de l'astronomie et les principales acquisitions de cette science.

L'astronomie est essentiellement une science d'observation. La source de nos connaissances sur les astres est constituée par les radiations captées par les instruments astronomiques. Autrefois on considérait les rayons lumineux uniquement comme une ligne géométrique qui donnait la possibilité de déterminer la direction

(1) C'est le seul livre consacré, au cours des 40 dernières années, à la pédagogie de l'enseignement de l'astronomie.

de l'astre. Le développement des connaissances concernant la nature de la lumière a permis, plus tard, non seulement de déterminer la position et le mouvement des corps célestes, mais aussi d'étudier leur état physique, leur composition chimique et divers processus de phénomènes qui s'y déroulent.

Alors que la méthode fondamentale de la physique réside dans l'expérience, en astronomie, la méthode fondamentale est l'observation. Ce n'est qu'au moyen de l'observation que l'on peut expliquer les faits, les relations causales entre les faits et que l'on peut arriver à faire la théorie des phénomènes. Dans l'Enseignement Secondaire, on ne saurait songer à exposer les méthodes de cette science dans tous leurs détails. Cependant, l'exposé des fondements d'une science ne saurait être entièrement étranger à la description de la méthode employée par la science considérée. Cette exigence est particulièrement fondamentale en ce qui concerne l'enseignement de l'astronomie dans l'Enseignement Secondaire.

Dans la plupart des matières enseignées à l'école, telles que la botanique, la zoologie, etc..., on étudie des objets suffisamment familiers aux élèves, par des observations quotidiennes, ou du moins faciles à montrer au moyen d'appareils usuels, comme cela se passe, par exemple, pour l'examen des micro-organismes au moyen du microscope. Il en est tout autrement des objets de l'astronomie qui, pour la plupart, sont insuffisamment connus des élèves et les moyens d'observation de l'astronomie leur sont généralement inaccessibles. Montrer toutes sortes de dessins et de photographies ne suffit pas. L'élève ne sera convaincu que s'il a une idée tout à fait claire de la méthode au moyen de laquelle ont été obtenus ces dessins et ces photographies. Montrer des résultats sans expliquer clairement les méthodes au moyen desquelles ces résultats ont été obtenus risque de rendre l'enseignement dogmatique et l'acceptation des vues du professeur risquerait de devenir, pour l'élève, un acte de foi.

Il faut expliquer les méthodes de l'astronomie, non seulement à l'occasion des différents documents, mais aussi lors de l'observation des astres par les élèves eux-mêmes. Il faut s'efforcer de reproduire, même dans les observations les plus élémentaires, les méthodes fondamentales de l'astronomie. Les observations scolaires permettront alors, non seulement de comprendre mieux les méthodes, mais aussi donneront de précieux renseignements sur l'application de la théorie à la pratique et, en particulier, apprendront aux élèves à s'orienter au moyen des étoiles.

Bien entendu, il faut profiter de toutes les occasions pour souligner l'héroïsme des représentants d'avant-garde de la Science dans leur lutte contre toutes sortes de superstitions, notamment à propos des grands génies de la Renaissance : Copernic, Bruno et Galilée.

Les méthodes d'enseignement de l'astronomie.

L'enseignement de l'astronomie se compose du cours du professeur, des observations qui accompagnent ou précèdent ce cours, de la résolution de problèmes et de l'exécution de travaux pratiques, de la consolidation du savoir au moyen d'un manuel et de la vérification de l'état des connaissances des élèves par le professeur.

Tous ces procédés pédagogiques sont communs à toutes les disciplines physico-mathématiques. Il faut insister, une fois de plus, sur le fait qu'en plus du contenu de l'astronomie, les méthodes de cette science doivent se refléter dans le cours du professeur. Cela veut dire que les conclusions, basées sur des faits et déduites des observations étant l'origine des principales conclusions, l'exposé de l'astronomie doit toujours partir des faits observés par les élèves eux-mêmes, ou des observations effectuées dans des observations astronomiques lorsque les observations par les élèves sont impossibles. Mais, même dans ce dernier cas, il faut expliquer aux étudiants les fondements de la méthode scientifique en s'appuyant sur l'approfondissement des observations effectuées par les étudiants eux-mêmes. Quand les étudiants ont effectué

des observations, le cours devra commencer par une brève interrogation sur les résultats des observations, par leur explication, par la correction des principales erreurs et se poursuivre par la généralisation qui pourra servir au professeur comme base de son exposé.

