

## L'ENSEIGNEMENT DE L'ASTRONOMIE DANS LE SECOND CYCLE EN ITALIE

R.Gallino 1,2, L.Nuvoli 2, E.Dilaghi Pestellini 2

1 Institut de Physique Générale de l'Université de Turin.

2 Groupe National de Didactique de la Physique du Conseil National de la Recherche (CNR) - Unité de Turin.

### 1: L'ASTRONOMIE PARTAGEE ENTRE LES SCIENCES NATURELLES ET LA PHYSIQUE

Dans le cycle secondaire actuel (\*), l'enseignement de l'Astronomie n'est pas réservé à une discipline unique mais inclus dans le contexte plus vaste des Sciences Naturelles et pour une moindre part dans le programme de Physique. Les thèmes astronomiques sont abordés dans des contextes scolaires très divers: pendant les années terminales du cycle des Lycées Classiques et Scientifiques, des Ecoles de Langues et des Ecoles Normales (ils peuvent alors faire l'objet d'épreuves au Baccalauréat), ou dans les deux premières années des Instituts Techniques et Professionnels ou des Lycées Artistiques.

Les programmes pédagogiques actuellement en vigueur sont anciens (à titre d'exemple, celui des Lycées Classiques remonte à 1944) et ils sont très "synthétiques": il en découle une certaine liberté de choix dans l'importance à accorder au cours et dans le traitement des contenus. La meilleure réponse à cette situation consiste à accroître la responsabilisation et à inciter sans relâche à la remise à niveau, ce qui ne se réalise pas toujours pleinement.

A l'heure actuelle, le Second Cycle est dans une phase de transition: on ressent un peu partout la nécessité et l'urgence d'une réforme qui adaptera les structures pédagogiques aux exigences de la société en donnant aux élèves des instruments de connaissance adéquats, pour leur propre formation culturelle aussi bien que pour une insertion réussie dans le monde du travail.

Pour répondre à ces objectifs, il est important d'accorder une extrême attention aux disciplines scientifiques, étant donné leur valeur formative reconnue. Parmi elles, l'Astronomie joue un rôle particulier en raison de son caractère pluridisciplinaire en étroite liaison avec les Sciences Naturelles, la Physique, les Mathématiques, la Chimie, l'Histoire et la Philosophie.

Au cours des dernières années, peu d'autres rameaux du savoir ont connu un processus de développement aussi rapide: on a acquis de nouvelles connaissances fondamentales sur les phénomènes liés à la Terre, au système solaire et à l'espace lointain (galaxies, évolution de l'Univers).

---

(\*): Dans le système éducatif italien, la scolarité obligatoire ("scuola dell'obbligo") se termine à la 8<sup>e</sup> année d'études, soit vers 14 ans. Les trois dernières années ("scuola media") correspondent au début de l'Enseignement Secondaire et sont sanctionnées par un examen (un peu comme notre Brevet des Collèges). Les élèves peuvent alors entrer au Lycée; il existe des Lycées Classiques, Scientifiques et Techniques. Il existe aussi des Ecoles de Langues ("Licei Linguistici"), assez peu nombreuses et des établissements voués à l'enseignement artistique (un peu comme nos sections AZ). A l'issue de leur 13<sup>e</sup> année, les élèves subissent un examen de fin de scolarité de Lycée ("esame di maturità") qui joue un rôle analogue à notre Baccalauréat [NdT].

Cela a été rendu possible à la fois par les progrès de la théorie et par le développement des techniques d'observation. En particulier, la recherche et la technologie propres à la Physique ont joué un rôle prépondérant dans la recherche astronomique.

## 2: L'ASTRONOMIE DANS LE PROGRAMME DE SCIENCES NATURELLES

Dans les manuels de Sciences Naturelles les chapitres consacrés à l'Astronomie Élémentaire ("geografia astronomica") sont de fait très ambitieux, avec d'abondantes références à l'Astrophysique et à la Cosmologie. On a récemment effectué une étude sur les contenus et la méthodologie d'une vingtaine de manuels de Sciences Naturelles parmi les plus fréquemment adoptés dans les Lycées (1,2).

