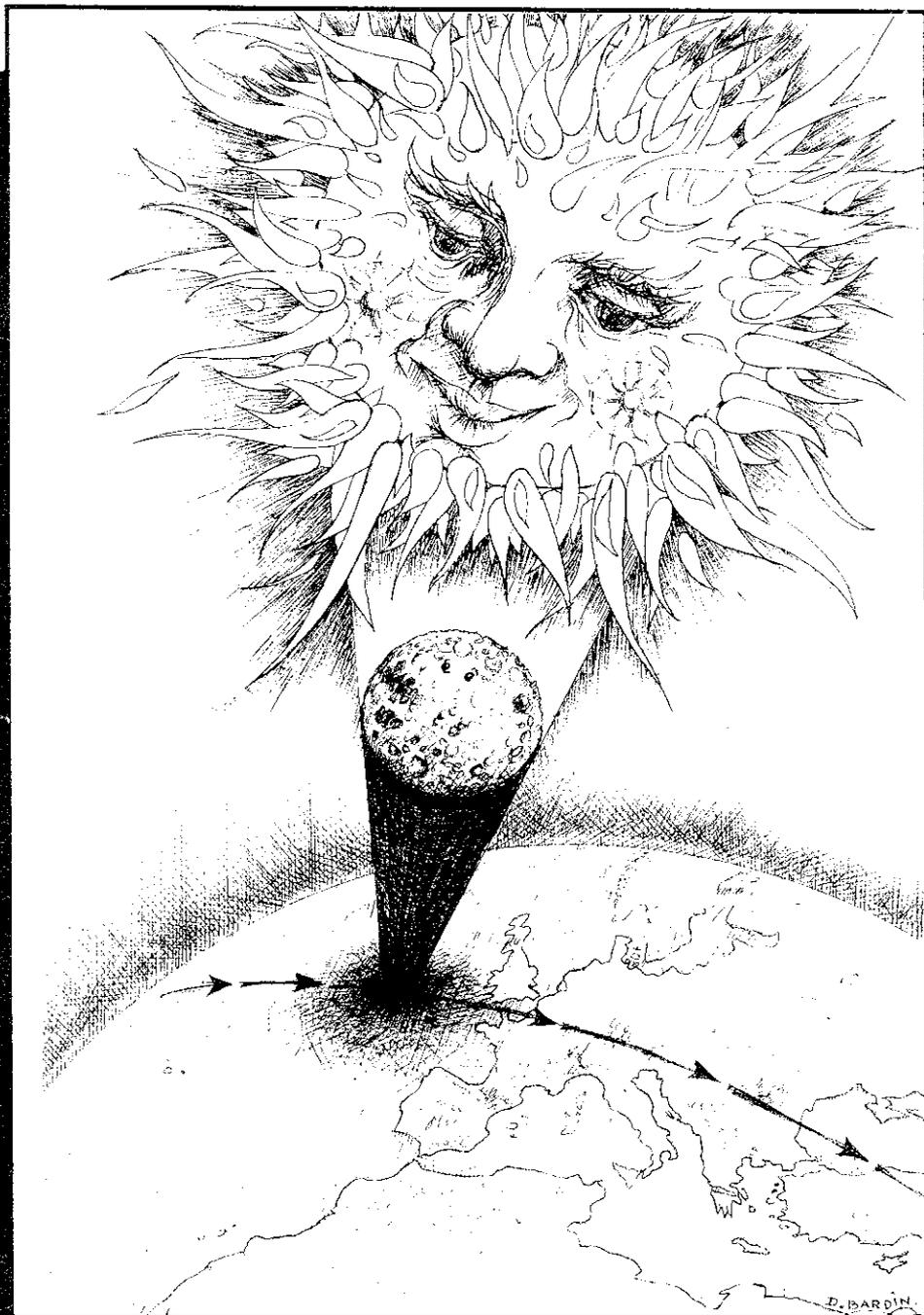


bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes

Les Cahiers Clairaut

Lectures
pour
et se
His
Ré
d'o
Ar
fo
Réfle
déb
Info
élève
Vie
Tex
exerc
Articles
Les p



numéro 88 - HIVER 1999-2000

Comité de liaison enseignants et astronomes

Le CLEA

Le **CLEA**, Comité de Liaison Enseignants et Astronomes, est une association déclarée (loi de 1901). Elle réunit des enseignants et des astronomes professionnels qui veulent ensemble promouvoir l'enseignement de l'astronomie à tous les niveaux de l'enseignement et dans les organismes de culture populaire. En particulier, ils agissent dans le cadre de la

formation initiale et continue des enseignants.

Le **CLEA** organise des stages nationaux (universités d'été) et régionaux dans le cadre des MAF-PEN. Ces stages sont ouverts aux enseignants de l'école primaire, du collège et du lycée. On s'efforce d'y conjuguer information théorique et travaux pratiques (observations,

travaux sur documents, mise au point de matériels didactiques et recherche du meilleur usage de ces matériels, etc).

Aussi bien au cours de ces stages que dans ses diverses publications, le **CLEA** favorise les échanges directs entre enseignants et astronomes hors de toute contrainte hiérarchique.



Pour toute information s'adresser au siège du CLEA
Laboratoire d'Astronomie, bât. 470
Université Paris Sud 91405 Orsay cedex
Tél : 01 69 15 77 66 ; Fax : 01 69 15 63 80
Adresse électronique : michele.presse@cf.asso.u-psud.fr

PUBLICATIONS DU CLEA pages C et D

Bureau du CLEA pour 1999

Présidents d'honneur

Jean-Claude PECKER
Evry SCHATZMAN

Présidente

Lucienne GOUGUENHEIM

Vice-Présidents

Agnès ACKER
Marie-France DUVAL
Jean RIPERT
Josée SERT
Gilbert WALUSINSKI

Secrétaire

Martine BOBIN

Trésorière-Secrétaire

Catherine VIGNON

Daniel Bardin
Francis Berthomieu
Martine Bobin
Michel Bobin
Lucette Bottinelli
Pierre Causeret
Jacky Dupré
Michèle Gerbaldi
Lucienne Gouguenheim
Christian Larcher
Georges Paturel
Jean Ripert
Jean-Paul Rosenstiehl
Daniel Toussaint
Michel Toulmonde
Gilbert Walusinski

Comité de rédaction des Cahiers Clairaut

EDITORIAL

Nous devons boucler ce numéro afin que vous le receviez pour le solstice alors que nous rentrons de l'assemblée générale.

Un grand merci à l'équipe de Marseille pour son accueil chaleureux, son organisation très efficace et à Philippe Amram pour son intéressant exposé sur l'histoire de l'interférométrie qui a clos la journée.

Le compte-rendu ne sera publié qu'en l'an 2000 et cet éditorial ne suffira pas à rendre compte de la richesse des échanges et des interventions :

- débat sur les nouveaux programmes de physique de seconde (esprit du programme et place de l'astronomie)

- exemples de pratiques avec des élèves et en particulier la comparaison fructueuse de deux expériences réalisées par notre collègue suisse Didier Raboud.

- relation entre école et intervenants extérieurs (stage organisé par l'association Andromède pour les animateurs de planétarium - projet de centre scientifique et touristique à la Hague).

- débat sur le contenu et la diffusion des Cahiers Clairaut.

Il sera bien utile de prolonger dans les prochains bulletins les débats amorcés au cours de l'AG. Nous souhaitons augmenter la place consacrée aux échanges entre les lecteurs afin que les Cahiers assurent pleinement leur rôle de bulletin de liaison de notre association.

En attendant nous remercions vivement tous les auteurs qui ont contribué au numéro 88 et vous souhaitons bonnes lectures.

La Rédaction



les Cahiers Clairaut

Hiver 1999 - 2000 n°88



Article de fond

La matière noire non baryonique

p. 2



Avec nos élèves

Le ciel des paysans catalans

(niveau primaire)

p. 4

Modélisations en astronomie

(niveau primaire)

p. 6

Quelle place faire à l'optique en 3^{ème}

p. 8



Travaux pratiques

Lavabos, Coriolis et rotation de la Terre

p. 11



Observations

Comment voir le rayon vert deux fois de suite

p. 15

Réflexions et débats

Demandez le programme ... de 2^{de}

p. 18



Histoire

Gerbert d'Orlhac

p. 22

Légendes des Pléiades

p. 24



Vie associative

p. 26



Remue-méninges

Mouvement apparent

p. 32



Lectures

pour la Marquise

p. 33

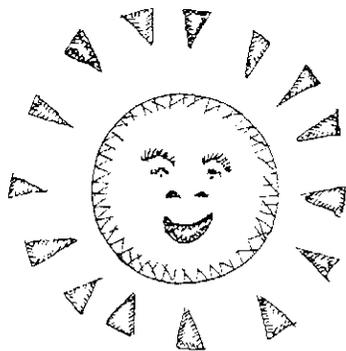


Les potins

de la Voie lactée

p. 39





La matière noire non baryonique

Claudine Goldbach
et Gérard Nollez, I.A.P.

A la suite du bel article de Roger Ferlet sur la recherche de matière noire baryonique par effet de microlentille (CC 87) Claudine Goldbach et Gérard Nollez poursuivent l'exploration de l'énigme de la masse cachée de l'Univers.

Cette fois ils nous parlent de la matière noire non baryonique¹ et de la recherche des neutralinos.

De nombreux travaux récents contribuent à définir un nouveau cadre à l'énigme de la masse cachée ou matière noire. Ceux-ci portent sur la recherche de matière noire baryonique par effet de microlentille, sur l'étude des structures à grande échelle, des supernovae de type Ia, du fond de rayonnement cosmologique micro-onde et bien sûr la détermination expérimentale de la masse du neutrino. Les études croisées des supernovae Ia à fort décalage vers le rouge² et du fond cosmologique confortent l'hypothèse d'une "énergie du vide" (représentée par une "constante cosmologique") et mettent une limite supérieure de l'ordre de $\Omega_m = 0,3$ à la densité de matière de l'Univers. La densité de matière baryonique, Ω_B , restant de l'ordre de $\Omega_B = 0,1$ il reste de la place pour la matière noire non baryonique.

En 1998, l'équipe de Super-Kamiokande (Japon) a annoncé la mise en évidence d'"oscillations"³ des neutrinos atmosphériques et en conséquence l'existence d'une masse du neutrino.

Cependant, cette composante "chaude" de la matière noire non baryonique ("chaude" signifie que les particules se déplaçaient à la vitesse de la lumière au mo-

ment du découplage matière - rayonnement à $t = 10^6$ ans) ne peut à elle seule rendre compte de la masse cachée et l'existence de particules de matière noire "froide", (non relativistes) reste une hypothèse d'actualité.

Des particules non baryoniques, froides et quelque peu exotiques, sont prévues par les modèles de physique des particules. On les désigne sous le nom de WIMPs (Weakly Interactive Massive Particles). Interagissant très faiblement avec la matière, elles sont très difficilement détectables mais des efforts considérables sont actuellement développés pour tenter de prouver leur existence. Les recherches portent plus particulièrement sur la mise en évidence d'un neutralino de masse comprise entre 50 et 500 GeV, particule la plus légère prévue par la supersymétrie et qui serait stable d'après certaines versions de ce modèle de physique des particules.

A noter également que deux groupes, l'un aux USA, l'autre au Japon, cherchent activement à détecter des axions, particules de très faible masse (de l'ordre de 10^{-5} eV), par l'étude de leur conversion en photons en présence d'un champ magnétique externe.

A la recherche des neutralinos

Si les neutralinos existent et constituent une partie du halo de matière noire de notre Galaxie, leur détection sur Terre est possible ... mais fort difficile !

En effet, si on s'attend sur Terre à un flux de neutralinos de l'ordre de 100 à 1000 particules par cm^2 et par seconde, leur probabilité d'interaction avec la matière est si faible que l'on ne peut, au mieux, espérer qu'une interaction par jour et par kg de détecteur. La détection de ces interactions appartient donc au domaine de la recherche des événements rares qui nécessitent une protection maximale contre toutes les interactions parasites, qu'elles soient dues au rayonnement cosmique, à la radioactivité du détecteur et de son environnement, aux perturbations acoustiques ou électromagnétiques ...

Pour se protéger du rayonnement cosmique, des laboratoires souterrains ont été aménagés. En France, le Laboratoire Souterrain de Modane a été construit dans le tunnel du Fréjus, entre la France et l'Italie ; une couverture de 1700 m de roches permet de diviser par $3 \cdot 10^6$ le taux de particules chargées issues du rayonnement cosmique.

Dans le laboratoire souterrain, il convient ensuite de se blinder contre la radioactivité proche. Les écrans de plomb sont particulièrement efficaces pour arrêter les rayons γ ... encore faut-il que la présence de l'isotope radioactif ^{210}Pb (de période égale à 22 ans), soit négligeable. On comprend donc l'intérêt de disposer de plomb très ancien. Au laboratoire souterrain de Modane, les écrans sont réalisés en plomb archéologique grâce à une collaboration établie entre physiciens et archéologues : le plomb provient d'une cargaison de lingots retrouvés au large de Ploumanach' et vieux de 15 siècles.

Quant au détecteur lui-même, sur quels principes repose sa conception ? Lors de leur interaction avec la matière ordinaire, les particules de matière noire vont céder, par diffusion élastique

sur les noyaux d'une cible, une partie de leur énergie à un noyau qui va subir un effet de recul. C'est cette énergie de recul du noyau que l'on va chercher à détecter à travers un effet physique dépendant de la nature du détecteur : ainsi les diodes semi-conductrices en germanium ou silicium vont convertir l'énergie de recul en charges électriques et les cristaux scintillants, tels l'iodure de sodium, vont convertir l'énergie en lumière. Mais ces types de détecteurs ne sont sensibles qu'à des énergies de recul supérieures à 10-20 keV ; or l'énergie de recul cédée au noyau par une particule de matière noire de masse inférieure à 10-20 GeV sera plus faible.

Depuis les années 80, un nouveau type de détecteur a donc été développé : il s'agit du bolomètre qui est constitué d'une cible cristalline et d'un senseur (thermomètre). Lors d'une interaction, le recul du noyau va induire des vibrations du réseau cristallin qui produiront une infime élévation de la température. Pour que celle-ci soit décelable, il faut que le bolomètre lui-même soit à très basse température (bolomètre cryogénique fonctionnant vers 10 mK). Le thermomètre, lui, devra transformer cette élévation de température en signal électrique signant l'événement. Plusieurs équipes européennes, américaines, japonaises disposent actuellement de bolomètres cryogéniques et s'installent dans des sites souterrains. Toutes cherchent à améliorer la sensibilité du détecteur, à rejeter le bruit de fond radioactif et à abaisser le seuil de détection. Des voies particulièrement prometteuses ont été ouvertes grâce à des bolomètres à double détection ; ces bolomètres permettent, lors d'une interaction, de mesurer deux signaux : un signal thermique et, en plus, soit un signal d'ionisation (cible de germanium), soit un signal de luminescence (cible en scintillateur). Le bilan énergétique est différent selon qu'il s'agit d'une interaction avec une particule de matière noire (ou un neutron) ou avec un photon γ du bruit de fond : le rapport des deux signaux, chaleur / ionisation ou chaleur / luminescence, permet de rejeter les événements parasites dus aux photons γ .

Les expériences en cours ou en projet

Toutes les expériences de détection directe de la matière noire non-baryonique doivent augmenter la masse de leur détecteur. En effet, une signature claire des interactions avec la matière noire peut être la mise en évidence d'une modulation annuelle du taux d'événements dans le détecteur : la variation sur Terre du flux des particules du halo, due à la variation au cours de l'année de la vitesse de la Terre dans le système de coordonnées galactiques, atteint 10% entre juin et décembre. Pour faire apparaître cette variation, un ordre de grandeur doit être gagné sur la masse du détecteur. Aussi les projets de recherche avec des scintillateurs sont basés sur l'utilisation de 100 kg d'iodure de sodium, ceux avec des diodes semi-conductrices vont jusqu'à envisager l'utilisation de plusieurs tonnes de germanium, quant aux projets bolométriques, ils prévoient l'utilisation d'une dizaine de kg de germanium sous la formes de mosaïques de bolomètres.

D'autres projets portent sur une détection indirecte des WIMPs : lors des annihilations avec leurs antiparticules, il y a émission de neutrons énergétiques. Des expériences se développent pour détecter le signal lumineux émis dans une cible d'eau par les particules chargées issues des interactions de neutrinos (effet Cerenkov). Un projet européen démarre au large de Marseille à une profondeur de 4000 m alors que le projet américain prend pour cible en profondeur les glaces de l'Antarctique.

Notes :

1 - Par opposition à la matière noire baryonique, matière ordinaire composée de protons et de neutrons.

2 - cf. Potins CC86.

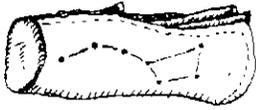
3 - L'expérience aurait observé le passage ("oscillation") de neutrinos de type muonique ν_μ vers le type tauique ν_τ .

(cf. F. Vanucci, La Recherche 312, septembre 1998).

Pour en savoir plus :

"Naissance et histoire du Cosmos"

La Recherche, Hors-série, avril 1998. ■



Le ciel des paysans catalans

Charles-Henri Eyraud

AVEC NOS ÈLÈVES

Un méchant paysan ne voulait pas vendre son blé alors que tout le monde mourait de faim. Les gens du village, en colère, se dirigèrent vers sa maison pour se servir. L'avare voulut s'enfuir avec son chariot plein de blé. Notre Seigneur le punit en faisant verser son chariot. Les avares doivent se souvenir de cet exemple, car le méchant paysan doit maintenant éternellement guider, en reculant, ses trois bœufs et sa charrette dans le ciel.

Sur la figure 1.

Colorie en jaune les quatre essieux du Grand Chariot,
en rouge les trois bœufs,
en vert le charretier avare.

Dans quel sens tourne le Grand Chariot
autour de l'étoile polaire ?