Si les élèves n'ont pas pu effectuer d'observations, et si l'exposé doit s'appuyer sur des données d'observations, il faudra les communiquer aux élèves de la manière la plus concrète possible, et si possible en indiquant la méthode par laquelle ces données ont été obtenues. C'est ainsi, par exemple, qu'en parlant du mouvement apparent du Soleil sur l'écliptique, il faut commencer par des notions élémentaires, telles que la grande hauteur du Soleil en été et la faible hauteur du Soleil en hiver, mais en précisant les idées par la description des observations plus précises et plus détaillées au moyen des instruments astronomiques.

Une telle introduction, dans chaque chapitre du programme, donne l'occasion, dans certains cas, d'utiliser des méthodes heuristiques d'exposition, d'activer les élèves, de donner une impulsion à leur pensée. Dans tous les cas, la leçon doit être construite sur le schéma : *observation-théorie-application de la théorie*. Il est évident que, dans les différents chapitres, les applications se présentent de manières très différentes. C'est dans l'astronomie sphérique que l'on trouve le plus grand nombre d'occasions pour expliquer la relation entre la théorie et la pratique. Pour que ces exemples soient réellement assimilés par les élèves, il faut qu'ils se présentent comme une pratique contemporaine et non un procédé pédagogique. C'est ainsi, par exemple, qu'en parlant de la détermination des latitudes au moyen des observations, on ne se bornera pas à la description d'instruments désuets, mais l'on expliquera que la détermination de la latitude peut se faire au moyen des observations de n'importe quelle étoile au moment de sa culmination, ce qui donnera l'occasion de montrer aux étudiants, ne serait-ce qu'un modèle de théodolite, de sextant, etc... c'est-à-dire des instruments modernes dont on se sert pour ce genre d'opération. De même, il faudra expliquer à cette occasion que la détermination des coordonnées équatoriales sert, non seulement à l'établissement de la structure du système stellaire, mais aussi sert de fondement à la détermination des latitudes.

Dans l'astronomie théorique, il n'est pas toujours possible, et il n'est même pas toujours nécessaire, de trouver de tels exemples. Dans cette partie de l'astronomie, on peut montrer comment l'application de la théorie à l'objet même de l'étude, permet une connaissance plus approfondie qui se traduit par des relations quantitatives. C'est ainsi, par exemple, qu'après avoir exposé la théorie de Copernic, on pourra montrer, à propos de la distance relative de Vénus au Soleil, comment la théorie de Copernic a permis de remplacer le schéma ancien de Ptolémée par un système, exclusivement fondé comme lui sur des mesures angulaires, mais dans lequel les rapports des distances des planètes au Soleil étaient facilement mis en évidence et devenaient directement mesurables. Cet avantage a d'ailleurs milité en faveur de la théorie de Copernic, ne serait-ce qu'en permettant les recherches de Képler (1). Il faut s'inspirer de la même méthode, même dans la partie astrophysique du cours. Ainsi, par exemple, si l'on est en train de décrire la structure de la Galaxie, et l'existence de son noyau central, il faut immédiatement expliquer que, de là, on pourra déduire la nécessité de la révolution de toutes les étoiles autour du centre et, par conséquent, la possibilité de déterminer la période de rotation du Soleil autour de ce centre.

---

(1) Dans le texte même de Nabokov, le système de Copernic est qualifié de « réellement matériel » et la facilité avec laquelle il permet l'évaluation des rapports des distances des planètes est qualifiée de preuve en sa faveur. Nous avons cru plus exact de substituer une autre interprétation. (*N. du T.*).

Une telle méthode d'exposition correspond également au besoin intellectuel des élèves qui veulent savoir « d'où ça sort » et « à quoi cela sert ». C'est pourquoi la séparation de la théorie et de la pratique, qui consiste à rejeter les applications pratiques vers la fin du cours, est absolument inadmissible ; ce serait tout à fait contraire à l'esprit de l'astronomie et à sa méthode.

Les considérations ci-dessus montrent que ce n'est pas seulement l'astrophysique, mais toute l'astronomie, convenablement exposée, qui peut être importante pour l'éducation des élèves, à condition que l'exposition ne soit, ni formelle, ni abstraite, mais toujours reliée à l'expérience et à la pratique.