Bien qu'il y ait eu, au cours de ces dernières années, un réel effort de la part des éditeurs pour rénover les chapitres traitant d'Astronomie Élémentaire, la situation n'apparaît pas dans l'ensemble satisfaisante. Trois seulement des manuels examinés ont reçu une évaluation positive, alors qu'un tiers révèlent d'évidentes carences dans le contenu, accordent une attention insuffisante aux problèmes de méthodologie, ne font aucun lien (ou très rarement) avec les Mathématiques et la Physique, et usent d'une terminologie imprécise et simpliste.

Cette enquête a mis en évidence les principales difficultés qui attendent un enseignement de l'Astronomie intégré dans le cours de Sciences Naturelles et que l'on pourrait résumer ainsi: hétérogénéité et dispersion du matériel pédagogique (la Chimie, la Géologie, l'Anthropologie, la Biologie, la Géographie Générale, l'Astronomie) rassemblé en un cours unique avec un horaire insuffisant; nécessité d'une liaison plus étroite entre Astronomie, Physique et Mathématiques; carence fondamentale dans la formation en Mathématique et en Physique d'enseignants qui ont suivi des cursus universitaires des plus variés, dont l'Astronomie était souvent absente.

L'Astronomie constitue cependant un volet important du cours de Sciences Naturelles, dans lequel l'étude de la position de la Terre dans l'Univers vient couronner l'étude du "monde dans lequel nous vivons". Pour cette raison, on ne peut retirer l'Astronomie Élémentaire de cet enseignement. Nous exposons ci-dessous une proposition de contenu astronomique pour un programme de Sciences Naturelles qui, à notre avis, devrait être traité au cours des deux premières années du cycle des Lycées, reprenant en partie des thèmes qui auraient pu être traités dans le Premier Cycle. Dans tous les cas, il faut prêter une grande attention aux prérequis en Physique et en Mathématiques.

Il est clair que la nécessité d'insérer le programme proposé dans les deux premières années du Lycée vient de ce que cette période est moins contraignante que les deux années terminales.

## ASTRONOMIE ELEMENTAIRE

SAVOIR : Mouvement apparent du Soleil  
Description de la Sphère céleste et de ses mouvements; le système solaire  
Lois de Kepler  
Orientation  
Mesure du temps astronomique; le calendrier luni-solaire  
Forme et dimensions de la Terre

SAVOIR FAIRE : Mise en évidence du midi local et de la longueur du jour  
Utilisation d'une carte céleste  
Reconnaître les constellations du Zodiaque  
Déterminer les points cardinaux  
Reconnaître les principales constellations de la saison

Malheureusement, la tendance actuelle qui se manifeste dans les projets de programme ne paraît pas devoir laisser de place à l'enseignement de l'Astronomie dans les deux premières années du cycle des Lycées. La raison en est un allongement prévisible de la scolarité obligatoire et le fait que les autres disciplines (Chimie, Sciences de la Vie, Sciences de la Terre) souhaitent se réserver le plus grand espace horaire possible.

Dans de telles circonstances, très regrettables, l'enseignement de l'Astronomie Élémentaire, devrait être reporté au moins au début des trois dernières années du cycle des Lycées. C'est seulement en dernière hypothèse qu'on pourrait envisager son insertion dans le programme de Physique avec renforcement de l'horaire.

### 3: L'ASTRONOMIE DANS LE PROGRAMME DE PHYSIQUE

Comme il a été dit plus haut, l'Astronomie est aussi présente dans le programme de Physique de l'Enseignement Secondaire et on peut noter dans les manuels une tendance à lui donner une place de plus en plus importante. Une analyse du contenu astronomique des manuels de Physique actuellement en préparation montre que, sauf pour la gravitation universelle qui occupe une place plus ou moins importante chez les divers auteurs, les notions d'astrophysique sont traitées de façon assez peu homogène. Parfois, elles sont omises ou présentées par des textes qui s'insèrent mal dans le cours. On note une situation analogue à propos de l'évolution des systèmes du Monde et de leurs rapports étroits avec le cadre général de la Physique.

Nous voudrions insister sur quelques points qui montrent l'importance des thèmes astronomiques dans le cadre d'un cours de Physique:

1 - l'universalité des lois physiques peut être mieux comprise si, en partant de l'échelle humaine, on va d'un côté vers l'infiniment petit et de l'autre vers l'infiniment grand.