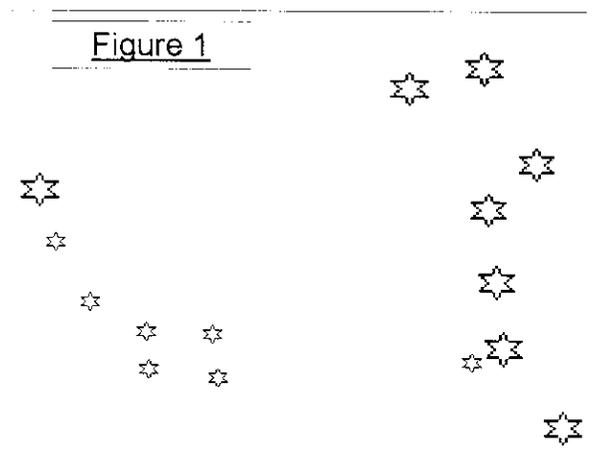
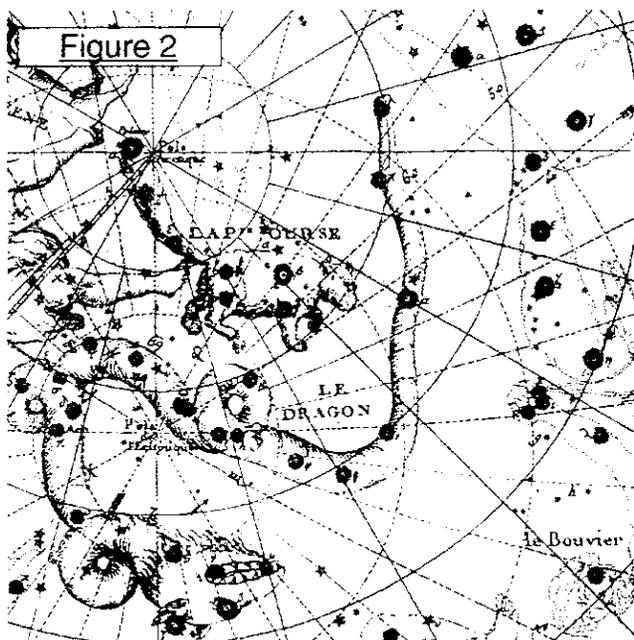
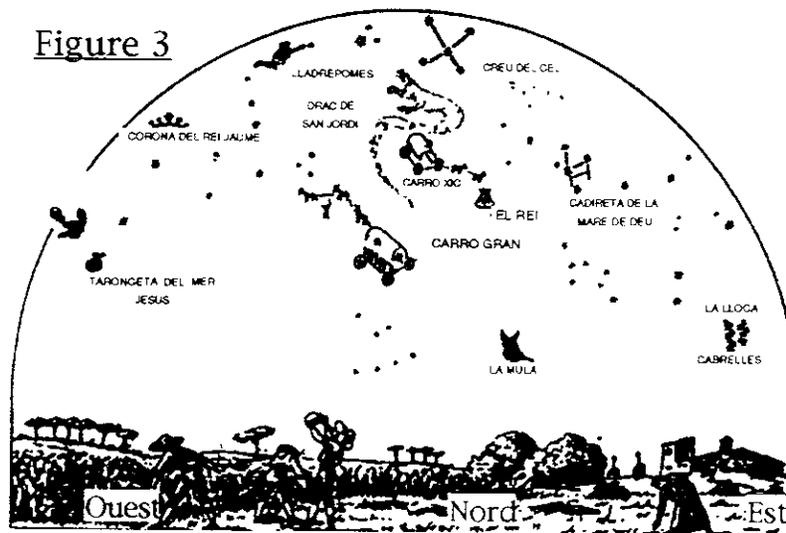


Figure 3

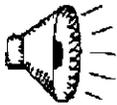


Sur la figure 3.

Identifie Hercule, Cassiopée, le Cygne, le Petit Chariot, le Dragon, la Couronne parmi CADIRETA DE LA MARE DE DEU, DRAC DE SANT JORDI, CREU DEL CEL, LLADREPOMES (voleur de pommes), CARRO XIC, CORONA DEL REI JAUME (roi Jacques)

Identifie les étoiles Capella, Étoile Polaire, Arcturus, les Pléiades parmi TARONGETA (petite orange) DEL MER JESUS, EL REI, LA MULA, CABRELLES (7 chevreaux)

Note bibliographique : Joan AMADES "Des étoiles aux plantes", éd. du Mirail. ■



L'Observatoire des Côtes de Meuse

Bernadette Durieux a découvert l'été dernier l'existence d'un observatoire dans la Meuse à 1 heure de voiture de Longwy. Depuis dix ans le jeune couple constructeur et animateur de cet observatoire a consacré tout son temps à la conception et à la réalisation de ce lieu, chacun laissant tomber ses activités professionnelles. Ils ont tout fait, la coupole, le télescope (mis à part le miroir), la préparation de l'animation. Ce sont des passionnés qui n'avaient au départ aucune connaissance en astronomie. Le lieu est agréable et l'accueil chaleureux.

Un télescope Newton de 83 cm de diamètre, installé sous la coupole de l'Observatoire, est opérationnel depuis 1997 et est asservi par ordinateur.

Caractéristiques techniques : diamètre du miroir principal : 832 mm ; ouverture : $f/D = 3,7$; qualité de l'optique : $\lambda/20$; monture équatoriale à fourche ; poids deux tonnes.

L'observatoire est ouvert toute l'année et propose des animations diurnes et nocturnes.

Activités de jour : visite de l'Observatoire avec explications du fonctionnement du T83 ; observation du Soleil, conférence : "voyage aux confins de l'Univers" ; diaporama : "Les merveilles du ciel nocturne".

Soirées d'observations : à l'œil nu, pour se repérer ; avec de petits instruments (60 à 210 mm) pour découvrir la Lune, Jupiter et ses satellites, Saturne, des étoiles doubles ou Andromède ; avec le T83 pour observer le ciel profond.

Des animations spéciales sont prévues pour les enfants à partir de huit ans.

L'Observatoire des Côtes de Meuse est géré par l'association du Télescope des Côtes de Meuse, 8 place de Verdun, 55210 Viéville sous les Côtes ; tél, fax : 03 29 89 58 64.

Evaluation prédictive orale en classe entière

Nous avons commencé la séance par une discussion qui avait pour but d'évaluer les prérequis des élèves. Bien entendu, certains d'entre eux connaissaient déjà la réponse à la question : "pourquoi y-a-t-il des jours et des nuits ? " tandis que d'autres voyaient la Terre comme le centre de l'Univers.

Travaux dirigés

Il s'agissait, comme l'indiquait la consigne, de tracer les courbes du lever et du coucher de Soleil à partir de l'éphéméride qui leur avait été distribuée. Celle-ci était extraite du calendrier des Postes que nous avons apporté lors de notre intervention. Ainsi les enfants ont pu constater par eux-mêmes que le jour et la nuit n'étaient pas de durée uniforme tout au long de l'année. Cette constatation était préliminaire aux objectifs de la seconde séance.

Travaux pratiques

Les élèves étaient répartis en binômes. Chaque binôme avait à sa disposition un globe et une lampe. Ces deux éléments étaient fixes. A l'aide des questions de la fiche, les enfants étaient amenés à découvrir la réalité sur le jour et la nuit. Pour finir cette séance, nous avons fixé les idées par une discussion et une trace écrite.

Seconde séance : les saisons

Nous avons choisi ce sujet en liaison avec le thème précédent. En effet, nous avons été amenés à exploiter la fiche de travaux pratiques réalisée à la séance précédente. Il s'agissait d'expliquer d'abord la variation de durée des jours et des nuits puis celle des températures selon les saisons. Notre objectif de connaissance était : la Terre tourne autour du Soleil en conservant une inclinaison. La méthode utilisée était l'observation d'un modèle constitué d'une lampe représentant le Soleil et de quatre globes.

Nous avons installé ce modèle sur une grande table, à l'extérieur de la classe, permettant ainsi aux élèves d'avoir différents angles d'observation. Les élèves travaillaient par demi-classe

en remplissant leurs fiches individuelles mais étaient toutefois encouragés à échanger leurs idées. De la même manière que pour la séance précédente, nous avons d'abord évalué les prérequis, temps au cours duquel un élève a brillamment expliqué à son groupe la réponse à notre question : "pourquoi y-a-t-il des saisons ?".

Lors de la mise en commun, nous avons rendu aux élèves leurs fiches que nous avons corrigées, nous leur avons fait copier un résumé et le schéma tel que nous l'attendions sur leurs copies.

Les évaluations

Evaluations prédictives

Au cours de la première séance, ce moment d'évaluation nous a surtout permis d'entrer en contact avec la classe et de "démarrer" notre intervention d'une manière vivante. Chaque réponse qui nous était donnée était notée sur une grande affiche après avoir été correctement reformulée.

Ainsi, une fois l'expérience menée à bien, les élèves pouvaient infirmer ou confirmer leurs hypothèses. Par cette méthode nous les avons donc amenés à avoir une démarche scientifique.

Evaluations formatives

Nous avons choisi cette forme d'évaluation en accord avec le professeur des écoles. D'une part, nous n'étions que des intervenantes et nous ne souhaitons pas noter les élèves, mais surtout nous voulions que sans contraintes, ils réalisent que la science est fondée sur l'observation. C'est aussi pour cette raison que nous n'avons pas fait d'évaluation sommative.

Analyse du déroulement des séances et des évaluations

Les enfants étaient très enthousiastes à l'idée de faire de l'astronomie et nous ont très bien accueillies. Par chance, nous n'avons pas eu de problème de discipline. Ils ont aussi d'emblée accepté la méthode que nous leur proposons.

Analyse des évaluations

Lors de l'évaluation prédictive, certains avaient déjà des éléments de ré-

ponses mais cela ne les gênait pas d'expérimenter un phénomène qu'ils comprenaient et ils se plaisaient à l'expliquer à toute la classe.

Cependant, nous n'avions pas la même optique pour les deux évaluations prédictives : la première avait pour but de leur faire trouver la réponse, tandis que la deuxième avait pour unique objectif de leur faire trouver des éléments de réponse, lesquels nous serviraient de support pour une explication rigoureuse de l'existence des saisons. Le fait que les élèves aient déjà quelques connaissances ne nous a pas inquiété car la répétition ne pouvait être que bénéfique pour leur apprentissage.

Dans l'ensemble, les élèves ont bien rempli les fiches. On peut constater des différences entre leurs schématisations. En effet, certains passent spontanément du modèle à la représentation de la réalité, tandis que d'autres ne dessinent que le modèle tel qu'il peut l'observer sur leurs tables.

Analyse de la schématisation:

"Pourquoi y-a-t-il des jours et des nuits ? "

Sur 29 copies :

dessin du globe et de la lampe :

28,6 %

dessin de la réalité (Terre, Soleil) :

71,4 %

légende jour / nuit :

28,6 %

On remarque qu'en grande majorité les élèves de cette classe de CM₁ ont réalisé l'abstraction.

Conclusion : la schématisation et la modélisation

En conclusion, nous avons constaté que la manipulation était d'une grande aide dans l'acquisition d'une connaissance. Bien que les enfants soient chacun à un stade d'abstraction différent, ils représentent tous avec facilité le modèle qui leur est présenté. Ils n'avaient aucune difficulté à passer du modèle à la réalité, ce que nous avons vérifié à l'oral avant la phase de manipulation.

(cf. bibliographie p. 32). ■



Quelle place faire à l'optique en 3^{ème} ?

Daniel Toussaint

Les nouveaux programmes de troisième (option langue vivante 2) proposent de consacrer 4 heures seulement à l'étude des lentilles ou de reporter cette partie en quatrième à la fin de l'étude de la lumière et des conditions de la vision.

Compte tenu de l'emploi du temps très serré en troisième, ce report est souhaitable, sinon il y a gros à parier que cette partie d'optique tomberait aux oubliettes...

Cela ne va pas sans poser de problèmes à l'enseignant :

- il doit d'abord trouver une présentation cohérente des deux techniques permettant de projeter des images ou "pseudo-images" sur un écran (en 4^{ème} la chambre noire produit plutôt une "pseudo-image" toujours floue, tandis que les lentilles du programme de 3^{ème} peuvent produire des images nettes).

- l'autre problème est encore trop souvent de rechercher des activités praticables dans des classes de 26 élèves, voire davantage...

Extraits des programmes de physique-chimie :

En quatrième :

Exemple d'activité : la chambre noire.

Contenus - Notions : modèle du rayon lumineux, sens de propagation de la lumière.

Compétences : faire un schéma représentant un faisceau lumineux....

En troisième

Exemple d'activité : comment obtient-on une image à l'aide d'une lentille ? Manipuler des lentilles convergentes et divergentes - Réception d'images sur des écrans diffusants.

Contenus - Notions : principe de formation des images en optique géométrique - Concentration de l'énergie.

Comment j'ai essayé de traiter les deux parties dans la même année :

Etant confronté aux problèmes posés par des classes surchargées très hétérogènes, j'ai essayé de faire travailler les élèves (pourtant le mot travail est ressenti comme une injure par quelques uns d'entre eux...) avec du matériel simple à réaliser, puis d'interpréter les résultats expérimentaux en fonction de la netteté de l'image et de sa luminosité.

A l'heure où j'écris ces lignes nous avons pratiquement terminé l'ensemble de ces activités et les résultats sont mitigés. Mais comme ces expériences peuvent profiter à d'autres élèves plus motivés ou placés dans des groupes à l'effectif raisonnable, j'en fais part à qui veut les utiliser...

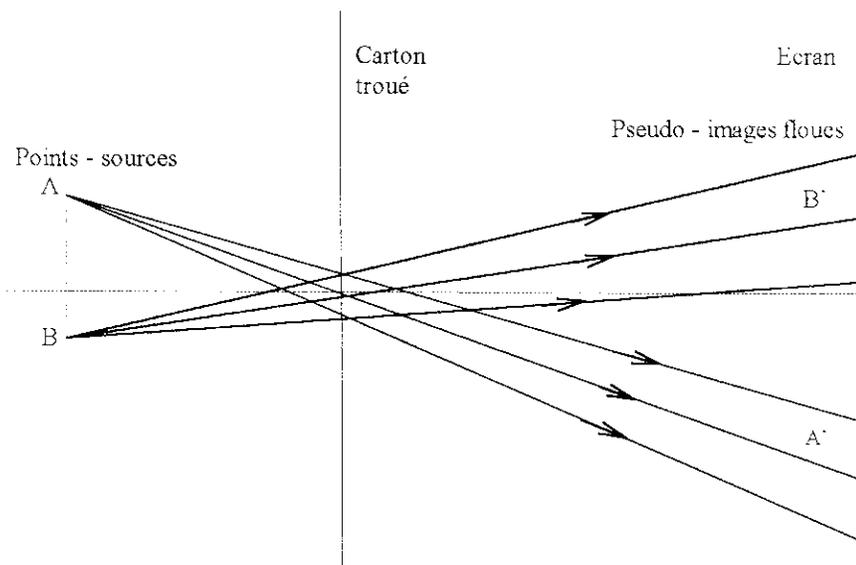


Schéma n° 1 : la chambre claire

Activités relevant du programme de 4^{ème} :

Pour créer la motivation, nous sommes partis de clichés étonnants réalisés lors de l'éclipse du 11 août. Ces photos prises pendant la phase partielle montrent les ombres portées par deux mains croisées au-dessus d'une feuille blanche. Les interstices entre les doigts produisent des croisants. La même expérience recommencée à une date quelconque produit évidemment des petits disques clairs.

Ensuite, nous avons cherché si l'expérience "marchait" aussi avec d'autres sources lumineuses que le soleil (éclipsé ou non). Les tubes fluorescents du plafond de la classe sont des sources bien adaptées à cette manip (les élèves peuvent travailler par deux sans avoir à se déplacer).

Les élèves furent très surpris de constater qu'il suffisait de percer un trou triangulaire de quelques mm de côté dans une fiche cartonnée A4 pour projeter sur une feuille posée sur leur table l'image du tube allumé au-dessus d'eux. Ce dispositif ouvert n'est pas exactement la chambre noire évoquée par le programme, c'est plutôt une chambre claire, mais les notions étudiées ne souffrent pas de cette différence.

Résultats observés :

- l'image claire observée à l'ombre du carton troué a la forme de la lampe, mais elle est inversée. Pour mettre en évidence le renversement, nous avons fixé des filtres colorés aux extrémités des tubes (diapos coincées entre les lamelles métalliques situées sous ces tubés).

- si le carton troué est très près de la table, la tache claire a la forme du trou, mais dès qu'on l'écarte un peu, cette tache prend la forme du tube. Quand la distance augmente, l'image grandit, devient de plus floue et de moins en moins lumineuse.

Interprétation des résultats en termes de rayons lumineux (voir schéma n°1, la chambre claire) :

- les rayons issus de A et B se croisent dans le trou : l'image est à l'envers.

- le point source A envoie plusieurs rayons dans le trou aussi la tache A' n'est pas ponctuelle, et l'image est floue.

- l'agrandissement de l'image quand l'écran s'éloigne doit beaucoup au théorème de Thalès (qui est abordé au programme de mathématiques de 4^{ème} et

approfondi en 3^{ème}). C'est l'occasion de fournir des sujets d'étude à nos collègues.

- l'énergie lumineuse disponible est limitée par les dimensions du trou et les caractéristiques de la lampe. Plus cette énergie est répartie sur une large tache, plus sa densité diminue, c'est-à-dire, plus la luminosité diminue. Pour aider les élèves à comprendre cette notion, j'ai utilisé l'analogie suivante : l'énergie à partager se dilue de la même façon que l'argent partagé entre des personnes de plus en plus nombreuses. La notion d'énergie leur était tout-à-fait étrangère, mais l'analogie était très concrète !

Activités relevant du programme de 3^{ème} :

La notion d'énergie abordée à la fin du paragraphe précédent permet de bien faire la différence entre le sténopé (nous n'avons pas utilisé ce terme pour éviter les détails superflus) qui disperse l'énergie et la lentille convergente qui concentre cette énergie à l'endroit où se forme une image.

Expérience de cours : mise en évidence du foyer d'une lentille :

L'expérience est simple à réaliser, mais pour limiter les risques, un seul groupe la réalise devant les autres élèves.

Quand le soleil brille on forme son image avec une petite lentille convergente sur un sac en plastique blanc et noir.

Observations et interprétations : l'image sur le plastique blanc est éblouissante. Elle est dangereuse pour les yeux des spectateurs si on fait durer l'expérience, mais le plastique qui renvoie la lumière n'est guère abîmé. L'image sur une zone noire se traduit très vite par un trou : c'est le plastique qui absorbe l'énergie lumineuse.

Definitions : le foyer étant l'endroit où se fait le feu, cette expérience permet de le définir ainsi que la distance focale.

Expérience sur table : comparaison des propriétés de diverses lentilles.

Chaque groupe de deux élèves disposant d'une boîte de lentilles et de son matériel personnel (écran = feuille blanche, règle) doit essayer de faire l'image la plus nette possible du tube fluo de la leçon précédente. Quand l'image existe, il doit mesurer sa longueur et la distance entre la lentille et l'écran.

Constatations:

Les images ne se forment que dans des zones bien définies (alors que le trou donnait des images à toutes distances).

Les lentilles convergentes donnent des images plus nettes que le trou.

Les images sont toujours à l'envers.

En prolongeant mentalement le rayon qui va de la lentille jusqu'à l'image, il est facile d'identifier la source (en cas d'images multiples).

Position de l'image : les élèves constatent facilement que les distances lentille-écran varient d'une lentille à l'autre, mais ils ne remarquent pas toujours qu'elles sont un peu plus grandes que les distances focales indiquées sur les lentilles (ils sous estiment les distances car ils ne pensent pas à mesurer en biais le long du rayon lumineux principal).

Dimensions et luminosités : ces deux grandeurs varient en sens inverse quand on change de lentille.

Interprétation des résultats en termes de rayons lumineux (voir schéma n°2, image donnée par une lentille convergente) :

- netteté : comme la lentille casse la plupart des rayons lumineux, chaque point objet A ou B donne un point image A' ou B' et non une tache.

- énergie : l'énergie est concentrée sur l'image car c'est là que les rayons se croisent. L'image est plus lumineuse que les pseudo-images données par le trou car la lentille laisse passer plus de lumière que le trou.