L'histoire de l'astronomie, dans la mesure où on peut l'introduire dans le cours, est importante dans la mesure où elle montre le progrès des approximations successives vers la vérité et vers une précision de plus en plus grande de certaines caractéristiques numériques (par exemple, la parallaxe solaire). Il ne suffit pas de se borner à évoquer les noms des astronomes, il faut encore expliquer la signification de leurs découvertes. Il faut expliquer quel était le problème général qui se posait à telle ou telle époque, par qui et comment ce problème a été résolu et quelle a été l'influence de cette solution sur le développement général de la science.

La partie astrophysique du cours doit avoir pour but d'expliquer les lois de développement des corps célestes. Cette explication doit être basée sur les résultats des observations et sur les lois de la nature. On peut évidemment réunir un grand nombre d'observations, de descriptions, de photographies, mais il ne suffit pas de montrer aux élèves un grand nombre de dessins et de descriptions. Des diapositives disponibles il faut sélectionner un minimum qui correspond à la structure logique de l'exposé, qui devrait conduire par des arguments bien déterminés vers une conclusion nécessaire. Cela se rapporte également aux « tables astronomiques » qui peuvent aider considérablement dans l'exposé.

C'est ainsi qu'en parlant de la Lune, il est rationnel de montrer d'abord l'aspect de la Lune au premier quartier, puis la pleine Lune ; la carte de la surface lunaire et (avec un très fort grossissement) la région lunaire la plus caractéristique (par exemple la Mer des Pluies avec des cirques et des chaînes de montagnes), en particulier des cirques. Les données sur l'intensité du champ de gravitation sur la Lune, serviront de base pour l'explication de l'origine des formations de la surface lunaire. Il est extrêmement souhaitable que les faits énumérés devant les élèves soient, ne serait-ce que partiellement, conformes à leurs observations personnelles.

Importance des observations astronomiques effectuées par les élèves.

Les observations servent aux conclusions et aux généralisations. Ce sont des matériaux pour des déductions théoriques. Les observations sont donc nécessaires, non seulement pour rendre le cours plus vivant, elles sont nécessaires avant tout pour comprendre les méthodes fondamentales de l'astronomie et, en même temps, pour comprendre les applications pratiques de l'astronomie.

Les observations astronomiques jouent le même rôle dans le cours d'astronomie que les démonstrations et les travaux de laboratoire en physique. Cependant, les observations astronomiques ont des particularités qui les distinguent considérablement des expériences de physique. Tout d'abord, les observations (à quelques exceptions près) ne peuvent pas être effectuées au cours de la leçon, tant à cause de l'heure de la leçon qu'à cause de la position défavorable de certains astres, ou enfin à cause des conditions météorologiques défavorables. Cela introduit des difficultés d'organisation. En plus de ces difficultés, le professeur d'astronomie se heurte à la nécessité de faire appel à la mémoire des élèves en invoquant des perceptions fugitives ressenties par les étudiants au cours des observations. Cette circonstance exige des précautions toutes particulières dans l'organisation et l'exécution des observations, de manière à assurer une mémorisation exacte des résultats de ces observations. Le

professeur doit s'efforcer de trouver, pour chaque sorte d'observation, la forme la plus adéquate, celle qui permet de dégager ce qui est essentiel pour une leçon déterminée.

Démonstration des modèles.

Dans le matériel d'enseignement de l'astronomie existe un grand nombre de particularités qui découlent de l'essence même de l'astronomie. Alors que, dans certaines disciplines, telles que la physique et la chimie, le professeur peut montrer aux étudiants sur une table, ou au cours des travaux pratiques, le phénomène étudié, le professeur d'astronomie est généralement privé de cette possibilité. Il peut faire connaître aux élèves les phénomènes célestes, mais il n'a aucune possibilité, ni de les répéter, ni de modifier la vitesse de leur déroulement. Or, l'observation des phénomènes célestes constitue la source des connaissances, mais ne donne pas par elle-même la compréhension de la signification de ces faits. C'est pourquoi, après avoir montré ou exposé les faits, le professeur doit montrer aux élèves le modèle du phénomène.

Ainsi, une maquette astronomique, montrée au cours de la leçon, prend la signification d'une expérience faite en classe. Le choix ou la construction de telle maquette est une des tâches les plus importantes du maître. Une maquette astronomique doit satisfaire à une condition importante : elle doit exprimer l'essence du phénomène sans entrer dans des détails inutiles. Elle doit être aussi simple que possible, elle ne doit pas chercher à être décorative.