2 - le développement historique des concepts fondamentaux de la Physique est directement lié à l'évolution des concepts astronomiques.

3 - On étudie la fenêtre optique par des techniques élaborées qui sont du domaine de la Physique (intensificateur d'image, traitement informatique des images, spectroscopie à haute résolution)

4 - Les Astronomies nouvelles qui se développent dans les bandes autres qu'optique ont été rendues possibles par l'évolution de techniques d'observation qui se fondent de plus en plus sur la Physique. L'analyse des rayonnements IR, UV, X,  $\gamma$  provenant des objets cosmiques a ouvert de nouveaux champs d'investigation très vastes: la Radio-astronomie, qui utilise des techniques interférométriques à haute résolution, donne une information fondamentale sur la physique des plasmas; les Astronomies X et  $\gamma$  ont mis en évidence l'existence de phénomènes fortement énergétiques; l'Astronomie des rayons cosmiques est inséparable de la Physique des particules élémentaires.

5 - le ciel est un laboratoire de physique mis gratuitement à notre disposition. L'étude de ses mouvements nous permet d'aborder des problèmes fondamentaux de cinématique et de dynamique; l'examen du flux lumineux émanant du Soleil permet d'étudier directement les phénomènes de l'optique géométrique et de l'optique physique, de faire un bilan énergétique de la source et de son évolution dans le temps, de réfléchir aux lois fondamentales de la Physique nucléaire à l'origine de la fusion thermonucléaire, phénomène qui se produit de façon naturelle au centre du Soleil. L'analyse spectroscopique de la lumière solaire permet d'approfondir les lois thermodynamiques dans un milieu de particules matérielles baignées dans un rayonnement, en d'autres termes, la thermodynamique du corps noir. En particulier, par l'étude des raies d'absorption du spectre solaire, on peut introduire les propriétés atomiques de la matière, analyser la distribution des éléments chimiques dans le système solaire et plus généralement dans le Cosmos. Les réactions de fusion thermonucléaires mènent aussi à l'étude des transmutations des éléments chimiques, de leur origine et de leur évolution.

6 - le cosmos constitue un laboratoire unique dans lequel on peut étudier des conditions extrêmes non réalisables sur Terre (au moins dans l'état actuel des techniques): conditions d'ultra-vide (environ  $10^{-30}$  g/cm<sup>3</sup> dans l'espace intergalactique) ou de densités très élevées (environ  $10^{-14}$  g/cm<sup>3</sup> dans une étoile à neutrons); des températures proches du zéro absolu ou avoisinant au contraire  $10^9$  K; des interactions entre matière et rayonnement aux hautes températures; des réactions de nucléosynthèse à l'intérieur des étoiles, des particules cosmiques dont l'énergie est de beaucoup supérieure à celle qu'on obtient dans nos accélérateurs, des phénomènes inhabituels de la Physique atomique ou nucléaire, la possibilité d'étudier des objets cosmiques situés à des distances énormes et de remonter le temps jusqu'à retrouver peut-être les quatre forces fondamentales unifiées.

7 - Par l'analyse astronomique, il est possible de mieux comprendre le concept d'évolution continue et de transformation de la matière: tous les objets cosmiques, et de même, l'Univers considéré dans son ensemble, évoluent. Chaque atome de carbone, d'oxygène, de fer, de silicium qui se trouve sur Terre a été créé à l'intérieur d'une étoile et projeté dans l'espace lorsqu'elle a traversé ses ultimes phases évolutives.

8 - L'Astronomie joue un rôle très important dans la Physique et dans la Technologie spatiale.

9 - Il est possible de rendre plus intéressante et plus attrayante l'étude de la Physique en introduisant des thèmes astronomiques.

Les contenus formatifs et informatifs ont été clairement définis en gardant en mémoire les prérequis nécessaires et les points de rencontre interdisciplinaires, soit de type scientifique, soit de type humaniste.

En ce qui concerne les objectifs finaux à atteindre au terme du cycle des Lycées, chaque programme de Physique devrait être accompagné d'un référentiel définissant les connaissances minimales et les capacités exigibles de chaque élève. Le Tableau C décrit la composante "Astronomie" du programme de Physique prévu pour les élèves de la filière Mathématiques-Sciences Naturelles. En examinant le problème de la réforme de l'enseignement de la Physique dans les Lycées, soit au travers de notre projet ou de projets analogues, on peut se rendre compte de la nécessité d'une adaptation culturelle et méthodologique de la part de l'enseignant, qui doit s'effectuer grâce à un effort permanent de remise à niveau.