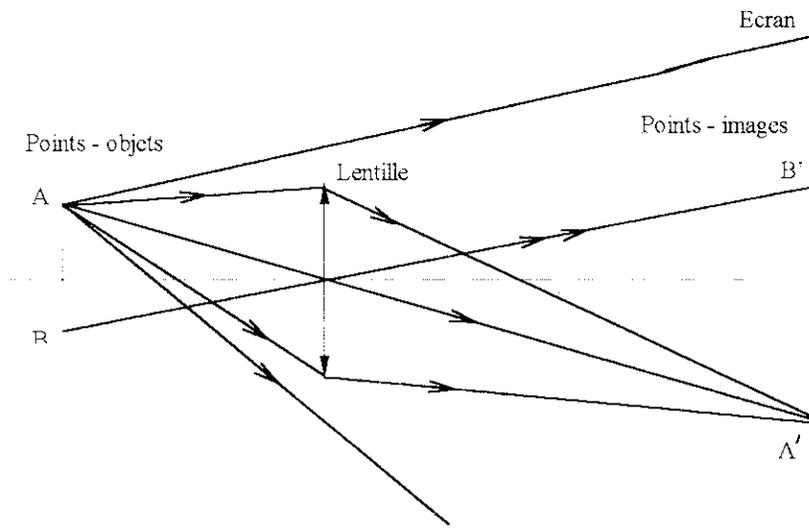


Schéma n° 2 : image donnée par une lentille convergente

Expérience de cours : variation de la position de l'image en fonction de la distance lentille-objet.

Cette expérience permet de faire la synthèse des leçons précédentes, mais pour éviter la lassitude des élèves, j'ai choisi une source lumineuse qui les surprend : il s'agit de leur propre main.

Conditions : pour que la main qui n'est qu'une source secondaire renvoie beaucoup de lumière, elle doit être fortement éclairée. C'est pourquoi nous l'avons placée dans l'espace situé entre la table d'un rétroprojecteur et la tête de projection (pour augmenter la luminosité, un petit miroir fixé par un élastique sous cette tête renvoyait la lumière vers la main). La lentille de distance focale 20 à 30 cm doit avoir le plus grand diamètre possible (le but n'est pas de se rapprocher des conditions de Gauss, mais de former une image assez lumineuse).

Protocole : pour une distance imposée entre la lentille (tenue par un élève) et l'objet (main d'un autre élève), un troisième élève cherche s'il peut faire l'image de la main sur un écran (feuille de calque encadrée de carton tenue à la main) et repère à quel endroit il doit placer cet écran. Chacun note les propriétés de cette image et d'autres expérimentateurs testent une autre position de la lentille.

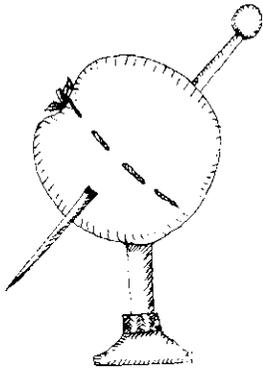
Faits à retenir : si la lentille est loin, l'image est petite et proche du foyer (principe de fonctionnement de

l'œil ou de l'appareil photo) ; si la lentille se rapproche de l'objet, l'image s'éloigne de la lentille et grossit tant que l'écran devient trop petit ; la plus grande image est obtenue sur le mur d'en face quand l'objet est proche du foyer (principe de fonctionnement de tous les appareils de projection). Dans tous les cas, l'image est à l'envers.

Remarque : éviter d'approcher la lentille à moins de 30 cm (distance focale de la lentille utilisée) pour ne pas avoir à aborder l'effet loupe (hors programme et long à étudier).

Autres variantes :

En remplaçant la main par un objet plat fortement coloré, les mesures sont plus précises, mais moins motivantes pour les élèves. Si l'un d'entre eux est tenté de glisser la tête dans l'espace éclairé du rétroprojecteur, il vaut mieux l'en dissuader en lui expliquant qu'il serait fortement ébloui. C'est l'occasion de signaler que le soleil n'est pas le seul objet dangereux à regarder. Cependant si la classe est vraiment disciplinée, il suffit de demander à l'élève qui souhaite tenter l'expérience de bien fermer les yeux. L'image plus ou moins déformée de sa tête provoquera une hilarité qui aidera les autres élèves à se souvenir des cours d'optique, mais ce n'est sûrement pas une expérience à tenter dans une classe ayant tendance à chahuter ! ■



Lavabos, Coriolis et rotation de la Terre

Pierre Causeret

Est-ce la Terre qui tourne sur elle-même ou le ciel qui tourne autour de la Terre ? Du point de vue mathématique, les deux hypothèses sont strictement équivalentes puisque ce n'est qu'un problème de repère. Et pourtant, les livres nous affirment que le premier énoncé est le bon alors que le second est faux. Mais qu'en sait-on ? Peut-on imaginer une expérience simple qui en donnerait une preuve ? On cite souvent le pendule de Foucault. C'est réalisable, très démonstratif, mais difficile à expliquer. En effet le plan des oscillations d'un pendule n'est fixe par rapport aux étoiles qu'aux pôles et le problème est complexe à nos latitudes. A Dijon par exemple, ce plan effectue une rotation en plus de 32 heures par rapport au sol, et non en 24 heures.

La déviation de la chute des corps vers l'Est est une autre expérience qui a été réalisée en 1804 dans un puits de mine. On a mesuré une déviation de 11 mm pour une hauteur de chute de 85 mètres¹. Pas très facile à mettre en œuvre.

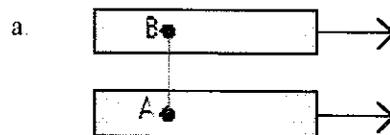
Autre idée souvent avancée : le sens de rotation de l'eau dans un lavabo ou une baignoire qui se vide. Ce serait le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Sud et le sens inverse dans l'hémisphère Nord. C'est ce problème qui m'intéresse ici.

Comment ça marche ?

On supposera ici que la Terre tourne sur elle-même en 24 heures.

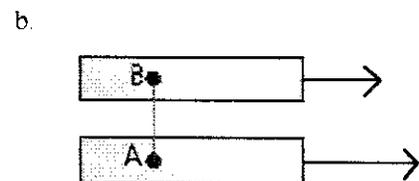
1- Explications simplifiées

11- Sur des tapis roulants



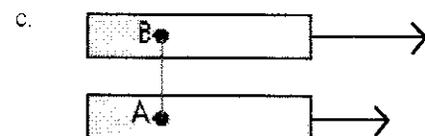
Imaginons deux personnages A et B sur deux tapis roulants allant à la même vitesse.

A pourra lancer une balle à B sans difficulté, les deux personnages étant immobiles l'un par rapport à l'autre.



Imaginons maintenant que le tapis de A est plus rapide que celui de B.

A lance une balle en visant B mais celle-ci arrivera à droite de B. En effet, par rapport à A, B se déplace vers la gauche.

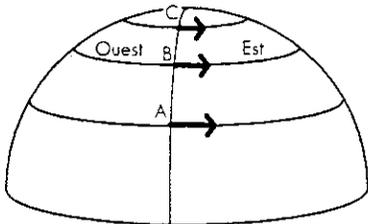


Et si maintenant A est moins rapide que B, la balle arrivera à gauche de B

puisque, par rapport à A, B se déplace vers la droite.

12. Sur Terre.

a. **Dans l'hémisphère Nord.**

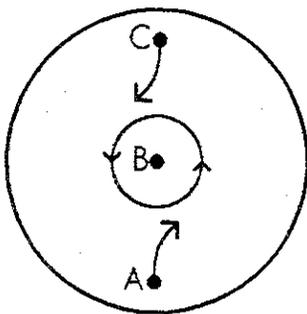


Le parallèle de A étant plus grand que celui de B, sa vitesse linéaire due à la rotation de la Terre sur elle-même est supérieure à celle de B. Si A lance une balle à B, on se retrouve dans la situation du 11b et la balle arrivera à l'Est de B comme si elle était déviée vers la droite.

Si maintenant C lance une balle à B, comme sa vitesse est inférieure à celle de B, la balle arrivera à l'Ouest de B. Là encore, elle semble déviée vers la droite.

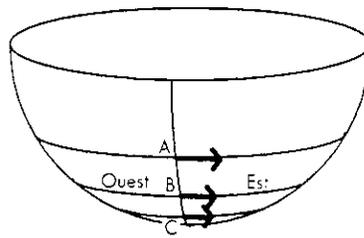
En conclusion, si vous lancez une balle en suivant le méridien dans l'hémisphère Nord, elle sera déviée vers la droite.

Dans un lavabo



Imaginons maintenant que B est le centre d'un grand lavabo en train de se vider dans l'hémisphère Nord. L'eau en provenance de A comme celle en provenance de C sera déviée vers la droite, ce qui va créer un tourbillon tournant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

b. **Dans l'hémisphère Sud.**



Si A lance une balle à B, la balle arrivera à l'Est de B comme si elle était déviée vers la gauche, la vitesse de A étant supérieure à celle de B.

Si C lance une balle à B, la balle arrivera à l'Ouest de B. Là encore, elle semble déviée vers la gauche.

En conclusion, si vous lancez une balle en suivant le méridien dans l'hémisphère Sud, elle sera déviée vers la gauche.

On obtient donc la situation inverse de l'hémisphère Nord : les lavabos de l'hémisphère Sud doivent se vider dans le sens des aiguilles d'une montre.

2. Un peu de calculs (pour l'hémisphère Nord)

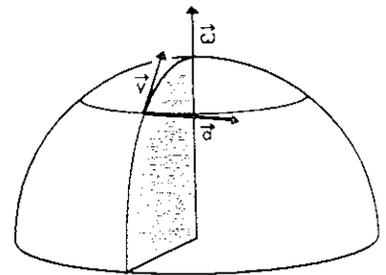
Considérons un mobile A se déplaçant sur la Terre avec une vitesse \vec{v} dans le référentiel lié à la surface terrestre. Ce mobile aura par rapport à la Terre une accélération supplémentaire due au fait que la Terre est en rotation par rapport aux étoiles et appelée accélération de Coriolis.

Les lois de la mécanique permettent de montrer qu'elle est donnée par la formule :

$$\vec{a} = -2\vec{\omega} \wedge \vec{v}$$

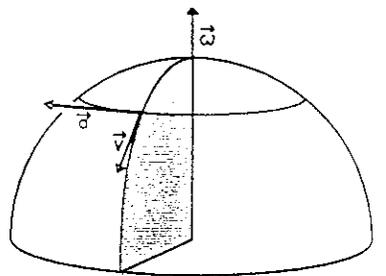
où $\vec{\omega}$ est le vecteur caractérisant la rotation de la Terre (de même direction que l'axe de la Terre, vers le Nord et dont la norme est sa vitesse angulaire). On peut vérifier ce que donne cette formule dans différents cas. Pour plus de clarté, le plan du méridien est représenté en grisé.

1^{er} cas : lancer vers le Nord



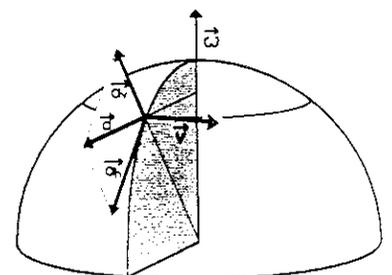
On retrouve la déviation vers l'Est comme dans le lancer de A vers B du 12

2^{ème} cas : lancer vers le Sud



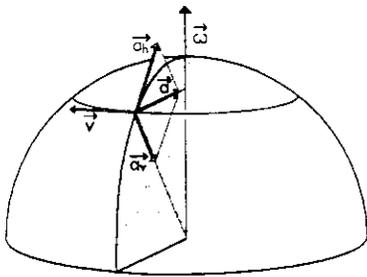
On obtient cette fois une déviation vers l'Ouest comme dans le lancer de C vers B.

3^{ème} cas : lancer vers l'Est



L'accélération \vec{a} se décompose en une accélération horizontale \vec{a}_h vers le Sud (c'est toujours une déviation vers la droite) et une accélération \vec{a}_v verticale vers le haut.

4^{ème} cas : lancer vers l'Ouest



L'accélération \vec{a} se décompose là aussi en une accélération horizontale \vec{a}_h vers le Nord (c'est toujours une déviation vers la droite) et une accélération verticale \vec{a}_v vers le bas.

On obtient donc dans tous les cas une déviation vers la droite. Notre lavabo de l'hémisphère Nord doit donc théoriquement se vider dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Est-ce que ça marche ?

Prenons un grand lavabo circulaire de 45 cm de diamètre à une latitude de 45° Nord et cherchons les différences de vitesse comme dans le paragraphe 12. Le parallèle passant par le centre du lavabo mesure $2\pi r$ (r étant le rayon de ce parallèle), soit environ 28300 km ce qui donne une vitesse linéaire due à la rotation de 1180 km / h. On peut calculer que celui passant par le bord Sud mesure seulement 1 mètre de plus

$$2\pi \times 22,5 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 100$$

La différence de vitesse linéaire entre le bord Sud et le centre du lavabo n'est que de 4 cm / h, ce n'est vraiment pas beaucoup... Il ne semble pas évident que le lavabo puisse s'en apercevoir.

En terme d'accélération, si on considère un courant d'eau se dirigeant du Sud vers le centre à la vitesse d'un piéton pressé (2 m / s ou 7.2 km / h), on obtient une accélération de Coriolis dirigée vers l'Est de 0.0001 m / s², à comparer aux 9,81 m / s² qui attirent

l'eau vers le bas.

Est-ce que vraiment l'eau de notre lavabo sera affectée par cette légère déviation ?

La meilleure solution pour le savoir est de faire l'expérience.

1 - Avec un vrai lavabo.

Si vous videz votre lavabo sans précautions particulières, il risque de se vider dans n'importe quel sens, parfois dans le sens direct, parfois dans le sens des aiguilles d'une montre. L'eau n'est jamais au repos et le léger mouvement initial induira le sens de rotation. Pour essayer de faire l'expérience plus sérieusement, il faudra donc laisser reposer l'eau suffisamment longtemps pour qu'elle soit quasiment immobile. Il faut compter au moins 1 heure. Pour bien voir l'écoulement de l'eau, je conseille de saupoudrer au départ un peu de poivre moulu à sa surface. Malheureusement, pour que l'eau s'écoule, il faut ouvrir la bonde et on amène ainsi un mouvement non contrôlé. De plus, il faut aussi tenir compte de la forme même du lavabo. Les conditions d'expérimentation me paraissent alors mauvaises. En réalité dans mes essais,

l'écoulement m'a toujours paru radial, sans rotation, quand je laisse reposer suffisamment longtemps.

L'expérience est peut être plus concluante avec une baignoire qui permet des vitesses plus importantes. Certains lecteurs ont-ils fait l'expérience ? Je suis prêt à collecter vos résultats...

2 - Une expérience un peu plus élaborée.

Pour éviter le problème de la bonde, j'ai réalisé le montage suivant. Prenez un saladier en plastique, le plus grand possible. Percer le bien au centre en prévoyant le trou de la taille d'un bouchon de stylo feutre. Polissez ensuite pour enlever les aspérités.

Obtenez le trou avec le bouchon, installez votre bassine sur deux tasseaux en bois au-dessus du lavabo par exemple, remplissez d'eau, saupoudrez d'un peu de poivre et laissez reposer.

Après une heure ou plus, enlevez délicatement par en dessous le bouchon et notez le sens de rotation de l'eau.

Avec mon premier saladier de 21 cm de diamètre, j'ai obtenu, sur 10 es-

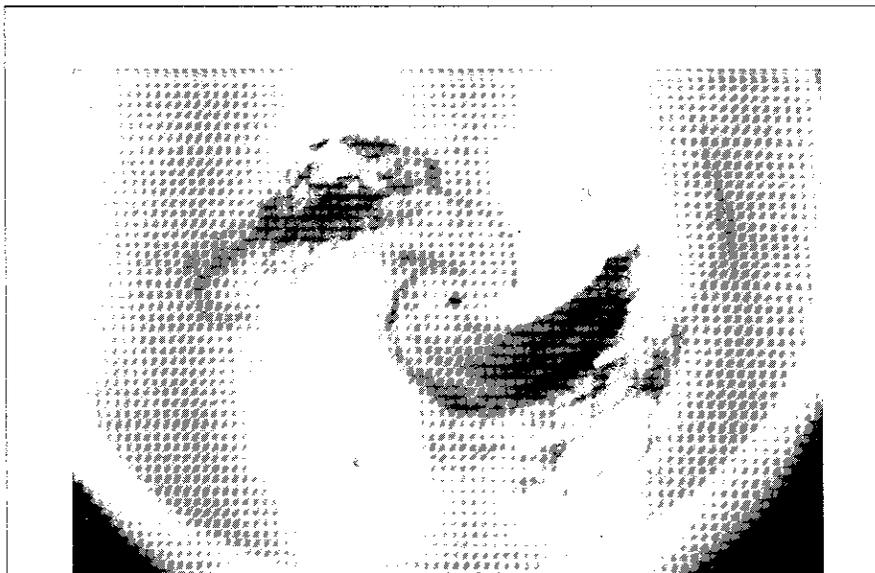


Si l'eau a suffisamment reposé, l'écoulement (visualisé ici par une goutte d'encre) est presque totalement radial comme on le voit sur la photo. Ce n'est que peu avant la fin, qu'un léger mouvement de rotation dans le sens direct s'observe à la surface. Quelques particules de poivre flottant sur l'eau permettent de s'en apercevoir.

sais. 9 sens inverses des aiguilles d'une montre (sens direct) et un écoulement radial, sans rotation visible.

Avec une bassine plus grande, de 34 cm de diamètre et un plus grand trou pour que la vitesse de l'eau soit plus importante, je pensais que l'expérience serait au moins aussi concluante. Or, j'ai trouvé dans tous les cas un écoulement parfaitement radial.

Mon 3^{ème} essai, avec une bassine un peu plus petite (28 cm) et un trou de 8 mm semble concluant : encore 9 sens de rotation directe sur 10 et un sans rotation visible. L'écoulement semble pourtant radial au début. Une goutte d'encre lâchée délicatement dans l'eau montre bien ces mouvements. Et ce n'est qu'un peu avant la fin que l'on voit les particules de poivre à la surface démarrer une rotation indirecte. Elle est parfois nette, parfois juste amorcée. Il faut d'ailleurs éviter de mettre trop de poivre sinon les particules s'agglomèrent et la rotation est moins visible. Il serait intéressant de passer ensuite à la dimension supérieure. Une bassine parfaitement polie d'un ou deux mètres de diamètre pourrait être intéressante. Si l'un d'entre vous a envie d'essayer...



L'eau s'écoule ici en tourbillonnant dans le sens des aiguilles d'une montre, contrairement à ce que nous enseigne Coriolis pour l'hémisphère Nord. Tout cela parce qu'elle n'était pas totalement immobile au départ et possédait déjà un léger mouvement de rotation dans le sens indirect, qui s'est amplifié quand la bassine s'est vidée.

3 - Conclusion.

Avec des conditions d'expérimentation précises, on peut penser qu'il est possible de trouver ainsi une preuve physique de la rotation de la Terre sur elle-même.