Evidemment, on ne peut reproduire aucun phénomène astronomique au moyen d'une maquette en observant scrupuleusement tous les détails du phénomène (par exemple, les rapports des distances, des dimensions et des vitesses). Dans ce cas, il faut savoir choisir l'essentiel, le plus important. La maquette ne doit pas être compliquée, elle ne doit pas être étouffée par des détails inutiles.

Prenons l'exemple bien connu de la nécessité de montrer le mouvement de la Terre autour du Soleil. Ce qui est essentiel ici, c'est la translation de la Terre autour du Soleil, l'inclinaison de l'axe terrestre sur le plan de l'orbite terrestre et la constance de la direction de l'axe. Au fond, pour montrer ces trois phénomènes on n'a pas besoin de dispositifs spéciaux. Il suffit de disposer d'une lampe et d'un globe géographique.

L'usage des maquettes et des modèles concrets dans l'astronomie sphérique et dans l'astronomie théorique est absolument indispensable.

D'ailleurs, en montrant le modèle et en basant son explication sur celui-ci, le professeur doit en même temps faire des dessins au tableau, en suivant certaines règles qui seront indiquées plus loin. En même temps, il faut montrer des modèles des principaux instruments astronomiques et expliquer les principales méthodes d'observation au moyen des maquettes correspondantes.

Les modèles sont utiles, non seulement dans l'astronomie sphérique, mais aussi en astrophysique, car on se trouve ici devant un grand nombre de notions mal assimilées par des élèves, sans le secours de modèles. Ici sont particulièrement utiles des modèles qui montrent des rapports des distances et des rapports de dimensions des corps célestes.

Démonstration des dessins et des schémas.

Dans le cours de l'astronomie, les schémas et les dessins sont d'autant plus indispensables que le professeur a souvent besoin de citer des objets que l'on ne peut pas montrer aux élèves, soit parce que l'étudiant n'a pas encore fait l'observation correspondante, soit parce que la connaissance de ces objets résulte du travail avec des instruments rares et puissants.

La plupart des schémas relatifs à l'astronomie sphérique représentent, ou bien un objet spatial, telle que la sphère céleste, ou bien une de ses sections par un plan. Le schéma de la sphère céleste se conçoit par les étudiants avec une certaine difficulté, et c'est pourquoi il faut les habituer et les préparer à un tel schéma en commençant par la démonstration d'un modèle, et en montrant comment ce modèle se projette sur un écran. Le procédé le plus simple consiste à projeter sur un écran blanc l'ombre d'un ballon sphérique à moitié rempli d'eau. La représentation de la sphère céleste sur le tableau doit être faite avec exactitude et soin. Pour cela, il faut utiliser le compas scolaire et la règle et habituer les étudiants à en faire autant.

Il faut se méfier de l'utilisation de diapositives représentant de tels schémas. L'apparition sur l'écran d'un dessin tout préparé et complet ne donne pas la possibilité de montrer aux élèves le développement progressif de l'ensemble du dessin, et l'attention des élèves se disperse. Le schéma est perçu dans son ensemble et non pas dans son développement. Par contre, en dessinant au tableau, le professeur a la possibilité d'introduire des parties du dessin qui se rapportent à l'évolution de son exposé. En effectuant de tels dessins au tableau, il est très utile d'utiliser des craies de couleur, cela permet de faire ressortir certaines lignes et on évite ainsi que l'essentiel ne soit noyé dans la complexité du dessin.

Des dessins de certains objets stellaires doivent être montrés sur l'écran au moyen d'un épidiascope ou d'un appareil de projection. Lorsque l'on ne dispose pas d'un bon choix de diapositives, l'épidiascope est particulièrement indispensable. Il faut donc que l'enseignement de l'astronomie se fasse dans une pièce où l'on peut faire l'obscurité. La quantité de dessins montrés doit être rigoureusement coordonnée avec le thème de l'exposé et le temps dont on dispose. Il faut se méfier d'une surabondance inutile de dessins, car il ne faut pas oublier que chaque dessin exige une explication particulière.

Les photographies astronomiques, du fait qu'elles sont dépourvues de perspective, peuvent donner une idée tout à fait fausse sur les dimensions de l'objet dont on a pris la photographie. C'est pourquoi, en montrant des photographies d'objets astronomiques, il ne faut jamais manquer d'indiquer aux étudiants quel est le grossissement angulaire qui correspond à chaque photographie, et donner en même temps des précisions sur les dimensions angulaires de l'objet. Ce n'est qu'au moyen de ces données que l'étudiant pourra avoir une compréhension exacte du dessin.