En tenant compte des motivations que nous avons exposées, nous proposons un contenu astronomique pour les nouveaux programmes de Physique des trois années du cycle terminal des Lycées, discuté dans le cadre de la Commission Pédagogique de la Société Astronomique Italienne aussi bien que dans le Groupe de Travail de l'Association des Professeurs de Physique.

#### Thème: L'Universalité des Lois Physiques

Contenu: Structure dynamique du système solaire  
Caractéristiques observatives du Soleil: flux énergétique, spectre solaire, morphologie, activité superficielle.

Les rayons cosmiques. Structure interne du Soleil. Origine de l'énergie thermonucléaire. Aspects énergétiques et évolution.

Les étoiles: paramètres observables, classification spectrale.

Etude des ondes électromagnétiques en astrophysique. Diagramme H-R. Evolution stellaire. Origine des éléments chimiques.

Structure de la galaxie. Morphologie des galaxies et fondements observationnels de la Cosmologie. Modèles d'Univers.

Cette proposition, formulée dans le cadre d'un projet de programme plus complet, devrait être en partie adapté de manière à tenir compte des nouvelles tendances qui se font actuellement jour et insistant sur une distinction qui, nous tenons à le souligner une fois de plus, n'est pas encore suffisamment claire entre un seul cycle de deux ans (ou plus): préparatoire ou terminal et un cycle d'orientation de trois ans.

L'enseignement de l'Astronomie doit donc trouver un espace horaire tant dans le programme de Sciences Naturelles que dans celui de Physique. Dans les divers programmes expérimentaux de Physique du cycle de deux ans qui ont été jusque là en vigueur, l'Astronomie n'occupe pratiquement aucune place, sauf de façon marginale et indirecte. Pour cette raison, il est essentiel de veiller à son introduction dans le cycle de trois ans comme faisant partie intégrante des programmes de Physique.

En ce qui concerne la méthode d'approche de ces thèmes, il devrait y avoir un juste équilibre entre deux modes différents qu'on pourrait nommer "interne" et "externe". On fonctionne selon un mode interne quand on discute le scénario physique dans son ensemble, l'Astronomie étant alors une vue à l'échelle du macrocosme des lois physiques fondamentales (par exemple, la discussion des ordres de grandeur, l'analyse de la relativité des référentiels, de l'électromagnétisme, de la gravitation universelle). On fonctionne selon un mode externe par rapport à la Physique lorsqu'on examine les caractéristiques des principaux objets cosmiques: le Soleil et le système solaire, les étoiles, la Galaxie, les objets extragalactiques, l'Univers.

#### 4: PROPOSITIONS POUR UN NOUVEAU PROGRAMME DE PHYSIQUE

Une amélioration de la situation de l'Astronomie pourrait découler d'une réforme du Cycle des Lycées et de la réorganisation des programmes de Physique et de Sciences Naturelles qui en résulterait.

Dans un projet élaboré au cours de ces dernières années et discuté en divers endroits (3,4,5,6,7), l'enseignement de la Physique est étendu aux cinq années de Lycée avec une substantielle augmentation de l'horaire hebdomadaire (18 périodes, soit 15 h effectives pour l'orientation Mathématiques- Sciences Naturelles au lieu des 8 heures actuelles des Lycées Scientifiques). Dans ce cas, l'enseignement de l'Astronomie pourrait occuper environ 15% de l'horaire total.

On trouvera dans le Tableau A l'organigramme correspondant à cet enseignement qui se développerait sur les cinq années de Lycée. Le Tableau B est un exemple de quelques séquences à caractère purement astronomique.

Dans ce curriculum, qui est adapté au degré d'abstraction et de préparation scientifique exigible de l'élève, on a considéré les activités en laboratoire comme fondamentales. Dans les deux premières années de Lycée, la Physique est introduite sans avoir recours à des définitions trop rigoureuses et à des analyses de concepts trop poussées qui devraient être reprises par la suite.