Pour pouvoir conclure avec plus d'assurance, il faudrait recommencer l'expérience avec d'autres saladiers, mais les miens sont maintenant tous percés... Et c'est peut-être un léger défaut de mes récipients qui crée le sens de rotation.

La meilleure démonstration serait de partir dans l'hémisphère Sud avec ce même saladier pour vérifier que l'eau s'écoule dans l'autre sens. Il n'y aurait alors plus de doutes...

D'autres expériences de ce type ont sûrement déjà été faites mais je n'en ai jamais lu de compte-rendu. Si certains d'entre vous en connaissent, je suis preneur.

Note

1 - Pour plus de détails sur ces expériences, voir le livre de Jacques Gaillaud "Et pourtant, elle tourne" au Seuil.

Si Galilée avait eu un lavabo...

En écrivant ses "dialogues", Galilée cherchait des preuves des mouvements de la Terre. Il a trouvé un certain nombre d'arguments mais aucune preuve physique. En lisant ces quelques extraits, on peut penser que si Galilée avait eu un lavabo...

A propos des tirs d'artillerie en direction du Sud ou du Nord :

"si la cible est immobile, la pièce d'artillerie l'est aussi ; si la cible est en mouvement, emportée par la Terre, la pièce d'artillerie va à la même allure ; si on maintient la visée, le tir réussit toujours, c'est manifeste après tout ce qu'on a dit." (Salviati)

"certes, la pièce peut bien être parfois plus près du pôle que la cible, et son mouvement être donc un peu plus lent que celui de la cible puisqu'il suit un cercle plus petit, mais la différence est insensible, étant donné la faible distance entre la pièce et la cible." (Sagredo)

(Dialogues sur les deux grands systèmes du monde, p. 197 de l'édition traduite par René Fréreau au Seuil).

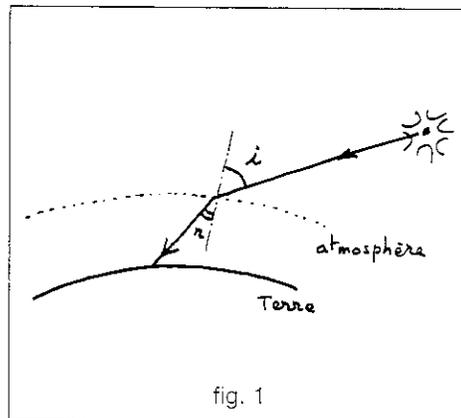


Comment voir le rayon vert deux fois de suite

Georges Paturel, Observatoire de Lyon

Peu de gens ont eu la chance de voir le rayon vert. Or on peut le voir deux fois par coucher ou lever de Soleil. Intéressant non ?

Le rayon vert, rayon mystérieux... nous allons voir que non. On sait qu'un milieu dense réfracte la lumière. Ce qui signifie simplement qu'un rayon de lumière est dévié quand il arrive dans un milieu différent. C'est ce qui se produit quand un rayon de lumière entre dans l'atmosphère terrestre. La loi qui décrit ce phénomène est très simple (fig. 1)

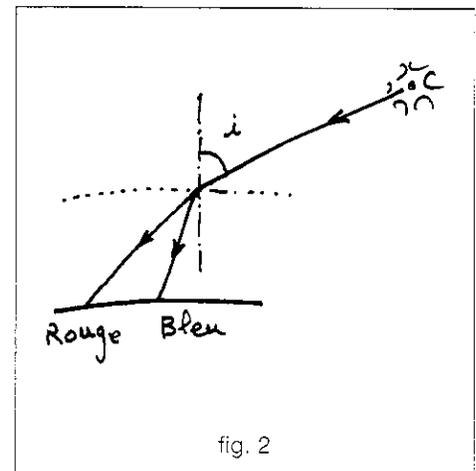


$$\sin i = n \cdot \sin r$$

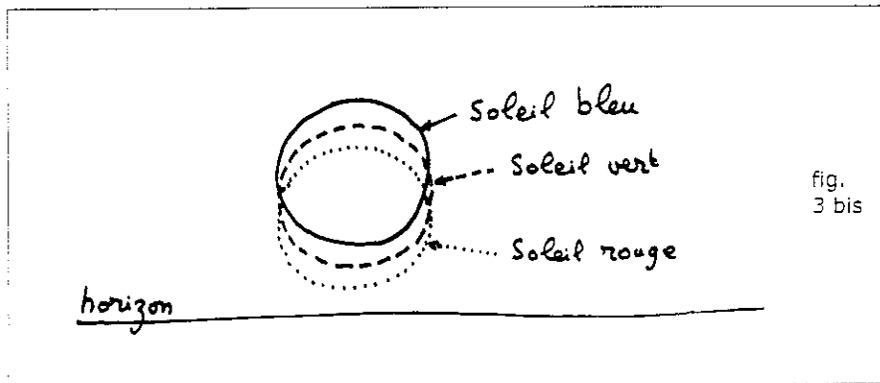
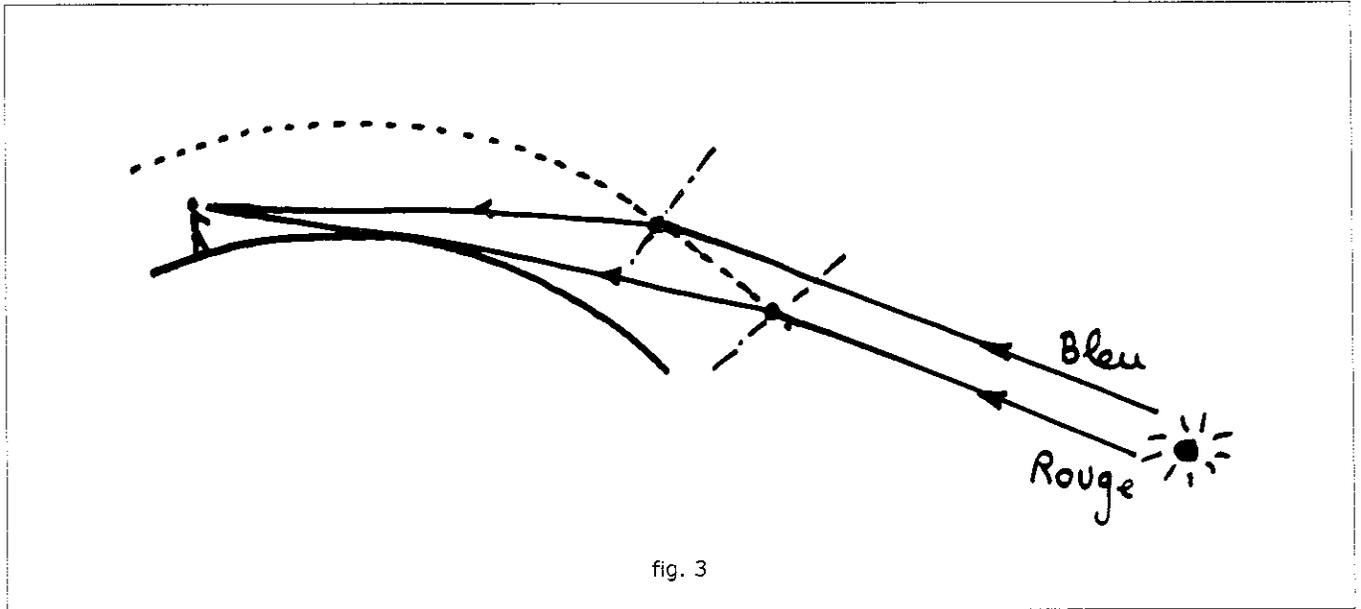
n est l'indice de réfraction, i est l'angle d'incidence et r est l'angle de réfraction.

Or l'indice n dépend de la longueur d'onde et selon la couleur du rayon inci-

dent la réfraction n'est pas la même. La lumière venue du Soleil est donc décomposée en ses différentes couleurs. Le "bleu" est moins dévié car l'indice de réfraction est plus grand pour le bleu que pour le "rouge" (La figure 2 illustre ce qui se passe).



L'effet est imperceptible, du moins tant que l'angle d'incidence i est faible. En revanche, au coucher ou au lever du Soleil, les rayons entrent dans l'atmosphère sous un angle important, la réfraction est forte, la décomposition en couleurs l'est aussi (fig. 3 et 3 bis).



Or ce sont surtout les courtes longueurs d'onde qui sont absorbées (le bleu quoi !).

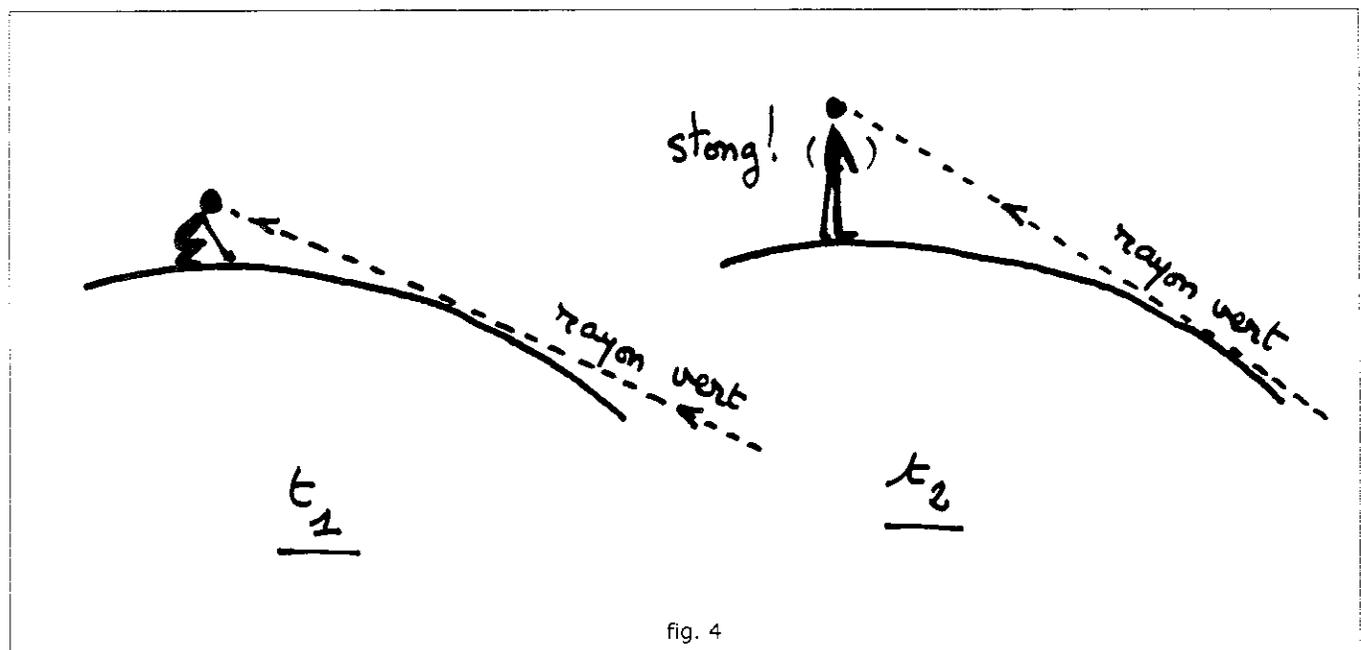
Le spectre qui en résulte est donc privé du bleu¹. Le dernier rayon que l'on voit n'est donc pas le rayon bleu mais le rayon vert. Notre commentateur avisé résume ce phénomène d'une formule lapidaire (figure 5).

Un observateur regardant par exemple un coucher de Soleil (figure 3) verrait d'abord le "rouge" se coucher, puis le "vert" et enfin le "bleu".

Le dernier rayon de lumière serait

bleu. Mais, au coucher de Soleil le chemin parcouru par la lumière au sein de l'atmosphère est plus long. Cela produit une absorption plus importante.

Rappelons quand même que ce rayon vert est difficile à observer. Généralement on l'observe lors d'un coucher de Soleil sur la mer avec un ciel parfaitement pur. Le point de tangence entre le disque solaire et l'horizon est alors un point quasi mathématique.



Maintenant que nous avons compris cela nous pouvons imaginer² une méthode pour voir le rayon vert 2 fois (ou plus) par coucher de Soleil. En un même lieu sur Terre, plus on est situé haut, plus la ligne d'horizon apparaît basse et plus le Soleil se couche tard... ah ! ah ! vous me voyez venir. La méthode est donc simple : On s'accroupit et on attend de voir le rayon vert ; à peine l'a-t-on vu qu'on se relève d'un coup sec (stong !) pour voir le rayon vert une deuxième fois (figure 4). J'ai expérimenté la méthode et "ça marche". Un de mes fils a eu aussi l'occasion de la tester indépendamment (et avec succès, sinon je n'en parlerais pas).

On peut même imaginer de prendre un périscope et de voir le rayon vert encore une fois ... on ne s'en lasse pas. Vous avez là un bon moyen d'entrer dans le livre des records.

Notes :

1 - On sait que le "bleu" absorbé est rediffusé dans toutes les directions ce qui explique la couleur naturelle "bleue" du ciel (cf. CC4, printemps 1979).

2 - En fait, cette idée nous a été suggérée par le célèbre astronome Gérard de Vaucouleurs. ■



Le rayon vert est le plus rouge des rayons bleus



L'éclipse totale de Lune du 21 janvier 2000

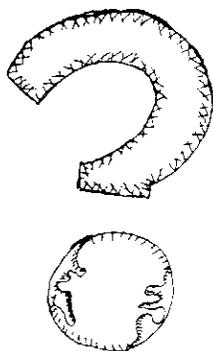
Si malgré tout vous n'arrivez pas à voir, ne serait-ce qu'une fois, le rayon vert, vous pouvez vous consoler en regardant une belle éclipse totale de Lune, phénomène beaucoup moins fugace...

A la fin de la nuit du jeudi 20 au vendredi 21 janvier 2000, la Pleine lune passe dans l'ombre de la Terre. C'est la première éclipse totale de Lune depuis le 16 septembre 1997 et la phase de totalité est entièrement visible en Europe.

Vous trouverez de beaux dessins dans le guide du ciel 1999-2000 de Guillaume Cannat p.144. C'est là que nous avons noté les renseignements qui suivent (les heures sont exprimées en TU).

- Entrée dans la pénombre : 2 h 03.
- Entrée dans l'ombre : 3 h 02.
- Totalité : de 4 h 05 à 5 h 22 (maximum à 4 h 44).
- Sortie de l'ombre : 6 h 26
- Sortie de la pénombre : 7 h 24.

La magnitude de cette éclipse est de 1.33, la distance Terre Lune au maximum est 360764 km. Le diamètre de la Lune au maximum est 0° 33' 07", le diamètre de l'ombre est 1,719° (9505 km) et celui de la pénombre est 2,624° (16327 km).



Demandez le programme ...de seconde

Cet article présente les projets de programme de seconde dans les matières scientifiques.

L'astronomie y est présente, avec plus ou moins de bonheur. L'état d'esprit dans lequel est conçu le programme de physique mérite notre attention particulière. Nous attendons vos réactions et suggestions.

En sciences physiques

Il s'agit du nouveau programme de physique-chimie qui a paru au BO du 12 août 99. En écrivant cette première phrase, je pense au futur ex-programme paru en 92 et à la débauche d'énergie (et d'équipements) mise en oeuvre pour son application. Je ne pensais pas qu'il faudrait s'y remettre aussi tôt. Ai-je des regrets ? non, mais il faut reconnaître que certaines parties du programme, encore en vigueur cette année présentaient un certain intérêt.

Quelles sont les modifications que l'on perçoit en jetant un coup d'oeil rapide sur le texte du nouveau programme ?

Le contenu de la chimie semble moins modifié que celui de la physique.

En chimie, après une partie "Chimique ou naturel ?", l'étude des atomes permet de construire des molécules, de faire une classification périodique des éléments et de terminer par les transformations de la matière.

En physique, l'électricité disparaît totalement. On commence par une exploration de l'espace des noyaux d'atomes aux amas de galaxies, puis on passe aux "messages de la lumière" (cela me rappelle le titre d'un livre), on continue par "l'Univers en mouvement et le temps" et "l'air qui nous entoure" conclut ce programme.

Comme nouveauté, on peut constater dans le découpage la présence de 12 TP au lieu de 15 en physique et en chimie et pour compléter, il est prévu un enseignement thématique comprenant 3 TP et 6 heures de cours en physique et également en chimie.

Devant ces modifications vais-je hurler par exemple à cause de la disparition de l'électricité ? Non. L'électricité est-elle indispensable pour l'élève qui ne fera presque plus de physique en quittant la classe de seconde ? Je ne crois pas plus qu'elle soit indispensable pour un élève qui souhaite aller en première scientifique (on ne connaît pas encore le futur programme de première). Je pense que, comme actuellement, la loi d'Ohm sera le seul bagage nécessaire. Les élèves perdront peut-être une certaine aisance dans l'utilisation des appareils de mesure électrique et la réalisation des montages, au moins pour ceux qui ne font pas l'option IESP (Informatique et Electronique appliquées aux Sciences Physiques).

A vrai dire ce programme me satisfait assez. Plus que le contenu, c'est l'esprit qui est changé. Je l'avais senti lors d'une présentation faite par le président du GTD à Toulouse. Ce programme aborde des concepts essentiels à la physique : au début les échelles de distance et de temps puis les concepts de température et de pression, sans oublier l'aspect historique.

Mais surtout, ce programme met en avant l'enseignement expérimental, il souhaite un suivi des compétences à partir d'une grille, un travail par objectifs, il donne un certain espace de liberté (enseignement thématique) et il est peut-être moins lourd.

Je crois qu'il est important de donner aux élèves les objectifs d'une leçon, donc ce qui est important, ce qu'ils devraient savoir, donc ce sur quoi ils seront évalués.

Mais qu'il y a-t-il de nouveau à promouvoir un enseignement expérimental ? Nous faisons déjà des TP. Oui, mais là je crois que le doigt est mis sur un point important : l'esprit dans lequel ils doivent être menés. Quel est l'intérêt de faire un TP pour faire un TP ?

Quel est l'intérêt de faire un TP si celui-ci est vidé de sa moelle ?

Le troisième paragraphe de la page 8 du BOEN donne bien le cadre des activités expérimentales. Il est trop long pour être cité ici, mais je vais en extraire une phrase.

Après avoir accordé une place privilégiée aux activités expérimentales, noté la complexité d'un dispositif expérimental et souhaité la prise en charge de cette difficulté, le texte continue par : *"Sinon, au lieu d'envisager les moyens pédagogiques d'une acquisition progressive de ces compétences, la tentation est grande de traiter la complexité intrinsèque de la situation expérimentale par la rédaction de feuilles de travaux pratiques où tous les gestes à faire sont prédéterminés sans que la clé de leur raison d'être (ne) soit jamais accessible aux élèves : la pratique scientifique est alors transformée en pratique magique"*.

J'espère que les éditeurs auront bien lu et compris l'esprit et que nous aurons enfin de vrais livres d'élèves. Quel intérêt de mettre dans un livre d'élèves un protocole expérimental ? Quel est l'enseignant qui demande à ses élèves d'ouvrir leur livre à la page 99 par exemple et de lire le protocole proposé ? Cela ne fait qu'alourdir inutilement l'ouvrage de l'élève. Imaginez 30 protocoles de moins par livre de seconde !