Il faut que les étudiants puissent examiner en grand détail certaines diapositives et certaines photographies. Il faut donc installer dans le laboratoire de physique une visionneuse spéciale, en utilisant, soit la lumière de la fenêtre, soit la lumière électrique, et certaines diapositives pourraient être ainsi laissées en exposition dans ce cadre d'une leçon à la leçon suivante.

Actuellement, on a publié en Russie un certain nombre de panneaux astronomiques. Quand la classe est peu nombreuse, et que l'on ne dispose pas d'appareil de projection, on peut se servir de tels panneaux. Il faut d'ailleurs veiller à ce que ces panneaux soient aussi proches que possible des élèves. On peut, bien entendu, pendre un tel tableau dans la classe, mais il est très peu rationnel de le faire avant la leçon correspondante, car l'élève finit par être saturé de la vue correspondante et n'y fait plus attention.

On peut utiliser, avec succès, des films cinématographiques, mais il faut tenir compte du fait que l'on ne dispose pas encore de films d'enseignement en nombre suffisant. C'est pourquoi l'on est obligé parfois de projeter des films de vulgarisation qui contiennent certaines parties qui ne sont pas indipensables et qui consomment le temps précieux pour l'enseignement proprement dit. Lorsque l'on projette un film de vulgarisation, il faut absolument s'arranger pour pouvoir arrêter le film de temps en temps et pouvoir commenter, au moment même où on les voit, certaines images.

Utilisation du manuel d'astronomie et des livres de vulgarisation.

Après l'exposé du professeur, celui-ci peut indiquer aux élèves ce qu'ils doivent lire chez eux dans leur manuel, et quels sont les problèmes qu'ils doivent faire, et quelles sont les observations souhaitables.

Il faut bien faire attention à ce que le manuel peut avoir parfois un ordre d'exposition différent de celui du professeur et, dans ce cas, le professeur doit mettre les élèves en garde et leur indiquer l'ordre dans lequel ils doivent faire leurs lectures.

En plus du manuel, les élèves doivent apprendre à se servir du calendrier astronomique, et des cartes célestes. A chaque leçon, le professeur indique comment l'élève pourra utiliser son manuel et les différents dispositifs auxiliaires. Il le fait en partie au cours de la leçon, en partie à titre d'illustration de ce qu'il a exposé.

Le problème de l'utilisation des livres de vulgarisation par les élèves qui s'intéressent plus particulièrement à l'astronomie, est beaucoup plus délicat. Le professeur doit tout d'abord bien connaître lui-même ces publications afin d'être prêt, non seulement à indiquer aux élèves les meilleurs ouvrages, mais également à indiquer ce qui doit y être lu et ce qui doit être laissé de côté, de manière à pouvoir prévenir les élèves des endroits difficiles et peu compréhensibles.

Les livres de vulgarisation et les brochures consacrés à l'astronomie sont très nombreux. Il faut donc faire une sélection extrêmement sévère et choisir toujours les ouvrages qui permettent d'approfondir et d'élargir ce qui a déjà été exposé dans le manuel et qui soit tout à fait correct du point de vue du contenu et du style. Il faut évidemment veiller à recommander des livres qui n'ont pas encore vieilli.

Dans certains cas, on peut même admettre l'utilisation d'une vieille édition, mais en indiquant qu'il existe peut-être des exposés moins détaillés qui, cependant, tiennent compte des progrès récents du problème.

Problèmes et contrôle du travail des élèves. Olympiades astronomiques.

Le peu d'heures accordées par les programmes au professeur d'astronomie rend le problème du contrôle du travail des élèves particulièrement difficile. On y parvient, quand même, en procédant de la manière suivante :

On utilisera les interrogations orales comme principale forme de contrôle. On pourra également proposer aux élèves quelques problèmes sous la forme de devoirs écrits. D'autre part, on leur fera décrire par écrit les observations effectuées, et leurs travaux pratiques. Enfin, on pourra utiliser comme travaux de contrôle des explications de dessins et des tableaux qui résument des données astronomiques importantes.

Il serait tout à fait inadmissible de juger des élèves en astronomie uniquement par des devoirs. Malgré le peu d'heures que le professeur d'astronomie a à sa disposition, il doit, comme le professeur de physique, connaître ses élèves, non seulement d'après leurs devoirs, mais aussi par un contact direct et quotidien. A chaque leçon, on doit interroger au moins un élève, et poser quelques « questions volantes » à plusieurs autres.