Tout cela est conçu comme une préparation aux trois années suivantes et constitue un projet de programme formant un tout cohérent, mais cela peut aussi fonctionner de façon autonome si on considère que le principal objectif est de donner le contenu et la méthodologie de base du discours scientifique.

L'Astronomie, qui joue un rôle important dans ce projet est présente, soit de façon interne (élargissement du discours de la Physique au macrocosme), soit de façon externe (chapitres spécifiques sur les principaux objets astronomiques).

On insiste particulièrement sur l'importance de l'Histoire de l'Astronomie, non seulement pour suivre le développement des différents systèmes du Monde, de l'Antiquité à Copernic, mais aussi pour en étudier les différentes étapes qui constituent une longue série de "révolutions" d'une immense portée culturelle.

Un programme de Physique doit être particulièrement souple afin de permettre aux enseignants d'adapter leur pédagogie à chaque classe et d'opérer en toute connaissance de cause le choix méthodologique le plus opportun. Il s'ensuit que le curriculum ne doit pas être conçu de façon statique et rigide mais au contraire de façon dynamique et ouverte afin de pouvoir s'adapter à l'évolution rapide des connaissances et des exigences de la société.

REFERENCES:

- (1) Gallino R. - Indagine sui libri di testo di scienze naturali delle scuole secondarie superiori per la parte di geografia astronomica. *Giornale di Astronomia* 12, 15 (1986)
- (2) Abati Erculiani L. - Analisi della parte astronomica nei libri di testo degli istituti tecnici. *Giornale di Astronomia*, 12, 21 (1986)
- (3) Borello L., Gallino R., Nuvoli L. - L'insegnamento della fisica nella riforma della secondaria superiore, in Prodi G.(ed.), "Nuovi traguardi per l'educazione scientifica", *Atti Sem. di Arezzo, UCIIM, Roma 1985*, p.158-186
- (4) Borello L., Gallino R., Nuvoli L. - Sillabo di fisica revisionato, *Atti del XIII Congr. AIF, Gaeta, Comune di Gaeta 1986*, p.114-126
- (5) Gallino R. - Astronomy in teaching Physics in secondary high schools: A proposal for Italy, *Proceedings of the Girep Conf. 1986, Cosmos, ESA SP-253 (Nov.1986)*, p.235-243
- (6) Nuvoli L. - Aims and difficulties in teaching history of astronomy in physical courses: Ten years experience, *Proceedings of the Girep Conf. 1986, Cosmos, ESA SP-253 (Nov.1986)*, p.235-243
- (7) Nuvoli L. - Storia della fisica nei piani didattici, *Giornale di Fisica*, vol.XXX, n°3 (1989), p.175-187

"Observer le ciel...  
... pour mieux connaître la Terre"

---

Tel est le thème choisi par Daniel Bardin pour illustrer  
la nouvelle couverture des Cahiers Clairaut.

Aux lecteurs d'identifier tous les "personnages".  
Cherchez bien et racontez-nous qui vous avez reconnu.

TABLEAU A: ORGANIGRAMME DU PROGRAMME DE PHYSIQUE DES LYCEES (Série Mathématiques-Sciences Naturelles)