Quel est l'intérêt pour un élève de suivre un protocole qui lui est proposé,

sans qu'il n'ait réfléchi au problème ? Quel est l'intérêt pour sa formation ? Est-ce que cela l'aide à mieux comprendre une notion, à mieux l'assimiler ? N'est-il pas plus formateur qu'il réfléchisse au problème, qu'il le fasse sien, qu'il émette des hypothèses, qu'il repère les paramètres qui semblent importants, qu'il propose une expérience ? C'est ce que je pense et c'est ce qui me plaît dans ce programme. Je pense que je ne suis pas le seul dans ce cas, car au CLEA nous avons cette démarche. Certains appellent cela TP-top, d'autres parleront de TP à clés. Qu'importe, l'important est que l'élève soit actif dans cette démarche expérimentale dans laquelle l'expérimentation est importante, mais qui ne doit pas se résumer qu'à cela.

A ceux qui m'ont suivi jusque là, j'ai réservé la liste de ce qui se rapporte à l'astronomie ou à l'astrophysique.

"L'exploration de l'espace " (5 TP et 10 h de cours) comprend deux parties. La première : "de l'atome aux galaxies" permet un beau voyage et la réalisation de mesures de longueur à des échelles différentes (taille d'une molécule, technique de la visée, méthode de la parallaxe, rayon de la Terre sur les pas d'Eratosthène, ou distance Terre-Lune). Dans les connaissances exigibles on retrouve l'année de lumière et "voir loin c'est voir dans le passé".

Dans la seconde partie sur les "messages de la lumière" on retrouve les spectres d'émission et d'absorption et donc le spectre d'une étoile.

Dans la partie "l'Univers en mouvements (sic) et le temps" (4 TP et 8 h de cours) sont abordés le principe d'inertie et la gravitation universelle et l'interprétation du mouvement de translation de la Lune, ainsi que les calendriers, les phénomènes périodiques astronomiques.

La dernière partie sur les notions de température et pression " (3 TP et 6 h de cours) ne fait pas intervenir d'astronomie.

Dans la partie thématique, il est proposé de traiter entre autre les phénomènes optiques, le cadran solaire, le

système solaire (utilisation de la troisième loi de Kepler).

Je pense que tous les amoureux du ciel qui enseignent en seconde, trouveront dans ce programme de quoi partager leur enthousiasme avec leurs élèves et j'espère que cela apportera quelques articles pour les Cahiers Clairaut et peut-être une prochaine Université d'Été.

Jean Ripert

En sciences de la vie et de la terre

Le nouveau programme de seconde de SVT, applicable à compter de l'année scolaire 2000- 2001 comporte trois parties : "la planète Terre et son environnement", "l'organisme en fonctionnement", "cellule, ADN et unité du Vivant", dont la première ne peut manquer d'interpeller les lecteurs des CC.

Sur l'année scolaire, il reste une plage de 6 semaines pour traiter un thème d'étude au choix de l'enseignant.

La rédaction propose ici d'une part les extraits (p 25 à 27) du BO n° 6 du 12 août 1999, d'autre part certaines observations recueillies auprès d'enseignants consultés sur le sujet.

La planète Terre et son environnement (8 semaines).

Cette partie du programme est d'une part une initiation à la planétologie par une étude comparée des planètes et d'autre part une introduction aux problèmes d'environnement globaux par l'intermédiaire de l'étude dynamique des enveloppes externes de la planète Terre (atmosphère et océans). Elle s'articule autour de la perception de l'espace, du mouvement et des durées caractéristiques des phénomènes naturels. Il s'agit de situer l'Homme dans son environnement au sens le plus large (dans le système solaire et sur Terre), de montrer comment on étudie cet environnement (missions spatiales, observations de la Terre depuis l'espace) et de prendre conscience de sa fragilité...

Notions et contenus

(A traiter en 8 semaines avec 1/2 h de cours et 1h 1/2 de TP)

La Terre est une planète du système solaire.

Le Soleil est une étoile autour de laquelle tournent différents objets (planètes, astéroïdes, comètes). Ils sont de tailles, compositions chimiques et activités internes variées. Certaines planètes ont des enveloppes externes gazeuses ou liquides.

L'énergie solaire reçue par les planètes varie en fonction de la distance au Soleil.

La répartition en latitude des climats et l'alternance des saisons sont des conséquences de la sphéricité de la Terre, et de sa rotation autour d'un axe incliné par rapport au plan de révolution autour du Soleil.

Planète Terre et évolution globale.

La structure et l'évolution des enveloppes externes de la Terre (atmosphère, hydrosphère, lithosphère) s'étudient à partir d'images satellites.

L'effet de serre résulte comme sur Mars et Vénus de la présence d'une atmosphère.

Les mouvements des masses atmosphériques et océaniques résultent de l'inégale répartition géographique de l'énergie solaire parvenant à la surface de la Terre et de la rotation terrestre. Ces mouvements ont des conséquences sur l'évolution de l'environnement planétaire.

L'atmosphère terrestre a une composition chimique et une structure thermique qui varient avec l'altitude. L'ozone protège la Terre du rayonnement UV ; il est aussi responsable de la séparation troposphère / stratosphère. Les mouvements atmosphériques sont rapides (de l'ordre de la dizaine de $m \cdot s^{-1}$) et permettent un mélange efficace de gaz et polluants (CO_2 , CFC, poussières, etc) à l'échelle planétaire. Les masses océaniques sont animées de mouvements de deux types : les courants de surface (couplés à la circulation atmosphérique) et les courants profonds (liés aux différences de température et de salinité de l'eau de mer) Ces deux types de courant ont des vitesses de déplacement différentes. Ces vitesses sont plus faibles que celles de l'atmosphère et disséminent moins rapidement les polluants à l'échelle planétaire.

La biosphère ensemble de la matière vivante

Notion de respiration, de fermentation, synthèse chlorophyllienne.

Les cycles de l'oxygène, du CO_2 , de l'eau) : ils montrent comment la lithosphère, l'hydrosphère, l'atmosphère et la biosphère sont couplées.

Influence de l'homme. Action sur la température de surface.

Evolution historique de la composition de l'atmosphère : la courbe des teneurs en CO_2 et O_2 de l'atmosphère terrestre depuis 4,5 milliards d'années ; la courbe des températures fossiles et des teneurs en CO_2 au cours du quaternaire récent déterminée grâce à l'étude des isotopes de l'oxygène et des inclusions gazeuses des calottes polaires.

Observations

Le bilan énergétique n'est pas fonction que de la distance solaire (énergie interne, radioactivité, contraction) ; cf. origine endogène des enveloppes fluides des planètes telluriques.

La loi en $1/r^2$ concerne aussi les mathématiques (aire de la sphère) et la physique (conservation de l'énergie) et peut-être une occasion d'un travail interdisciplinaire.

La Terre est la seule planète où l'eau existe sous trois états, la vie est liée à l'eau liquide.

Climat / latitude est un problème ; saison / axe incliné en est un autre (sans parler des saisons sur une comète...).

La compréhension de l'effet de serre impose de préciser la nature des gaz et les longueurs d'onde des rayonnements

La partie concernant les cycles biogéochimiques est plus développée (H_2O ; O) que dans un avant-projet (CO_2), mais quid de N, P, S...?

Deux grands thèmes seront abordés :

- "la Terre est une planète du système solaire"
- "la planète Terre et son environnement global".

Quant au thème au choix de l'enseignant qui opterait pour la planétologie ce pourrait être l'un des suivants :

- les conditions physico-chimiques de la vie sur Terre.
- La construction et l'utilisation d'une maquette du système solaire.
- l'évolution du trou d'ozone au cours de l'année à partir d'images satellitaires.
- la qualité de l'air d'une ville en relation avec les conditions atmosphériques.
- Le suivi d'une mission spatiale en cours ou le suivi de son élaboration.
- L'extension du phénomène El-Nino au cours de l'année par l'étude d'images satellitaires de la température de l'océan.
- La mesure de la température moyenne du globe.
- Les gaz à effet de serre, rôles et temps de résidence dans l'atmosphère.
- la progression des fronts de désertification ou de déforestation.
- L'érosion des sols liés à la désertification.
- La biosphère océanique suivie par l'étude d'images satellitaires.
- les météorites d'origine lunaire ou martienne, etc...

Des remarques plus globales ont été faites sur ce programme :

- L'aspect catalogue des notions présentées a souvent été critiqué : la présence d'un fil directeur et d'articulations logiques n'est pas évidente. Face aux phénomènes, le côté descriptif semble laisser une place médiocre au côté causal.

- Les liaisons transversales avec la géographie sont nombreuses mais à expliciter (quid du programme d'histoire géographique ?)

- Le louable souci exprimé (BO cité p. 5) de situer les développements scientifiques dans leur contexte historique n'est que poudre aux yeux au vu de la vacuité de cet aspect dans le libellé du programme.

Pour conclure, ces nouveaux programmes posent avec acuité la nécessité de stages pluridisciplinaires, bases dans les établissements d'un travail lui aussi pluridisciplinaire.

Annie Pincaut et Michel Bobin

En mathématiques

La seule partie du programme concernant l'astronomie est un thème d'étude en géométrie : repérage sur la sphère : applications à la géographie, à l'astronomie.

Les programmes de math de seconde n'ont jamais explicitement fait référence à l'astronomie mais l'enseignant avait une plage de liberté convenable : (2 h 1/2 de cours et 1 h 3/4 de TD et de modules) pour approfondir certains sujets.

En particulier depuis quelques années c'est le prof de math qui traite les notions de longitude de latitude, et de fuseaux horaires, disparues du programme de géographie de seconde. La réalisation d'une carte céleste s'inscrit très bien à ce niveau (repérage sur la sphère, projection, trigonométrie). Le calcul de certaines distances astronomiques par triangulation est intéressant. Quant aux données astronomiques, elles peuvent alimenter et enrichir de nombreuses activités numériques

La diminution des horaires (1/2 de cours et 1/4 h de TD en moins) "compensée" (!!!?) par l'introduction de l'aide individualisée pour un groupe d'au plus 8 élèves) semble en contradiction avec l'objectif affiché du programme :

"Il faut que chaque élève, à son niveau puisse faire l'expérience personnelle de l'efficacité des concepts mathématiques et de la simplification que permet la maîtrise de l'abstraction. Il doit pour cela pouvoir prendre le temps de faire des mathématiques, de bâtir un ensemble cohérent de connaissances et d'accéder au plaisir de la découverte et à l'expérience de la compréhension"

Un certain nombre de notions ont

disparu : certaines autres, considérées indispensables aux autres sciences, sont superficiellement effleurées : par exemple, les élèves devront connaître la représentation graphique des fonctions sinus et cosinus alors que le nouveau programme définit $\sin x$ et $\cos x$ pour un réel x quelconque à partir du cercle trigonométrique tout en interdisant la maturation du concept adéquat d'angle orienté. (les élèves ont appris au collège la trigonométrie du triangle rectangle).

La part importante accordée aux statistiques (1/8) laisse perplexe. Rôle dans l'éducation mathématique de base ? Cohérence globale des programmes du secondaire ? (actuellement les statistiques sont essentiellement traitées dans les premières et terminales non scientifiques) attrait pour les élèves et les enseignants...?

Nous vous invitons donc à proposer des exercices dont les données numériques soient puisées dans un corpus astronomique (populations stellaires, impacts météoritiques, etc ...). Remue-méninges et échanges sont donc lancés. 1

On peut considérer que les contenus actuels de la seconde indifférenciée étaient un compromis peu satisfaisant entre le trop et le pas assez.

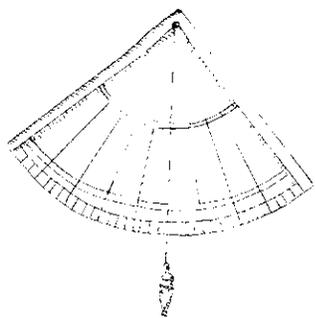
Pour les élèves en difficulté, est-ce une réponse pertinente d'alléger à la fois le contenu et l'horaire ?

Pour les futurs scientifiques n'est-ce pas leur préparer de nouvelles difficultés ?

Le risque est grand de réduire les mathématiques à un simple outil pour les autres disciplines (sans certitude d'une meilleure maîtrise de cet outil...)

Les contenus "light" proposés ne paraissent pas à même de fonder des connaissances solides de la science mathématique en tant que science à part entière ni d'en développer mieux que par quelques touches de vernis les aspects culturels et historiques.

Martine et Michel Bobin ■



Gerbert d'Orlhac

Rosa M. Ros,
Université Technologique de Catalogne

Rosa Maria Ros nous raconte que l'on peut faire remonter l'éveil d'une culture européenne à Gerbert d'Orlhac, qui fut à la fois un savant et un enseignant, s'intéressant particulièrement à l'astronomie, en utilisant de multiples ressources.

Gerbert : le Pape Sylvestre II.

Gerbert d'Orlhac était un moine occitan, qui vécut à la fin du 10^e siècle. Lors de sa venue en pays occitan, à l'occasion de son mariage, le comte Borrel II de Barcelone visita le monastère de Saint Gérard d'Orlhac. L'Abbé lui proposa d'emmener avec lui au monastère de Ripoll et à Vic, à son retour en Catalogne, un moine qui s'intéressait à l'étude des sciences. Ces deux places étaient ouvertes aux contributions provenant de Cordoue et de l'ensemble de l'Espagne islamique, qui était le centre en Europe de l'étude du "quadrivium" (c'est-à-dire des quatre sciences que sont l'arithmétique, la géométrie, la musique et l'astronomie).

Gerbert d'Orlhac séjourna 3 ans en Catalogne, entre 967 et 970 ; durant cette période, il visita aussi la région musulmane d'Andalousie. Après cette période, Gerbert maintint ses contacts avec plusieurs savants de Catalogne, en particulier l'archidiacre de Barcelone, Sunifred Llobet, qui fut un traducteur de l'arabe et un constructeur d'astrolabes.

Après cette période d'études, Gerbert devint professeur dans l'importante école de Reims, dont il devint aussi l'archevêque ; il fut ensuite archevêque de Ravenne et enfin pape à Rome de 999 à 1003. Il fut donc le pape du millénaire, Sylvestre II, qui régna au moment de l'an mil ... Il fut un pape consciencieux, qui développa les

contacts européens, avec des relations particulières avec la Pologne et la Hongrie. Mais l'aspect le plus important de l'action de Gerbert fut d'être le pont par lequel la science entra en Europe. Gerbert utilisait les chiffres arabes dans ses abaques et il semble qu'il fut le premier érudit qui fit franchir aux Pyrénées cette numération qu'il introduisit en Europe. Au cours du onzième siècle, le qualificatif "Gerbertiste" était synonyme de scientifique.

Gerbert impressionnait les gens de son époque, mais il se trouva aussi des jaloux pour attribuer sa connaissance et sa science à la magie et à des relations avec le diable. L'un de ses calomniateurs, William de Malmesbury écrivit que Gerbert avait construit une "tête parlante" avec l'aide de la magie noire ; selon William de Malmesbury, c'est cette tête en or qui donnait à Gerbert les réponses aux questions qu'on lui posait. La "Commission du Millénaire de Gerbert en Catalogne" décida de construire une grosse tête équipée d'un moniteur vidéo pour présenter dans les écoles la figure scientifique de Gerbert. Cette tête fut présentée à Ripoll le 11 avril 1999, jour anniversaire de l'élection de Gerbert en tant que Sylvestre II, le 11 avril 999, au cours d'une session spéciale organisée par le Gouvernement Régional de Catalogne, le Parlement de Catalogne, le Monastère Sainte Marie de Ripoll et la Conférence Épiscopale de Catalogne. La tête visitera les écoles de Catalogne pour présenter Gerbert aux élèves des écoles secondaires pendant l'année du millénaire de Gerbert.



Ci-contre la grosse tête, équipée d'un moniteur vidéo pour présenter dans les écoles la figure scientifique de Gerbert

La vidéo montre les principales caractéristiques du travail de Gerbert et en particulier les instruments qu'il avait conçus pour expliquer l'astronomie à ses élèves.

Gerbert : l'enseignant d'astronomie

Gerbert fut "le savant du premier millénaire", mais il nous intéresse particulièrement par les méthodes qu'il inventa pour enseigner l'astronomie. Son disciple, Richer de Saint Rémy, expose dans son Histoire de France les méthodes de Gerbert pour enseigner la logique, la rhétorique et la géométrie et, particulièrement, l'astronomie.

Gerbert avait une méthodologie particulière. Les objets qu'il réalisa firent l'admiration de son temps. Il construisit des planisphères, des hémisphères, des abaques et des astrolabes.

Voici comment Richer expose quelques unes des réalisations de Gerbert :

La sphère pleine

Gerbert présente le modèle sphérique du monde comme un sphère massive de bois, dont il incline la ligne

des pôles obliquement sur l'horizon. Il représente les constellations australes et règle ensuite la position du cercle que les Grecs appellent "horizon" et les Latins "déterminant", parce que, grâce à lui, on peut séparer les constellations visibles de celles qui ne le sont pas.

Enfin, il met la sphère en position sur l'horizon, pour illustrer les levers et couchers des constellations.

Il utilisait cette méthode pour faire étudier les constellations à ses élèves. Ceux-ci pouvaient aussi mesurer l'inclinaison des trajectoires des étoiles au voisinage du lever ou du coucher.

Les cercles intermédiaires

Voilà comment il s'y prenait pour expliquer les cercles que les Grecs appellent "parallèles" et les Latins "équidistants".

Il effectuait une coupe d'un demi-cercle le long d'un diamètre et matérialisait ce diamètre par un tube, en indiquant les pôles à chaque extrémité. Il divisait le demi-cercle en 30 parties, d'un pôle à l'autre ; à la sixième division depuis le pôle, il plaçait un tube pour matérialiser le cercle arctique. Puis il comptait cinq divisions pour placer un autre tube indiquant le cercle

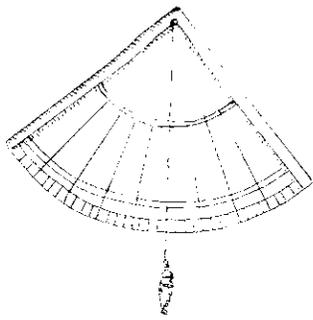
des régions chaudes. Quatre divisions supplémentaires, et un nouveau tube indiquait le cercle des équinoxes. Il continuait ainsi la division du reste de l'espace vers le pôle sud, en utilisant les mêmes espacements. Cet instrument, en matérialisant des cercles invisibles, permettait de retenir définitivement ces notions.

La sphère des planètes

Gerbert réalisa aussi un instrument pour illustrer le mouvement des planètes. Il construisit une première sphère, uniquement constituée d'anneaux circulaires. Il introduisit deux cercles, que les Grecs appellent "cohérents" et les Latins "incidentes", parce qu'ils se coupent, et fixa les pôles à leurs intersections. Puis il plaça cinq cercles, appelés parallèles, d'un pôle à l'autre. La demi-sphère était divisée en 30 parties dont il plaça six du pôle au premier cercle, cinq du premier au second, quatre du second au troisième, quatre encore du troisième au quatrième, cinq du quatrième au cinquième et six du sixième au pôle. S'appuyant sur ces anneaux, il plaçait obliquement un cercle que les Grecs appellent "loxos" ou "zoo" et les Latins "oblique" ou "vitale", illustré des figures des animaux qui représentent les constellations. Il suspendait enfin à l'intérieur de cet anneau oblique les trajectoires circulaires des planètes avec une adresse admirable.