Ainsi le professeur évitera de se faire des idées fausses sur la réaction des élèves à son enseignement, et saura apprécier à leur juste valeur les connaissances acquises par ses élèves.

Il est important et commode de poser aux élèves les questions proposées dans le chapitre des « exercices » de leur manuel. Cela incitera les élèves à faire ces exercices en vue d'une interrogation éventuelle et à faire ainsi de « l'auto-contrôle » de leur savoir. Pour gagner du temps, on peut utiliser la technique qui consiste à interroger simultanément deux élèves en proposant à l'un un problème et à un autre une question relativement courte. Pendant que le second expose sa question, le premier prépare les calculs et les dessins, qui interviennent dans son problème.

La résolution des problèmes d'astronomie est particulièrement importante, elle

donne l'occasion d'approfondir les idées du cours, montre comment le cours s'applique dans la pratique et permet le contrôle du savoir. On peut toujours associer les problèmes d'astronomie avec l'usage des cartes célestes, des annuaires, des dessins ; cela rend le problème plus vivant et élargit les modalités de l'application de la théorie à la pratique. Par « problème », nous entendons ici n'importe quelle application de la théorie à la pratique et à l'explication des phénomènes ; l'examen des causes des phénomènes (par exemple : lever du Soleil) ; le calcul des circonstances précises dans lesquelles va se dérouler le phénomène ; le choix des instruments et des méthodes les plus adéquates, pour l'exécution des observations ; la recherche des valeurs numériques qui caractérisent le phénomène observé ; l'art de se servir des annuaires, des éphémérides, des catalogues, des tables diverses, des cartes célestes, et des atlas astronomiques. Ces problèmes ne peuvent pas être isolés les uns des autres, ils sont tous intimement liés.

La résolution du problème n'a pas nécessairement une forme mathématique. Il faut se garder de la tentation d'une mathématisation excessive et prématurée d'un problème donné, ce qui aurait pour conséquence fatale le remplacement de l'analyse de l'essence et des conséquences d'un phénomène naturel par une description sèche et abstraite dont le formalisme pourrait donner l'illusion seulement de la compréhension du sens physique du phénomène. Les problèmes ne doivent comporter une partie mathématique que dans le cas où leur nature l'exige impérieusement.

Il faut être encore plus prudent en ce qui concerne les calculs numériques. Ces derniers doivent être assez simples pour apprendre à l'élève comment on détermine les caractéristiques numériques des différents phénomènes importants pour la vie pratique (par exemple calcul de la hauteur du Soleil à midi), mais ne doivent pas être une fin en soi. Chaque calcul sera conduit avec une précision qui correspond à celle des observations qu'on se propose d'effectuer. Par exemple, si l'on recherche la hauteur du Soleil à midi, il est parfaitement inutile d'utiliser la déclinaison du Soleil avec une précision de la seconde d'arc, une précision de l'ordre du degré suffira largement.

On ne proposera jamais de problèmes purement abstraits, dépourvus de données numériques concrètes. Quand un problème conduit à l'établissement d'une formule sans aucun contenu concret, l'élève reste insatisfait.

En attaquant la solution d'un problème, on commencera par examiner la signification astronomique du problème, on discutera de la formule qu'il convient d'utiliser et surtout on expliquera et illustrera le résultat de manière concrète. Les étudiants s'habitueront à procéder de même, au moment où ils font leurs devoirs chez eux. Il faut s'efforcer, en guise de préparation, à la solution de problèmes plus complexes, de résoudre « de tête » une multitude de « petits exercices ».

Dans la troisième édition et dans les éditions suivantes du manuel d'astronomie de Vorontzoff-Velyaminov, on trouve des problèmes qui peuvent servir, tant pour des travaux en classe que pour des devoirs à faire chez l'élève. Mais en choisissant les problèmes, il faut veiller à ne prendre que ceux qui permettent d'approfondir la compréhension du cours. Il faut commencer par de petits exercices, qu'on peut faire de « tête », passer ensuite aux problèmes qui comportent des calculs mathématiques, mais se rapportent aux applications pratiques, et ne donner qu'à la fin un ou deux problèmes plus difficiles qui réunissent les deux conditions. On trouvera des problèmes particulièrement utiles, parmi ceux du « Recueil de problèmes et exercices », de Vorontzoff-Velyaminov, qui consistent en calculs d'après dessins et photographies.