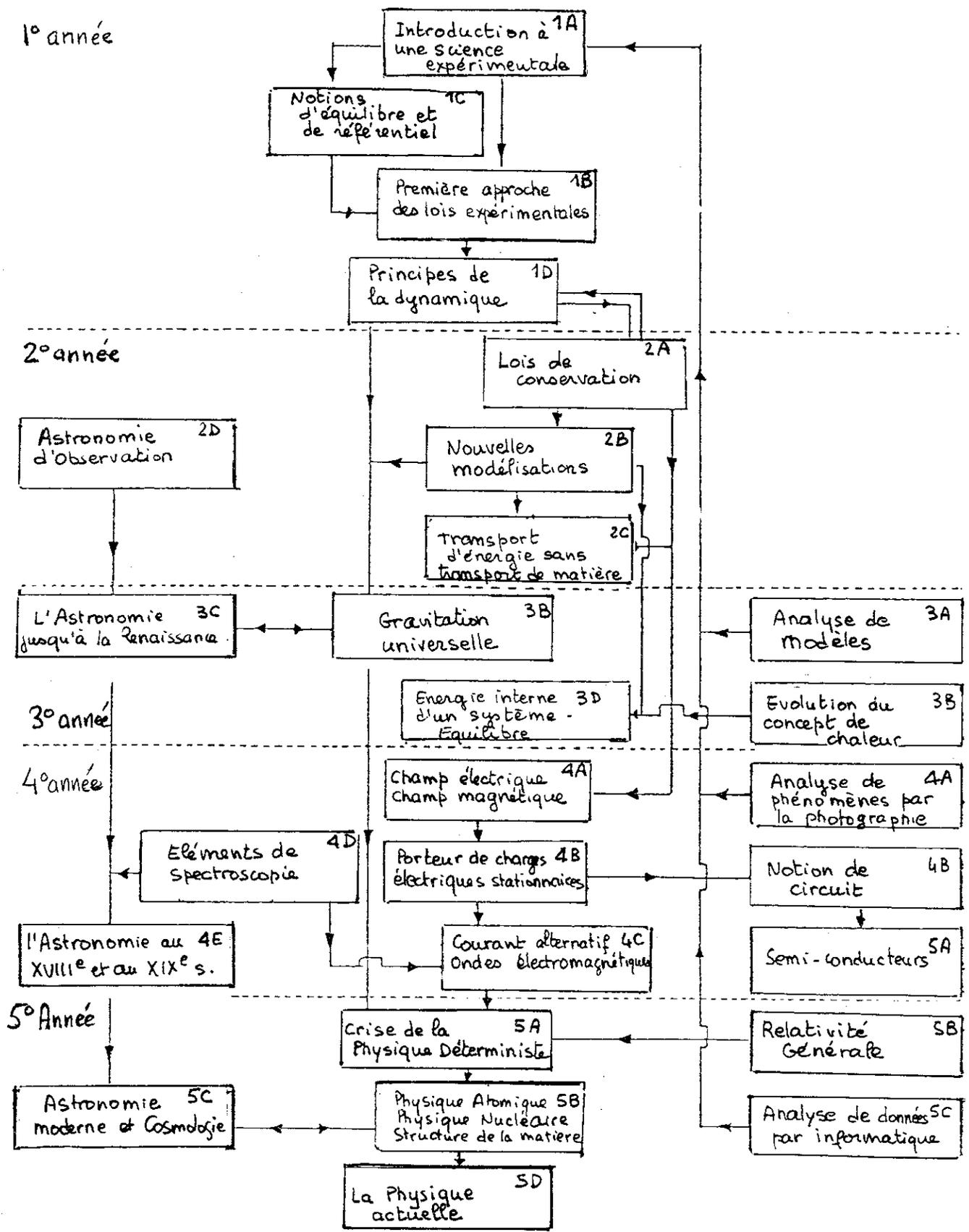


Tableau B - PROGRAMME DETAILLE DU MODULE "ASTRONOMIE"

SUJET A TRAITER

EXPERIENCES SUGGEREES

III-B LA GRAVITATION UNIVERSELLE

- |  |  |   |
|--|--|---|
| * De la chute libre à l'interaction à distance.    |  | * Observations systématiques et interprétation des mouvements des planètes. |
| * Dédution par Newton de la loi de la gravitation. |  | * Calcul de trajectoires de véhicules spatiaux.                             |
| * Interprétation dynamique des lois de Kepler.     |  | * Utilisation d'un ordinateur pour simuler des orbites.                     |
|  |  | * Evaluation de la masse de la Terre et de celle du Soleil.                 |

III-C L'ASTRONOMIE A LA FIN DE LA RENAISSANCE

- |   |  |   |
|---|--|---|
| * Développement historique des modèles du système solaire.                                      |  | * Etude des méthodes anciennes de mesure des distances dans le système solaire. |
| * L'Antiquité grecque: Physique et Cosmologie aristotéliennes.                                  |  | * Mesure du diamètre angulaire du Soleil et de celui de la Lune.                |
| * Lois "a priori" et lois expérimentales.   |  | * Observations des taches solaires.   |
| * L'oeuvre de Copernic, de Tycho, de Kepler et de Galilée. Aspects philosophiques et religieux. |  | * Simulation sur ordinateur d'orbites planétaires.                              |