La sphère des constellations

Gerbert construisit encore une autre sphère pour enseigner les constellations. A l'intérieur de cette sphère il disposait non pas des anneaux mais des constellations réalisées en fils de cuivre. La sphère était traversée par un tube axial dont les extrémités représentaient les pôles. En la regardant, les élèves voyaient la représentation du ciel. La sphère était réalisée de telle façon que toutes les étoiles des constellations étaient représentées. Cet appareil était magnifique et n'importe quelle personne, au départ ignorante, était capable de reconnaître l'ensemble des constellations si on lui en montrait une. ■



Légendes des Pléiades ... pléiade de légendes

Francis Berthomieu

Francis nous a déniché quatre légendes différentes sur les Pléiades, pour nous permettre de mieux rêver en admirant ce bel amas.

Tout au long de l'année nous tournons nos yeux vers un ciel mouvant. Et ce manège cosmique reprend, interminable et majestueux spectacle, autour de la bonne étoile Polaire... Tout près d'elle, voici la Grande Ourse, le guide incontournable de toutes les randonnées célestes.

C'est vers elle que les archers d'Alexandre le Grand devaient tourner leur regard avant d'être engagés : le test d'acuité visuelle était, dit-on, d'y distinguer la minuscule Alcor, auprès de l'éclatante Mizar. Ce devait être à l'époque plus délicat que de nos jours, puisque les astronomes affirment que l'éclat d'Alcor a sensiblement augmenté depuis... mais rien ne vous empêche de faire le test dès ce soir !

En ce début de nuit printanière, à l'horizon Sud-Ouest, nous assistons au coucher du géant Orion et de son Grand Chien, dont l'étoile Sirius illumina nos nuits d'hiver... Revoilà le Taureau mythique, que l'on retrouve aussi bien chez les Sumériens de Babylone, qu'en Crète ou en Grèce... Aujourd'hui, c'est un petit flocon de lumière, qui semble dessiner un pompon au bout de la queue de ce Taureau, qui inspirera un long voyage autour du monde des légendes : ce sont les Pléiades...

**Nous voici dans le Wyoming,
chez les indiens Kiowa,
il y a de cela bien longtemps...**

Un groupe insouciant de sept fillettes

s'éloigne en riant du village. Leurs jeux sont si drôles et captivants qu'elles ont depuis longtemps perdu de vue les tipis. Et voilà que soudain, surgissant de la forêt, sans doute affamée par le rude hiver, une famille d'ours les prend en chasse. Inutile de tenter un retour au village : il est trop loin ! Impossible d'échapper aux ours en courant : ils vont trop vite ! Que faire ? Les sept fillettes grimpent sur un rocher et implorent la Terre de les sauver... Et leur prière est entendue. L'esprit du rocher va accomplir une miraculeuse transformation. A l'instant où les ours commencent eux aussi à escalader le rocher, celui-ci se met à grandir démesurément, emportant vers le ciel les sept enfants. De leurs mâchoires puissantes, les ours tentent bien de le retenir. Peine perdue, ils ne parviennent qu'à arracher des lambeaux de roche, créant de grandes cavernes dans la falaise qui se dresse désormais devant eux, rendant leurs proies inaccessibles.

C'est ainsi que les sept fillettes atteignent le ciel, où vous pouvez encore les voir, transformées en étoiles. Quant au rocher, vous pourrez aussi le découvrir, si vous allez un jour rendre visite aux Kiowa ; ils le nomment Mateo Tipi, mais vous le trouverez aussi sur une carte avec son nom anglais : "Devil's Tower".

**Un grand bond vers le sud...
Vous voilà chez les Mayas.**

Hun-Apu et son frère jumeau Xbalanque cherchent une fois de plus à se débarrasser du méchant géant Zipacna. Ils invi-

tent quelques uns de leurs amis et se mettent ensemble à creuser un puits très profond. Zipacna est très curieux, il veut savoir ce qu'ils font : "Ce sont les fondations de notre future maison, un bâtiment indestructible et très sûr" lui répondent-ils. Mais ils feignent de s'épuiser en creusant, et finissent par demander au géant de les aider :

"Glisse-toi au fond du puits et continue à creuser pour nous..." Le géant imprudent s'exécute. A peine a-t-il atteint le fond qu'une véritable avalanche s'abat sur lui : troncs d'arbres gigantesques, énormes rochers, et torrent de boue !

Assommé, le géant gît au fond du puits, enseveli sous ces décombres. Hun-Apu et Xbalanque croient bien avoir réussi à se débarrasser de lui. Ils se remettent à l'ouvrage, construisant alors au dessus du puits comblé une solide maison.

Erreur grossière d'appréciation. Le géant n'était pas mort, il attendait son heure !

Quand la maison fut terminée, Hun-Apu et Xbalanque invitèrent leurs amis pour une grande fête. Ce fut l'instant que Zipacna choisit pour se manifester : il se détendit brusquement depuis le fond du puits, avec une telle force que la maison et ses occupants furent projetés jusqu'aux confins du ciel...

Ils y restèrent fixés, formant là-haut le petit amas d'étoiles que nous admirons encore.

Un nouveau saut dans le temps et l'espace nous mènera en Australie.

Wurrinna se promenait. Traversant un campement, il y vit sept jeunes filles, fort jolies. "Il est temps que je me marie" se dit-il alors, et il se mit à réfléchir. Il vit bientôt les jeunes filles prendre leurs outils et se diriger vers leur champ, pour y cueillir des ignames. Occupées à préparer un repas avec ces délicieux tubercules, elles ne virent pas Wurrinna s'approcher, et dérober deux de leurs bêtes. Caché dans un fourré, Wurrinna attendait que les jeunes filles repartent vers leur campement. Cinq d'entre elles s'en furent rapidement, mais les deux dernières restèrent, cherchant sans succès leurs précieux outils. Wurrinna sortit alors de

sa cachette, s'empara des deux malheureuses, et les emmena chez lui...

Les jours passaient. Les semaines passaient. Et les jeunes filles semblaient avoir peu à peu accepté leur condition d'épouses soumises.

Un jour vint où Wurrinna leur ordonna d'aller chercher certaines écorces que l'on ne trouvait qu'au voisinage de leur ancien campement. Il en avait besoin pour allumer son feu. Ses deux épouses l'avertirent : "Si nous allons là-bas, tu ne nous reverras jamais !". Il n'en voulut rien croire, leur tendit une hache, et les envoya travailler. A peine avaient-elles donné leur premier coup de hache que l'arbre se mit à grandir, emportant dans ses branches les deux jeunes filles enchantées. Wurrinna ne put rien faire. Jamais il ne les a revues.

L'arbre a si vite grandi que ses deux passagères ont atteint le ciel. Elles y ont retrouvé leur cinq amis, et ne se quittent plus depuis. On peut les reconnaître facilement formant ce petit amas d'étoiles que l'on nomme là-bas Maya-Mayi.

Et pour finir nous reviendrons chez les sages de l'Inde et consulterons leur livre sacré, le Mahabharata.

Ici, point d'Ourse ni de chariot : les sept étoiles les plus brillantes de la constellation sont sept Sages, les Rishis.

On pense même que ce sont eux qui ont donné au Soleil son éclat, et qu'ils l'ont mis en mouvement autour de notre monde : c'est dire toute la puissance de leur sagesse ! Tous sont mariés et chacun vit en parfaite harmonie avec son épouse. Sept femmes splendides, sept sœurs aussi sages qu'eux, les sept Krttika. Sept couples sans histoire, que l'on pouvait alors distinguer dans la nuit, là haut, vers le ciel du Nord...

Mais voilà, dans le ciel comme sur la Terre, la vie n'est pas un long fleuve tranquille. Voici qu'au cours d'une cérémonie, célébrée par les sept Rishis, les flammes rituelles qu'ils ont allumées font apparaître un beau jour le dieu du feu, Agni. Cet événement aura pour eux de très funestes conséquences... Voilà en effet qu'Agni tombe immédiatement amoureux des sept sœurs

à la fois : amoureux transi cependant, que celles qu'il convoite, aussi sages que fidèles à leurs sages maris, dédaignent superbement.

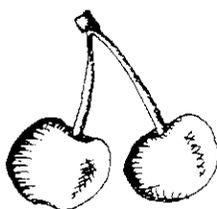
Nous le retrouvons ainsi triste et malheureux, errant dans la forêt, pour oublier ses peines. C'est là qu'il rencontre Svaha, que nous connaissons aussi : c'est l'une des belles étoiles de la constellation du Taurcau, plus précisément l'une de celles qui marquent la pointe des cornes de l'animal mythique... Et, (vous en seriez vous douté ?) Svaha tombe éperdument amoureuse d'Agni qui, tout à sa peine, refuse ses avances.

Mais on ne résiste pas ainsi à Svaha, qui dispose, dans sa boîte à malice, de redoutables armes de séduction... Cette fois, elle a une merveilleuse idée : elle va prendre successivement l'apparence de chacune des sept Krttika, et pourra ainsi, et par sept fois pense-t-elle, séduire et combler le dieu du feu, qui bien entendu, se laissera faire. Le plan réussit magnifiquement avec les six premières imitations, mais Svaha ne put réussir à prendre l'apparence d'Arundhati, la septième des épouses : sa totale fidélité à son époux rendait une telle tentative absolument impossible.

Le temps passa. Et le ventre de Svaha s'arrondit peu à peu. Des rumeurs se mirent à circuler dans les cieux, parvenant rapidement aux oreilles des sept sages. Lorsque l'enfant naquit, tout le monde savait déjà qu'il ne pouvait qu'être l'enfant d'une des six épouses infidèles... En ces temps là, on ne badinait pas avec l'amour, et l'honneur des six Rishis ne pouvait être bafoué impunément : les six sœurs furent répudiées et chassées par leurs époux.

Seule, Arundhati fut épargnée. Seule, elle resta auprès de son époux, où nous pouvons encore la voir de nos jours, toujours aussi timide, soumise et effacée. C'est la minuscule étoile que nous nommons Alcor, tout là haut dans la Grande Ourse, auprès de son mari, le brillant Mizar.

Quant aux six autres sœurs, toujours unies dans le malheur, elles sont parties de l'autre côté du ciel et constituent le surprenant amas des Pléiades, le fameux pompon du bout de la queue du Taureau...



COMPTE-RENDU DE L'UNIVERSITÉ D'ÉTÉ DE STRASBOURG

RENCONTRES À GRENADE

LE NOUVEAU HORS SÉRIE

AUTOUR DE L'ÉCLIPSE DU 11 AOÛT

PERSEUS 99

VIE ASSOCIATIVE

"La planète Terre au rythme du Soleil".

Premier bilan de l'Université d'été de Strasbourg.

L'UE s'est déroulée du samedi 7 août 1999 à 14 h. au mercredi 11 août à 16 h. Quarante enseignants (sélectionnés parmi 82 candidats) et quatre auditeurs libres ont participé à l'opération. Comme prévu, leur origine était fort diversifiée, se répartissant comme suit : 35% professeurs d'école, 25% professeurs de sciences physiques, 18% professeurs de SVT, 12% professeurs de mathématiques, 5% professeurs de technologie, 5% médiateurs et animateurs scientifiques.

La proportion hommes / femmes était de 2/3, la palette d'âge allant de 25 à 56 ans, et la provenance géographique couvrait tout le territoire national, avec 5 enseignants issus des DOM-TOM.

Le programme.

Les cours.

- Des questions et des outils
 - Mouvements de la Terre et de la Lune
 - La machine Soleil
 - Les atmosphères des planètes
 - L'eau sur Terre
 - La structure interne de la Terre à partir des observations de surface.
 - Les climats de la Terre.
 - La Terre : physico-chimie.
 - Vents et poussières : histoire du Soleil et du système solaire.
 - Le Centre de Données de Strasbourg.
- Le VLT et les nouvelles perspectives en astronomie.
L'éclipse : description et calculs.

Les intervenants aux cours :

- Agnès Acker, responsable de l'UE., professeur d'astrophysique (ULP Strasbourg).
- Michel Dennefeld, astronome (IAP).
- Pascal Dubois, astronome (Observatoire de Strasbourg).
- Claude Farison, Géologue (IUT de Saint-Etienne).
- Hilaire Legros, professeur de géologie (ULP Strasbourg).
- Richard Monier, astronome (Observatoire de Strasbourg).
- Jean-Paul Parisot, professeur de planétologie (Université de Bordeaux).
- André Schaaf, professeur de géologie (ULP Strasbourg).

Les travaux dirigés et les travaux pratiques.

L'encadrement des TD / TP a bénéficié de la collaboration de professeurs des enseignements primaire et secondaire.

Des observations nocturnes ont été conduites au grand équatorial de l'Observatoire.

Les thèmes de ces travaux :

- Exploitation astronomique du calendrier des postes
 - GPS et cartographie. Point astronomique.
 - les lois de Kepler au Planétarium.
 - Energie solaire et insolation de la Terre.
 - Relevé des taches solaires au grand équatorial
 - Spectrographe élémentaire, héliographe et suivis diurnes du Soleil.
 - Estimations des densités et températures de la Terre.
- Séries sédimentaires et astronomie à l'institut de géologie.
Terre, Soleil, Environnement en cours moyen et au collège.
- Atelier "internet" en salle d'informatique / DEA, Observatoire.

Les autres intervenants :

- Marc Boissaye , chef de projet à l'Ariena.
- Sébastien Derrière , doctorant à l'observatoire.
- Thomas Duwig , professeur des écoles et animateur au planétarium de Strasbourg.
- Abdel Kenoufi, animateur.
- Christine Lauthère , professeur de physique à Strasbourg.
- Robert Marche, responsable technique du grand équatorial de l'observatoire de Strasbourg.
- Christine Schaaf, professeur.
- François Schnell, PRCE de physique (ULP Strasbourg).
- Danielle Wanaverbecq, professeur de mathématiques (lycée Bischwiller).

Objectifs prévus, objectifs atteints.

L'UE se proposait :

1 - de réunir des chercheurs de diverses disciplines afin de confronter leurs expertises autour d'un thème commun.

2 - de favoriser une interaction réelle entre professeurs du primaire et de diverses disciplines du secondaire, en vue d'enseignements coordonnés.

1. Les points positifs.

Ils sont liés à la diversité des participants, dont la cohabitation pendant 4 jours a été fructueuse.

- La " mise en scène " de professeurs d'université de trois disciplines différentes (sciences de la Terre = géologie et géophysique, sciences de l'univers = astrophysique) a été fort appréciée. Les chercheurs ont pu confronter les points de vue parfois divergents de leur propre discipline sur des sujets communs mais étudiés par exemple pour des échelles de temps différentes. Les stagiaires ont pu découvrir la diversité des méthodes, des terminologies, des outils d'observation, dans trois domaines de recherche différents, mais dont la complémentarité se montre clairement. Réunir la somme et faire la synthèse des connaissances en SVT, en physique, en mathématiques, en

technologie, est apparu fondamental, pour la pratique de la recherche, et la compréhension du réel dans sa complexité. Trop souvent, la connaissance de la nature est réduite et morcelée : montrer aux jeunes les éclairages complémentaires de plusieurs sciences permet de concrétiser les lois et théories, de faire la part de l'essentiel et de l'accessoire, à condition de définir les incertitudes et limites inhérentes à chaque approche scientifique.

- Les apports récents de la recherche (avec ses limitations) ont été présentés en termes jugés clairs et compréhensibles par l'ensemble des participants, quel que soit leur niveau. Des thèmes mal connus ont intéressé particulièrement les stagiaires, comme les marées et les climats, reliés aux trois domaines de recherches, ainsi que l'origine des grains interstellaires dont l'accrétion a formé les planètes (origine liée à l'éjection de poussières par les étoiles au stade tardif de " géantes rouges ").

- La pratique de nouveaux outils pédagogiques a permis d'imaginer de nouvelles collaborations (avec les acteurs culturels notamment) : c'est le cas du Planétarium, et du réseau Internet.

- Les lieux ont séduit les participants, qui ont pu travailler au sein d'un laboratoire de recherche de l'université Louis Pasteur : l'observatoire astronomique, qui a mis à disposition de l'UE son amphithéâtre, sa salle d'informatique du DEA, sa grande coupole avec son instrument équatorial.

- Les qualités de souplesse, d'adaptabilité et de disponibilité des intervenants ont été appréciées, permettant la mise en place d'activités diversifiées, et ce jusqu'à des heures avancées de la nuit parfois. Un commentaire lors de la réunion de clôture : " Cela fait du bien de rencontrer des scientifiques universitaires qui se décarcassent pour mettre leur savoir et leur émerveillement à la portée de non-spécialistes ".

Mais malgré des enjeux enthousiasmants, et un climat exaltant, le programme était très (trop ?) chargé.

2. Les points négatifs.

Ils découlent essentiellement de la distance entre les ambitions trop grandes de l'UE, et les moyens trop réduits mis en place, en particulier une durée vraiment trop courte (le programme avait été élaboré pour une durée de 6 jours dans l'avant-projet, durée qui a été réduite à 4 jours pour des raisons économiques). Réunir des chercheurs en géologie, en astrophysique, et géophysique, avec des langages spécifiques, est déjà ambitieux dans le contexte d'un colloque de recherche, mais encore bien davantage dans le cadre d'une UE rassemblant des enseignants-stagiaires eux-mêmes très diversifiés.

- Une grave limitation à la participation active de tous fut liée au manque de temps. Une réelle interactivité entre les participants a été impossible : pas assez de temps pour des discussions et échanges après une conférence ou après un atelier ; pas assez de temps pour que les participants présentent leurs propres expériences (plus particulièrement les professeurs d'école) ; pas assez de temps pour que des enseignants de disciplines différentes se réunissent pour réfléchir à un ré-investissement interdisciplinaire, à plusieurs niveaux, et pour monter un projet commun.

- En particulier, un espace de discussion aurait dû être prévu après chaque activité : ainsi, les stagiaires auraient pu proposer diverses présentations pédagogiques des connaissances fournies par les chercheurs, trouver ensemble les meilleures " simplifications " non réductrices d'un concept, les meilleures applications explicitant le concept, la meilleure utilisation de documents, etc.

- Un manque d'activités pratiques (construction de maquettes, de cadrans solaires,...) a été déploré (mais on peut ajouter que la participation à des écoles d'été en astronomie serait mieux adaptée à ce type de demandes, qui ne relèvent pas des mêmes objectifs qu'une UE).

- La mise en place de " Tables rondes " aurait été très enrichissante, tant pour les chercheurs que pour les stagiaires. Des questions auraient pu être posées

aux divers spécialistes, et les réponses de chacun d'eux auraient apporté un éclairage complémentaire.

- Enfin, l'UE se clôturait par l'éclipse totale de Soleil le 11 août à 12 h 30 min. Le phénomène céleste (hélas voilé par des nuages) offert aux participants a été préparé sans approfondissement théorique, ce qui a été regretté par certains.