Il est facile de puiser des problèmes et exercices faciles dans la vie courante. De tels problèmes, s'ils correspondent vraiment à la réalité, seront d'une énorme fécondité en donnant aux élèves une illustration vivante de la manière dont la théorie s'applique à la pratique. De très précieux matériaux de cette nature peuvent être puisés de récits de voyages (par exemple l'expédition du « Tcheluskin », ou le travail

des « stations flottantes », telles que « Le Pôle Nord », ou des raids à grande distance des aviateurs soviétiques, l'expédition du « Sédov », etc...). On pourra également étudier les conditions d'éclairement aux différentes latitudes, ou des questions liées au plan quinquennal en cours... (*).

Les problèmes et les travaux pratiques sont utiles, non seulement pour permettre au professeur de juger ses élèves, mais aussi et surtout pour lui permettre de juger l'efficacité de ses propres méthodes d'enseignement. C'est en faisant des problèmes que l'on décèle une compréhension insuffisante ou même erronée des questions.

La nature des « questions » posées lors des interrogations est aussi très importante. Des questions « standard », qui n'exigent que l'exposition des définitions verbales et des formules du manuel ne pourront révéler, dans le cas le plus favorable, que la présence de l'application et de la mémoire chez l'élève. Elles ne montreront pas s'il possède des connaissances réelles. Evidemment l'élève doit connaître les principales définitions et il faut contrôler qu'il en est bien ainsi, mais en formulant la question de telle manière que, sans dérouter l'élève, la réponse puisse révéler une connaissance sûre, claire et non purement verbale. Toute question relative aux définitions doit donc être immédiatement suivie d'une seconde question qui « développe » cette définition.

En général, dans les « travaux de contrôle », les définitions doivent occuper une place aussi petite que possible. Les principales questions sont celles qui, sans exiger de calcul, permettent de mettre en évidence la compréhension de l'essence du phénomène astronomique, ou d'une certaine notion. De même, il faut se garder de poser trop de questions d'astronomie sphérique. La proportion de problèmes et exercices de différentes sortes doit correspondre à l'importance réelle des différentes parties du programme. Les questions « à calcul » doivent être réduites au minimum, et ne comporter que des calculs très simples. Quelques questions permettront de s'assurer que l'élève sait se servir d'une carte céleste mobile, et d'un calendrier astronomique, pour la détermination de la « visibilité » de telle ou telle étoile ou planète à un moment donné.

Dans la deuxième partie du cours d'astronomie on propose quelquefois aux élèves des rédactions sur des sujets astronomiques. De telles rédactions devraient être toujours facultatives. Seuls, des étudiants spécialement passionnés d'astronomie feront de telles rédactions.

Des rédactions d'astronomie devraient avoir pour thème des sujets qui permettent à l'élève d'approfondir sa connaissance des idées et des méthodes de l'astronomie contemporaine, et des travaux des astronomes soviétiques. De telles rédactions, utiles pour juger de la maturité d'esprit de l'élève, sont de peu de valeur en tant que test des connaissances de l'élève. Il est bon de faire accompagner une telle rédaction de la fabrication de quelque « dispositif de démonstration », qui restera à l'école et servira au cours des années suivantes à stimuler le zèle des générations ultérieures d'élèves, et pourra servir utilement en classe. Ne pas oublier de mentionner, en utilisant plus tard, tel ou tel dispositif, le nom de l'élève qui l'a fabriqué et à quelle promotion il appartenait.

Depuis 1947 on organise en U.R.S.S. des « Olympiades astronomiques », sous l'égide de l'Université de Moscou, de la Société Astronomique de l'U.R.S.S., du Planétarium de Moscou et de la section de Moscou du Ministère de l'Instruction Publique. Ces Olympiades sont censées stimuler les élèves et les professeurs. Les problèmes mis au concours dans ces « Olympiades » sont proposés par des équipes dépendant des organismes mentionnés ci-dessus. Il est utile que les professeurs les aient entre leurs mains. Les questions et les solutions publiées après coup par les

(*) Tout cela est hors de question en France. Mais nous gardons ces indications à titre de curiosité.

auteurs peuvent donner aux professeurs des matériaux très précieux pour l'étude en classe. Les résultats de ces Olympiades ne peuvent évidemment caractériser que le nombre et la qualité des élèves qui s'intéressent particulièrement à l'astronomie. Il serait à souhaiter que de telles Olympiades soient organisées dans d'autres villes que Moscou. Le Recueil de tous les problèmes proposés au cours des six premières Olympiades a été publié dans la brochure intitulée : « 1-6 Olympiades Astronomiques de Moscou, 1947-1952 », éditée par l'Université de Moscou, en coopération avec MOBAGO et le Planétarium de Moscou. On trouve également leur texte dans les « Matériaux destinés aux conférences d'astronomie du Planétarium de Moscou », publiés en 1952 et 1953. Le périodique « La Physique à l'Ecole » (U.R.S.S.) donne des informations sur la conduite de ces « Olympiades ».