IV-D L'ASTRONOMIE DES XVIII<sup>e</sup> ET XIX<sup>e</sup> SIECLES

- |  |  |   |
|--|--|---|
| * Mesure par Cassini de la valeur de l'unité astronomique.                           |  | * Détermination de la parallaxe d'objets terrestres lointains.    |
| * Le modèle d'Univers de Herschel.   |  | * Observation de la Voie Lactée.                                  |
| * Découverte des nébuleuses spirales et théorie des Univers-Iles de Kant et Laplace. |  | * Analyse du spectre solaire.                                     |
| * Preuve expérimentale du mouvement de la Terre                                      |  | * Comparaison des spectres de labo avec les raies de Fraunhofer.  |
| * Le spectre solaire.  |  | * Le spectre continu du Soleil: origine.                          |
| * Caractéristiques physiques du Soleil.  |  | * Mesure des magnitudes stellaires et classification des étoiles. |
| * Activité solaire.  |  |   |
| * Champ magnétique solaire.  |  |   |
| * Les cycles de l'activité solaire.  |  |   |
| * Luminosité du Soleil et hypothèses de Helmholtz sur le rayonnement.                |  |   |
| * Couleurs et spectres des étoiles.  |  |   |
| * Classification des étoiles selon des critères observationnels.                     |  |   |

V-C ASTRONOMIE CONTEMPORAINE

- |   |  |  |
|---|--|--|
| * Bilan énergétique du Soleil et étapes de son évolution. |  | * Photographie d'étoiles dans le visible et dans l'IR. |
| * Structure du Soleil.                                    |  | * Diagramme H-R.                                       |

Tableau B - PROGRAMME DETAILLE DE LA SEQUENCE "ASTRONOMIE" (suite)

* Sources de l'énergie thermo-nucléaire.		* Analyse des systèmes binaires et déduction de la masse du Soleil.
* Evolution stellaire; nucléosynthèse.		* Observation d'objets âgés
* Nébuleuses planétaires; supernovae.		* Masse et structure spirale de la Galaxie.
* Le milieu interstellaire.		
* Les nouvelles "fenêtres": X, UV, IR et radio.		* Etude morphologique des galaxies.
* Structure de la Galaxie.		* Le redshift et la loi de Hubble.
* Les "nébuleuses" extragalactiques		
* Cosmologie: loi de Hubble, rayonnement universel à 3K, origine des éléments chimiques.		
* Expansion de l'Univers		

Tableau C - PROGRAMME DE PHYSIQUE : MODULE "ASTRONOMIE"

SAVOIR	APTITUDE
* Description et mouvement apparent de la voûte céleste.	* Faire la relation entre le mouvement apparent du Soleil et la variation de la durée du jour selon la saison.
* Etude historique des différents systèmes du monde de l'Antiquité grecque à Copernic.	* Mettre en parallèle le développement historique des théories astronomiques et l'évolution philosophique, sociale et technique.
* Les lois de Kepler. La gravitation universelle. Interprétation par Newton des lois de Kepler	* Savoir réaliser des observations simples. Mesure du temps astronomique   Simulation d'orbites planétaires sur ordinateur. Collecte & interprétation de données d'observation. Etude des trajectoires des fusées et vaisseaux spatiaux.
* Mesures anciennes des distances astronomiques: Terre-Lune, Terre-Soleil, diamètre de la Terre.	* Evaluer la précision des méthodes anciennes de mesure des distances.
* La physique des planètes.	* Interprétation géophysique simple d'images planétaires.
* Caractéristiques observationnelles et structure du Soleil.	* Faire la relation entre la constante solaire et la luminosité. Dédire des observations les principales caractéristiques physiques du Soleil.
* Magnitudes et distances stellaires. Principaux paramètres stellaires.	* Etude spectroscopique du Soleil et des étoiles et comparaison avec les spectres obtenus en laboratoire.
* Structure et évolution stellaire. Equilibre énergétique des étoiles.	* Evaluation des échelles de temps solaire et stellaire. Interprétation du diagramme H-R.
* Structure de la Galaxie; position du Soleil dans la Galaxie.	* Application des lois de la gravitation à un modèle simplifié de galaxie
* Morphologie des galaxies.	* Comparer et classer les galaxies selon des critères morphologiques.
* Fondements expérimentaux de la Cosmologie; modèle d'évolution de de l'Univers.	* Evaluer le redshift de galaxies lointaines et déduire la constante de Hubble.