- Un emploi du temps trop chargé signifie aussi une limitation à mieux se connaître avec des moments de détente dans un climat convivial : les pauses-café régulières étant essentiellement dévolues au repos pour mieux affronter la suite des travaux !

- Une certaine disparité des lieux a également causé des pertes de temps : en effet, les sites d'hébergement, de restauration, et d'enseignement, étaient disjointes géographiquement tout en étant proches (entre 5 et 7 minutes de marche les séparaient). L'UE étant située dans la zone de totalité de l'éclipse, et les activités étant organisées au sein de l'observatoire astronomique de l'université de Strasbourg, il était impossible d'assurer une complète unité de lieu.

- Par ailleurs, un manque de bibliographie a été déploré - ceci sera corrigé dans les Actes. La mise à disposition d'une sélection d'ouvrages eût été appréciable : consulter des livres permet de décider si on les achètera ou non.

- Un problème de logistique a été évoqué : la liste des participants aurait dû être distribuée dès le début de l'UE.

Propositions pour la suite des travaux.

1- Des travaux pédagogiques pluridisciplinaires.

Des projets visent à mettre en place des collaborations actives dans les établissements d'origine des stagiaires : dans le cadre de Travaux Personnels Encadrés (TPE) en Lycées, plusieurs participants ont prévu de réunir profes-

seurs de sciences physiques et SVT (en particulier pour les classes de 1^{ère} S), ainsi que des professeurs de philosophie, autour de thèmes communs (par exemple l'apparition de la vie).

Il faut noter que, dans le contexte de la réforme des lycées, les élèves des classes de Première et de Terminale auront, dans leur emploi du temps, 2 heures par semaine de TPE à caractère pluridisciplinaire. Cette activité nouvelle suppose une réflexion commune des enseignants amenés à collaborer afin de définir les conditions et les modalités d'un travail cohérent et efficace. Dans la filière scientifique, les disciplines concernées sont les maths, les sciences physiques et les SVT.

2. Des Actes, outil didactique.

Il s'agit de réaliser un outil de travail utile aux participants, et à d'autres enseignants. Les comptes-rendus seront diffusés sous la forme d'un CD-rom. Il contiendra les textes des conférences (avec nombreuses illustrations numérisées - le problème des droits d'auteur est posé, une réponse est attendue de la part du ministère). Des indications et des commentaires sur des applications (TP, TD, expériences) seront exprimés dans un contexte essentiellement pluridisciplinaire, aussi bien au sein d'un même établissement, qu'en collaboration entre plusieurs établissements. Les coordonnées complètes des scientifiques experts en divers domaines seront données, ainsi que des références d'ouvrages et revues sélectionnés.

3. Une Université d'été à thématique plus étroite.

Pour l'année 2000, une suite est souhaitée par les participants, afin d'approfondir les connaissances acquises et surtout afin de mieux les mettre en perspective selon une vision thématique bien ciblée. Un sujet fédérateur pourrait être lié à l'évolution de la matière formée et complexifiée dans l'univers astronomique pour conduire à la matière prébiotique, puis à la matière vivante sur Terre. Un domaine de recherche supplémentaire devrait être inclus. ce-

lui de la biologie moléculaire, avec peut-être une contribution d'un philosophe / historien des sciences.

Agnès Acker

Université Louis Pasteur - Observatoire
Astronomique - 11, rue de l'Université,
6700 Strasbourg. ■

Rencontres pour l'enseignement de l'astronomie à Grenade.

Le CLEA y était...

C'est dans le cadre idyllique de la belle cité de Grenade que se sont déroulées les 3^{èmes} rencontres pour l'enseignement de l'astronomie, à l'initiative de l'ApEA (Association pour l'Enseignement de l'Astronomie) et du " Parque de las Ciencias " de Grenade, du 8 au 11 septembre derniers.

L'ApEA est la " petite soeur " espagnole du CLEA. Née lors de la réunion des enseignants européens, sous la houlette de l'ESO, à Garching puis à Athènes, cette association organise tous les deux ans une rencontre des enseignants en astronomie. Ils étaient presque 200 à Grenade, venus de toutes les régions d'Espagne, pour manifester la vitalité de leur groupe.

Et la variété des communications comme celle des ateliers fut un autre signe de bonne santé : je ne pourrai ici en faire la liste complète. Ce sera donc un trop bref aperçu que je vous donnerai en citant :

- un toboggan et une balançoire cycloïdaux, dont les propriétés physiques ont étonné tout le monde

- une étude de l'évolution des êtres humains au cours de leur vie, réalisée par un E.T. lors d'une courte visite dans la famille de Carlos IV (où l'on comprend par analogie comment les astrophysiciens peuvent reconstruire le cycle évolutif des étoiles, bien qu'il soit bien plus long que l'histoire de l'humanité).

- les applications pédagogiques d'un cadran solaire équatorial cylindrique,

- l'étude statistique de l'inévitable influence de la Lune sur le sexe des nouveaux-nés.

- ou une méthode infaillible pour mesurer l'importance de la pollution lumineuse avec ... le cylindre cartonné d'un rouleau de papier hygiénique...

Comme toujours dans ce genre de manifestation, les ateliers étaient trop nombreux pour que chacun puisse assister à tous : inévitable source de déceptions...

"J'aurais tant aimé réaliser et lancer ma propre fusée..."

"Et moi, c'est l'astrolabe qui m'a vraiment passionné !"

"Quand je pense qu'il y avait un atelier sur les caméras CCD !"

Bref... il faudra revenir, ou se mettre en contact avec l'heureux collègue qui a eu la chance de participer à l'atelier tant désiré, ou ... obtenir de la photocopieuse quelques documents de travail...

Le CLEA était présent avec trois ateliers tentant de réconcilier les outils informatiques et les ciseaux-ficelles-stick de colle (ou, comme le rappelait Rosa Maria ROS, les machines des astron'hommes ... du Nord et les bricolages des astro'dames ... du Sud).

Les stagiaires sont donc repartis avec disquettes et découpages sur :

- Les mouvements dans le système Soleil-Terre-Lune.

- Les satellites de Jupiter (Exploitation de photographies et des dessins de Galilée).

- Planètes et comètes : les lois de Kepler.

Enfin, deux conférences scientifiques fort bien documentées traitaient successivement des explosions cosmiques de rayonnement gamma et de la mission Cassini - Huyghens.

Ces rencontres se sont déroulées dans une ambiance détendue et toujours chaleureuse, grâce à une organisation sans faille et à un choix judicieux des lieux d'exposition, de rencontre et d'échanges.

N'oublions pas la visite du radiotélescope de l'IRAM (Institut de Radio-astronomie Millimétrique), au sommet de la Sierra Nevada, celle de l'Alham-

bra au clair de Lune, ou la soirée finale dont le repas fut servi dans les jardins dominant la ville...

On ne peut que souhaiter longue vie à notre petite soeur l'ApEA, et attendre les prochaines rencontres avec impatience...

Francis Berthomieu

Pour ceux qui connaissent un peu la langue espagnole, plus de détails sur Internet aux adresses suivantes :

le serveur de l' ApEA :

<http://pagina.de/apea>

celui du Parc des Sciences de Grenade

<http://www.parqueciencias.com> ■

Le Hors Série n° 8 : Courbes de lumière de δ -Cephei et β -Persei.

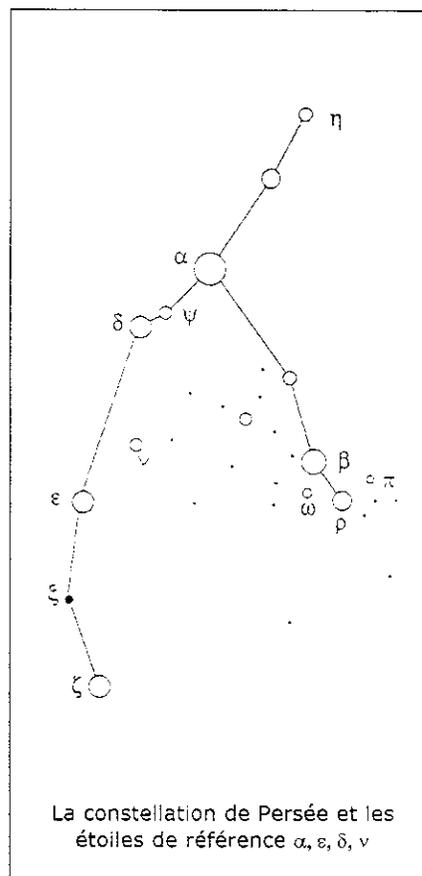
Le dernier "hors série" nous arrive d'Espagne. Rosa Maria Ros Ferré et Ederlinda Vinuales Gavin y proposent une observation d'étoiles variables d'après diapositives. Francis et Josette Berthomieu en ont assuré la traduction française.

Ce livret comporte 15 pages et 10 diapositives.

En introduction on trouve un inventaire d'étoiles variables classées en deux groupes principaux selon que le phénomène est intrinsèque (véritables étoiles variables telles que δ -Cephei) ou qu'il s'agisse d'un effet de perspective (binaires à éclipses comme β -Persei).

Les variables intrinsèques correspondent en général à des "étoiles instables" localisées dans le diagramme HR dans des zones de transition entre diverses étapes de la vie des étoiles. Les systèmes binaires correspondent à des "étoiles stables" localisées dans la séquence principale du diagramme HR. Les courbes de lumière de plusieurs types sont données.

Ensuite est développée la méthode d'évaluation de la magnitude apparente de l'étoile en comparant la magnitude de la variable à celle d'un ensemble d'étoiles de magnitude connue (mé-



La constellation de Persée et les étoiles de référence α , ϵ , δ , ν

thode des degrés d'Argelander). Celles-ci, qui ne sont surtout pas des étoiles variables, sont choisies de manière à ce que la première soit plus brillante que l'objet à étudier au moment de son maximum et la dernière soit moins brillante que cet objet à son minimum. Cette méthode peut paraître peu fiable mais elle donne de bons résultats si chaque observateur fait son évaluation "en indépendant" et si on rassemble les résultats d'un grand nombre d'observateurs (profitons des classes à effectif important !).

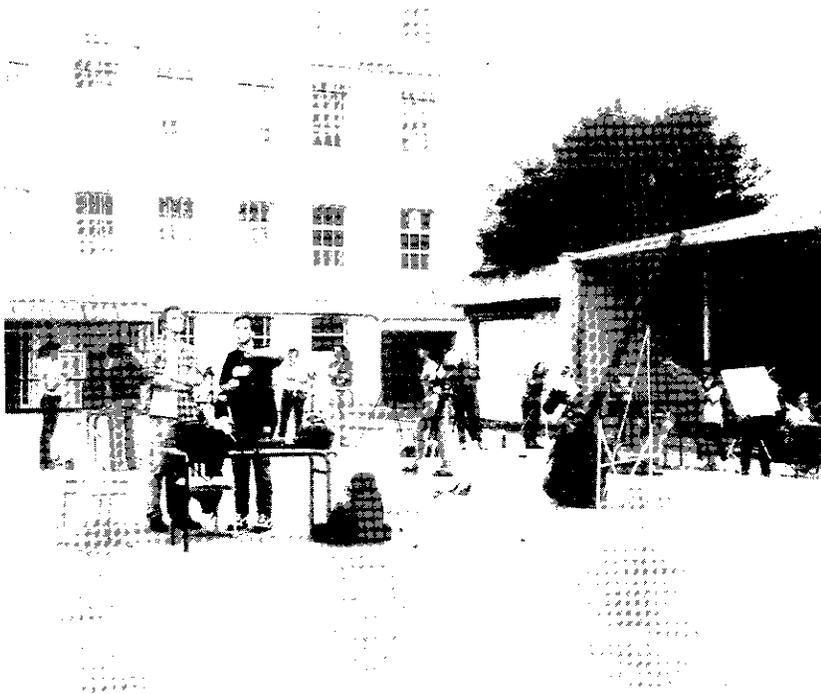
- Quatre diapositives prises à des dates différentes pour δ -Cephei et six pour β -Persei permettent de vérifier quelques points sur les courbes de lumière connues (et fournies) de ces deux étoiles.

- Enfin, en donnant quelques indications pratiques judicieusement choisies Rosa Maria et Erlinda invitent à réaliser de semblables photos, une activité à réaliser en club d'astronomie par exemple.

Catherine Vignon

HS8 70F port compris. ■

L'éclipse du 11 août au lycée Victor Grignard de Cherbourg.



A l'occasion de l'éclipse, le lycée a fixé un rendez-vous à une cinquantaine de lycéens, étudiants et professeurs venus de Madrid, Bilbao, Cambridge, Londres, Singapour et aussi Toulouse et Bayeux. Ce projet est la poursuite du travail effectué depuis 5 ans sur le Soleil (dans le cadre du projet européen Socrate).

Il est coordonné par notre collègue René Cavaroz, proviseur du lycée, accompagné par Julien Sarasola (Espagne) et Richard Field (Angleterre).

Les éclipses

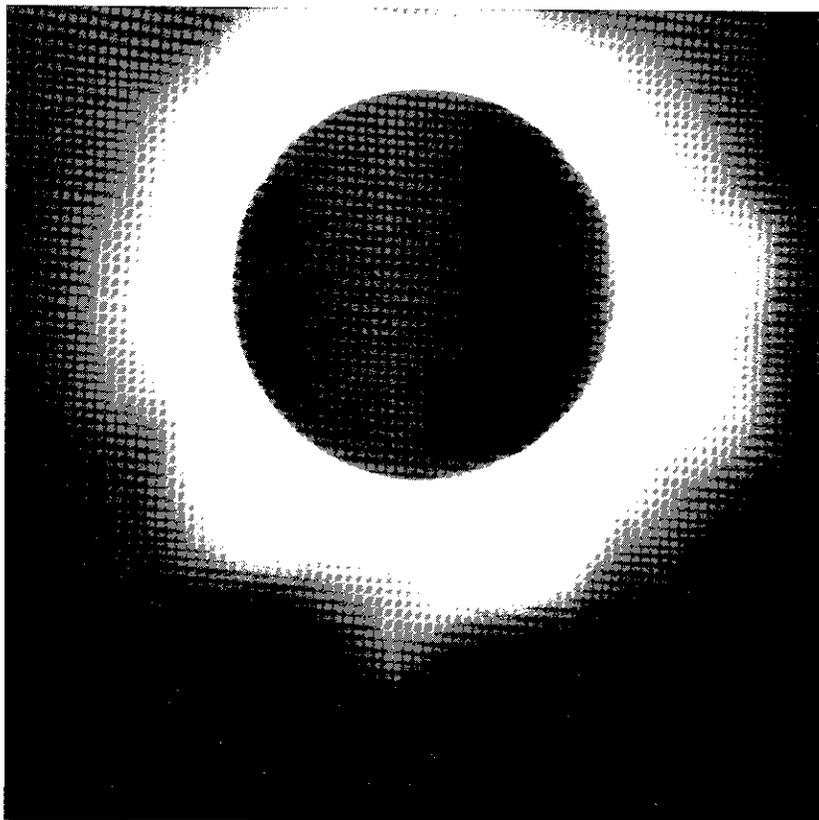
Guillaume du Bartas¹

Toutefois il advient, lors même que ton front²
En son plus haut chemin nous apparaît tout rond,
Et que le voile épais d'un bigarré nuage
Ne nous peut dérober les rais de leur visage,
Que ton argent s'efface, et que ton teint souillé
Se couvre de l'acier d'un rondache³ rouillé⁴
Car ton front se trouvant durant son cours oblique
Vis à vis du Soleil en la ligne éclipique,
Et la terre entre deux, tu perds ce lustre beau
Que tu tiens à profit du fraternel flambeau.
Mais pour te revancher de la Terre qui garde⁵
Que pour lors front à front Phoebus⁶ ne te regarde,
Ton épaisse rondeur se loge quelquefois
Entre Phoebus et nous sur la fin de ton mois,
Et d'autant que les rais qui partent de sa face,
Ne traversent l'épais de ton obscure masse,
Phoebus, comme sujet aux douleurs du trépas,
Semble être sans clarté bien qu'il ne le soit pas.
Ainsi donc, ton éclipse est au sien⁷ tout contraire,
Le tien se fait souvent : rare est cil⁸ de ton frère,
Ton éclipse vraiment efface ta beauté :
Le sien prive nos yeux, non son front sa clarté.

La terre est celle-là qui te rend ainsi sombre :
L'éclipse du Soleil est causée par ton ombre,
Ton front vers le Levant se commence obscurcir
Son front vers l'Occident commence à se noircir,
Ton éclipse se fait lors que plus luit ta face :
Le sien quand ta beauté décroissante s'efface.
Le tien est général vers la Terre et les cieus :
Le sien n'est même ici connu qu'en certains lieux.

Notes

- 1 - C'est René Cavaroz qui a déniché ce beau poème un peu difficile. Guillaume de Saluste, seigneur du Bartas (1544-1590) est un poète français de la Renaissance, né à Montfort, près d'Auch, mort à Paris. Le texte ci-dessus est extrait d'un long poème didactique intitulé La Semaine, ou Création du Monde, paru en 1578.
- 2 - Le poète s'adresse à la Lune.
- 3 - Ce mot, qui signifie bouclier rond, est aujourd'hui du genre féminin.
- 4 - Aspect cuivré caractéristique de l'éclipse de Lune.
- 5 - Pour se venger de la Terre responsable de l'éclipse de Lune, celle-ci se venge en causant sur terre une éclipse de Soleil (Phoebus).
- 6 - Qui empêche.
- 7 - Au XVI^e siècle, éclipse est du genre masculin.
- 8 - Celui.



Voici une très belle et curieuse photo réalisée par Daniel Toussaint.

L'arc situé en dessous n'est pas une protubérance, c'est un reflet qui provient sans doute du diviseur de focale. Ce n'était pas prévu, mais c'est une image inversée de la chromosphère : elle est symétrique de l'image principale par rapport au centre du cliché.



Expériences pédagogiques : Perseus 1999 (CNES)

En 1997 le Cnes lance un appel à idées à l'intention des établissements scolaires et des associations scientifiques en proposant d'embarquer des expériences à but pédagogique à bord de la station Mir. Sur les 40 projets, 10 sont sélectionnés pour leur originalité et leur intérêt ; ils impliquent 12 établissements scolaires et plus de cent jeunes.

Ces projets ont pu voir le jour grâce à l'équipe du projet Perseus qui a permis à ces jeunes de concrétiser leur rêve : fabriquer un objet qui va "voler dans l'espace".

Le Cnes a édité une brochure décrivant brièvement ces expériences dont nous ne pouvons ici que donner les titres évocateurs et un très bref aperçu.

Audiomir est un test d'audiométrie sur terre et dans l'espace pour étudier le rôle de la pesanteur dans ce domaine. (lycées Les bruyères et B. Pascal à Rouen)

Calomir a pour but d'étudier l'influence de la convection naturelle dans les pertes de chaleur d'un tube métallique (lycée La Fayette à Clermont-Ferrand)

Fruitle regroupe quatre expériences de biologie végétale préparées par quatre classes : Tomatomir (lycée Bertrand d'Argentré à Vitré (35500)) ; radismir (espace du collège Saint Geneviève à Saint Jory (31790)) ; violette (lycée André Malraux à Montereau (77130)) ; germinamir (collège Lucien Colon à Lapalisse (03120)).