Les Cercles astronomiques à l'Ecole.

Il est très souhaitable d'organiser des « Cercles astronomiques » groupant les élèves des classes supérieures du Lycée ou Collège. Il incombe évidemment au professeur chargé de l'enseignement de l'astronomie de diriger un tel Cercle.

La tâche du directeur du Cercle consistera principalement à élaborer le programme des travaux du Cercle, en tenant compte des intérêts individuels des élèves et de leurs propositions. Ce programme doit être conçu de manière à éveiller un intérêt durable, et à procurer une certaine satisfaction aux participants. L'expérience montre que l'on atteint ce but, en faisant appel au travail actif des membres, autour d'*appareils, de modèles* et d'*installations*. Faute d'une activité de cette sorte, les jeunes membres du Cercle, après avoir entendu une série de conférences, finissent par se désintéresser des réunions du cercle.

Les thèmes autour desquels doivent s'organiser les programmes doivent être principalement du type historique et astrophysique, et accorder un poids relativement faible à l'astronomie sphérique. Pour cette dernière, seuls des éléments ayant une portée pratique évidente : navigation aérienne et maritime, mesure du temps, seront retenus.

Parmi les thèmes historiques, ceux qui possèdent la plus grande valeur éducative sont ceux qui se rapportent à la vie et à l'activité des grands astronomes qui se sont distingués dans la lutte pour l'établissement d'une conception du monde compatible avec la Science (Copernic, Bruno, Galilée), et pour chaque pays, les vies des grands astronomes nationaux (pour l'U.R.S.S. ce sera Lomonosov).

Comme objet d'activité pratique, les membres du Cercle pourraient se fixer pour but la construction d'une « plate-forme astronomique », d'un cadran solaire, d'une lunette (avec les lentilles disponibles), etc...

Le directeur du Cercle s'occupera également de guider les membres dans le choix des lectures de vulgarisation, tant pour lecture individuelle que pour analyse critique ou pour la préparation d'une conférence.

Il faut que tous les exposés et toutes les communications des élèves soient accompagnés d'un « matériel de démonstration » : diapositives, films cinématographiques, etc... Certaines diapositives, par exemple celles qui représentent différentes constellations ou différentes régions du Ciel, pourront être confectionnées par les élèves eux-mêmes, avec du papier noir, où ils perceront des trous de différents diamètres.

Il faut surtout éviter que l'activité du Cercle ne devienne une révision du cours d'astronomie normal de la classe supérieure, ou un exposé anticipé de celui-ci. Rien de tel pour dégoûter les élèves et pour condamner l'entreprise à un échec certain.

On trouve, dans la littérature pédagogique soviétique, de nombreuses descriptions d'expériences de Cercles astronomiques dans les écoles de Moscou, Kouybichev, Simféropol, et autres villes de l'Union.

Dans les villes où il existe un grand nombre de Lycées et Collèges on pourra réunir dans un même Cercle des élèves d'établissements différents. Cela est particulièrement indiqué dans les villes où il existe déjà un Planétarium. L'expérience tentée autour du Planétarium de Moscou a montré qu'il n'y a aucun inconvénient à réunir dans un même Cercle des élèves d'âges différents. Mais l'établissement du programme doit, dans ce cas, tenir compte des suggestions des différents professeurs des établissements intéressés, et avec leur participation directe.

Il est particulièrement important de ne pas « dessécher » le travail du Cercle par un excès de théorie et de conférences. Les conférences et la théorie doivent toujours être étroitement liés aux observations effectuées. Cette liaison ne doit pas toujours s'exercer à sens unique : tantôt les observations précéderont, tantôt elles suivront les explications théoriques. Au cours des observations les Cercles des « jeunes » et les Cercles des « plus âgés » seront réunis, les plus expérimentés guidant les moins expérimentés.

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

(*à suivre*).