Le style en capsule est un essai en impesanteur d'un vêtement de confort dédié au spationaute (lycée de la Camargue à Nîmes)

Oléomir est l'étude du comportement d'une émulsion huile / eau en impesanteur (lycée Notre Dame, rue du palais Gallien à Bordeaux).

Physiospace étudie les modifications physiologiques en impesanteur (lycée Alcide Dusolier à Nontron (24360)).

Cnes. Délégation à la communication. Département Education et Relations avec la Jeunesse

18, avenue Edouard Belin 31401 Toulouse cedex 4

Tel : 05 61 27 31 14 ; fax 05 61 28 27 67 ; adresse électronique : education@cnes.fr

Mouvement apparent

Pierre Causeret

REMUE-MÉNINGES



Voici un négatif d'une pose photo. On demande simplement de calculer le temps qu'a duré cette pose. On pourra en plus s'amuser à chercher la grande ourse et la petite ourse.

Bibliographie de l'article "Modélisations en astronomie" (p.6)

L'Univers Heather Couper et Nigel Henbest Guide pratique jeunesse - Ed. Seuil 1994.

Sciences et technologies CM1 Chaissac et Michaud - Le Moal - Ed. Magnard 1986.

Sciences J. Escalier, A. Billotet, S. Bonnet, F. Cusset, J. Delayer, J. Martin et

F. Vianey à monde ouvert cycle 3, niveau 1 - Edition Hachette éducation 1995

Initiation physico-technologique au cours moyen Hugues Adam et André Kaiser Ed. m.d.i 1985.

Les Cahiers Clairaut Hors série n° 1 mai 1991- Fiches pédagogiques "Le jour, la nuit, les saisons" et "la course du Soleil pendant la journée".

Les cycles à l'école primaire Ministère de l'éducation nationale - direction des écoles - Edition Centre national de la documentation pédagogique - Savoir lire.



LE CHAOS.
IMAGES DU MONDE
PHYSIQUE
LA NAISSANCE DE LA SCIENCE CLASSIQUE AU XVII^e SIECLE
EINSTEIN ET POINCARÉ
L'ASTROLABE
LA BARBARIE DOUCE
DICTIONNAIRE D'HISTOIRE ET DE PHILOSOPHIE DES SCIENCES
MECANIQUE : UNE INTRODUCTION PAR L'HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE

Le chaos.

François Lurçat, collection Que sais-je ?
n° 3434, 128 pages ; Puf 1999.

Rendre compte, tout sec, de la lecture de ce livre me paraîtrait insuffisant. C'est un bel ouvrage, une réussite vraiment remarquable, un grand sujet traité de façon magistrale et pédagogique qui consiste à faire tenir dans les 128 pages (128 = 2⁷) réglementaires de la collection un exposé clair, complet, profond. Au terme d'une lecture attentive, je voudrais faire partager à tous les amis de la Marquise le plaisir et le profit que j'en ai tirés.

Le chaos dont il va être question ici n'est évidemment pas celui dont se plaignait madame de Sévigné, "*Nous déménageons, je suis dans le Chaos*". François Lurçat, physicien émérite, de l'Université de Paris-Orsay, traite le problème de la mécanique dans toute son ampleur. C'est-à-dire depuis la première analyse du mouvement jusqu'aux réflexions que l'on peut se permettre aujourd'hui sur le déterminisme après les interventions fameuses sur le sujet de Laplace et de Poincaré mais également après la découverte de certains phénomènes chaotiques dans le système solaire ainsi que les travaux sur les systèmes dissipatifs. Vaste étude où il sera aussi bien question du robinet qui goutte (le chaos à portée de la main) que des attracteurs étranges...

Les débuts de la mécanique, Copernic, Kepler, Galilée, Newton, des observations appuyant une conception nouvelle du monde, des expérimentations et la superbe invention du calcul différentiel. Une réussite vraiment extraordinaire. Tous les pro-

blèmes paraissent résolus car s'il avait fallu trente années de travail ardu, beaucoup d'imagination et une certaine chance pour que Kepler nous annonce ses trois lois, c'est seulement Newton qui donne la grande théorie du mouvement, qui définit les règles, que doit suivre "le Grand Horloger de l'Univers" au sens de Voltaire (de Kepler à Newton, un grand siècle, grand à n'en pas douter). C'était évidemment trop beau pour être vrai, mais on comprend que les grands savants du XVII^e siècle s'y soient laissés prendre, oui Clairaut, Lagrange et Laplace eux-mêmes ; ils démontraient presque la stabilité du système solaire. Et tout cela à partir de l'analyse différentielle du mouvement, des conditions initiales déterminées mesurées avec soin et, en avant marche, le calcul différentiel.

Arrive Maxwell qui, en 1877, dans son précis de mécanique newtonienne *Matière et mouvement*, montre qu'il y a des systèmes dans les quels une petite variation des conditions initiales produit un très grand changement dans toute l'évolution du système. Poincaré, vers ces années 1890, prépare la grande révolution scientifique du XX^e siècle. A partir du problème des trois corps (pourquoi pas le Soleil, la Terre et la Lune), on savait avant Poincaré qu'il y avait des systèmes non intégrables c'est-à-dire rétifs au traitement analytique. Il faut reconnaître l'existence de trajectoires instables. Pour chacune de ces trajectoires, on définit un *temps de Liapounov* (qui est une durée) au bout duquel la distance entre deux trajectoires de phase est multipliée par e ($e = 2,71...$).

Ici je recommande au lecteur les pages sur les mouvements stochastiques (le gaz

de Lorentz). Elles débouchent sur le travail du mathématicien Kolmogorov qui associé à Arnold et Moser nous donne la théorie KAM. On parvient alors à une bonne approche du mouvement, non plus selon les principes contraignants du passage à l'infiniment petit, mais par un calcul de petits pas p, ce que l'auteur appelle *application logistique* ; la durée d'un petit pas étant choisie en tenant compte de l'ordre de grandeur de la durée globale du mouvement ; pas le même petit pas pour les telluriques que pour les grosses planètes (référence ici est faite au travail de Hénon-Heiles).

Je me suis attardé jusqu'ici sur ce qui, dans cet ouvrage, me paraît essentiel. Les lecteurs du CLEA seront forcément retenus dans la suite sur les phénomènes chaotiques dans le système solaire. Je relève cette plaisante citation de Max von Laue : "*Les disciples de Newton trouvaient incompatible avec l'ordre cosmique dévoilé par le maître, la chute des pierres et de masses du ciel tombant du ciel*".

Aussi enrichi que vous ayez été par la lecture des cent premières pages du livre de François Lurçat, préparez-vous à savourer calmement, longuement, les réflexions d'un physicien attentif à l'évolution des idées. Rien que pour ce dernier chapitre, le livre mériterait éloge mais, à mon avis, il faut avoir lu les cent premières pages pour goûter à plein ses conclusions. Je n'ai pas la folle prétention de les résumer, je voudrais surtout que vous les lisiez.

Je me permets seulement, impertinamment peut-être, d'extraire cette citation de Laplace prise dans son **Essai philosophique sur les probabilités** : "*La régularité que l'astronomie nous montre dans le mouvement des comètes a lieu, SANS AUCUN DOUTE, dans tous les phénomènes. La courbe décrite par une simple molécule d'air ou de vapeurs est réglée d'une manière aussi certaine que les orbites planétaires : il n'y a de différence entre elles que celle qu'y met notre ignorance*". Vous avez bien lu, c'est François Lurçat qui souligne ce péremptoire "sans aucun doute" qui a échappé à la plume de Laplace. Il n'a pas vu l'étendue du postulat qui lui venait sans doute tout natu-

rellement à l'esprit. Dans sa tombe, ça doit bien le tracasser.

Autre remarque impertinente. Nous avons la chance de venir après Laplace et Poincaré, nous vivons un tournant de l'histoire des sciences (qui en comptera bien d'autres, rappelez-vous la route en lacets indiquée par Renan). Ce tournant-ci me paraît marqué par les importances relatives des échelles de durées prises en considération. Il faut être relativiste avec Hubble et quantique durant (?) l'explosion initiale. En même temps, il faut aussi savoir cueillir les toujours belles fleurs au jardin de la recherche, comme cette petite remarque de rien "*Des séries divergentes peuvent donner dans leurs premiers termes des résultats d'une remarquable précision*".

Bon, j'arrête, la Marquise va me gronder si je bavarde. Alors, juste un mot, lecteurs de ces Cahiers Clairaut, promettez -moi de vous jeter dès demain dans le chaos de François Lurçat.
Gilbert Walusinski

Les quatre recensions qui suivent ont été écrites par notre collègue suisse Eric Lindemann qui les a publiées dans le bulletin d'information bibliographique pour les maîtres du secondaire (Université de Lausanne ; groupe de travail astronomie et enseignement secondaire).

Images du Monde. Les mille et une façons de représenter l'Univers avant Galilée.

Edith et François-Bernard Huyghe.
Ed. JC Lattès, Paris 1999, 310 p.
216 F.

Disons-le d'emblée, les auteurs ne sont pas des scientifiques et la présentation qu'ils font des connaissances cosmologiques actuelles est assez faible et entachée d'inexactitudes coupables. Cependant, on leur pardonnera divers manques de rigueur (les lois de Kepler *n'expliquent pas pourquoi* les mouvements orbitaux sont elliptiques !) ou des erreurs plus grossières (le dessin

faux de la mesure de la Terre par Eratosthène, par exemple) ; en effet, ce livre a d'autres qualités qui justifient cette indulgence.

Il a le rare mérite de constituer une source très complète d'informations sur les représentations prégaliléennes du monde. Des cosmologies primitives de l'Inde ou de la Chine aux diverses physiques et astronomies de la Grèce antique et du Moyen-âge juif, chrétien ou musulman, cet ouvrage tente de retracer cette épopée de l'esprit humain, cette immense et merveilleuse aventure qu'est la recherche de la compréhension de l'Univers.

En annexe, on trouvera un bon glossaire ainsi qu'un utile résumé de cent systèmes cosmologiques. Ce livre est un très bon outil pour ceux qui veulent remonter plus haut qu'on ne le fait habituellement dans l'histoire des représentations du monde.

Physique.

Eugène Hecht.
Ed. De Boeck Université, Paris 1999.
1306 p., 560 F.

Ce n'est pas parce que c'est un cours complet de physique que j'ai envie d'en parler ici ; sa table des matières est somme toute assez ordinaire. Ce n'est pas parce que son contenu astronomique est important, bien au contraire, les exemples d'applications astronomiques ne sont pas légion...

Si j'essaie de vous donner envie de ce livre c'est parce que, dès les premières pages, il a l'originalité de voir la physique sous un angle très moderne, énonçant tout de suite le principe d'Emmy Noether qui fait correspondre une symétrie à chaque loi de conservation. Cette modernité, présente déjà dans l'exposé de la physique classique, facilite grandement l'abord ultérieur de la science du XX^e siècle.

En abordant souvent les thèmes sous l'angle historique, l'auteur donne un vaste panorama des fondements de la physique. Il se limite aux mathématiques strictement nécessaires dont il forge les outils indispensables au fur et à mesure des besoins. Ainsi l'utilisation du calcul différentiel et intégral se

fait presque en douceur ! Son excellente présentation, riche de bonnes images en couleurs, en fait un excellent outil moderne pour le professeur de lycée comme pour l'étudiant du premier cycle universitaire.

Le seul véritable inconvénient de cet imposant monument (1300 pages !) est son poids...

Mais on ne tombe pas tous les jours sur un bouquin qui vous donne envie de (re) commencer ses études de physique. le Hecht est de ceux-là.

La naissance de la science classique au XVII^e siècle.

Michel Blay.

Ed. Nathan Université, Paris 1999.
130 p., 48 F.

C'est aux XVII^e et XVIII^e siècles que se met en place la science classique qu'on enseigne encore dans les écoles. Un nouveau monde se construit sur les ruines du monde d'Aristote et de la scolastique, grâce aux gestes créateurs des grands savants de l'époque : Copernic, Kepler, Galilée, Descartes et Newton.

Ce petit livre nous montre comment cette profonde mutation s'est effectuée. En s'adressant au non spécialiste et en restant au niveau des idées essentielles, il permet d'appréhender l'évolution de la pensée scientifique et philosophique et constitue une très solide base d'histoire des sciences pour l'enseignant de lycée.

Einstein et Poincaré. Sur les traces de la relativité.

Jean-Paul Auffray.

Ed. Le Pommier, Paris 1999.
306 p., 192 F.

L'auteur nous avait déjà gratifié de deux très bons ouvrages dans la collection Domino de Flammarion : *L'atome* et *L'espace-temps*. Il s'agit ici d'un ouvrage plus volumineux et plus important qui raconte aussi bien l'histoire des hommes : Einstein, Poincaré, Lorentz, Minkowski, Hilbert... que celle des idées : principe de relativité, transformations, éther, espace-temps... Le livre a pour toile de fond une profonde

question épistémologique, celle de la synthèse entre "esprit mathématique" et "esprit physique".

Il ne s'agit pas bien sûr d'un livre très facile mais il est captivant de suivre les méandres de tous les raisonnements erronés ou corrects qui se sont succédés avant de conduire enfin à la théorie de la relativité telle que nous la connaissons aujourd'hui.

Une très sérieuse et passionnante approche historique qui devrait faire partie de la formation de tous les enseignants de physique.

Eric Lindemann

L'Astrolabe.

Histoire, théorie et pratique.

Raymond d'Hollander.

Ed. : Institut Océanographique.
383 p., 345 F.

Cet ouvrage est le plus considérable écrit sur le sujet depuis le livre d'Henri Michel¹ dont l'édition est maintenant épuisée.

L'auteur, ingénieur général géographe en retraite depuis 1984, a déjà consacré un livre aux astrolabes du musée Paul Dupuy de Toulouse². Ce musée possède en plus d'une exceptionnelle collection d'horlogerie un important ensemble d'instruments de mesure parmi lesquels des astrolabes anciens. Dans ce fascicule R. d'Hollander ne s'est pas contenté de décrire les superbes objets exposés au musée mais en a exposé leur fonctionnement, leur rôle et leur histoire.

Raymond d'Hollander propose ici un ouvrage plus complet et plus général. Il traite le sujet de manière exhaustive en développant les trois aspects : histoire, théorie et pratique, et décrit différents types d'astrolabes.

La présentation est claire, agrémentée de nombreux schémas explicatifs et d'une vingtaine de planches représentant différents instruments. On retrouve les qualités pédagogiques de l'auteur que l'on a déjà pu apprécier dans l'ouvrage cité plus haut. Il faut souligner la richesse et la précision du travail remarquable effectué par ce passionné d'instruments anciens.

L'astrolabe, ou "preneur d'astres", peut désigner des instruments astronomiques divers. Les astrolabes d'observation comportent l'astrolabe de Ptolémée (qui est en fait une sphère armillaire), l'astrolabe nautique, qui permet de mesurer la hauteur d'un astre, et l'astrolabe moderne à bain de mercure, pour les déterminations précises de hauteurs.

L'auteur s'intéresse plus particulièrement aux autres sortes d'astrolabes qui sont instruments d'observation mais surtout de calcul, et dont le plus répandu est l'astrolabe planisphérique classique. Le livre est divisé en quatorze chapitres.

Le premier est consacré à l'essentiel de l'histoire de l'astrolabe. On sait qu'il fut conçu par les Grecs (la projection stéréographique qui est à la base de sa construction est étudiée par Ptolémée dans son Planisphère) mais on en ignore l'inventeur. Il fut très utilisé au moyen-âge aussi bien en Orient qu'en Occident. La production d'astrolabes et d'horloges astrolabiques est encore importante aux XVI^e et XVII^e siècles mais diminue en Europe à la fin du XVII^e siècle et dans le monde arabe au XIX^e siècle. En effet, à l'époque des lunettes astronomiques l'observation d'un astre à l'aide d'une "alidade à pinnules" est peu pratique. D'autre part, l'invention d'horloges précises rend inutile l'une des fonctions de l'astrolabe : la détermination de l'heure.

Les chapitres I à V constituent l'essentiel de l'ouvrage et traitent de l'astrolabe planisphérique classique, essentiellement constitué d'une araignée (obtenue par projection stéréographique polaire de la sphère des fixes) et de plusieurs tympan (chacun est obtenu par projection stéréographique polaire de la sphère locale à une latitude donnée). Outre des notions fondamentales de cosmographie et de trigonométrie sphérique, l'auteur explique le principe de la projection stéréographique et en particulier la projection stéréographique polaire de l'hémisphère boréal. Ces notions sont accessibles à un bachelier scientifique (il n'y a plus d'enseignement de cosmographie au lycée depuis 30 ans). L'instrument est décrit en détail et on propose deux constructions de l'araignée et des tym-

pans : l'une trigonométrique, l'autre géométrique à l'aide d'un destour, abaque utilisé par les astrolabistes arabes et persans. Un chapitre entier détaille les autres éléments de l'instrument : le dos, le fond de la mère, et des araignées et tympan particuliers.

Ensuite l'auteur présente des applications numériques relatives aux douze problèmes fondamentaux et à leurs dérivés que l'on peut résoudre à l'astrolabe. Pour aider le lecteur à suivre pas à pas les étapes de la solution des problèmes proposés une araignée, transparente est fournie que l'on peut faire tourner par rapport à un tympan reproduit p. 106.

Il s'agit du tympan de l'astrolabe d'Abu Bakr pour la latitude 31° (Marrakech). Cela rend l'ouvrage particulièrement vivant puisque le lecteur peut manipuler lui-même l'instrument.

Quelques pages (chap. VI) sont réservées à la description de l'astrolabe linéaire du célèbre astronome arabe al Tusi qui utilise aussi les propriétés de la projection stéréographique polaire.

Le chapitre VII décrit l'astrolabe quadrant, réduction au quart de l'astrolabe classique et dont l'utilisation nécessite des phases de calcul.

Les chapitres VIII, IX, X sont consacrés à l'étude de trois astrolabes universels c'est-à-dire pouvant être utilisés à n'importe quelle latitude : la saphaea-astrolabe catholique conçue par l'astronome juif andalou Arzaquiel (1029-1087), l'astrolabe de Rojas (1551) et l'astrolabe de La Hire (1640-1718) Chacun utilise une projections sur le plan du colure³ des solstices.

L'astrolabe d'Oughtred, mathématicien anglais (1574-1666), utilise une projection stéréographique de la sphère céleste sur le plan de l'horizon à partir du nadir. C'est un astrolabe horizontal et essentiellement un instrument de calcul (chap. XI).

L'horloge astrolabique, association d'une horloge et d'un astrolabe dont la rotation de l'araignée est commandée par le mécanisme de l'horloge a sa place dans le chap. XI. Celle d'Isaac Habrecht (1578), un des bijoux du musée Paul Dupuy y est photographiée et dépeinte.

Dans le Chap. XII, l'auteur donne quelques conseils pour réaliser un astrolabe moderne simplifié en carton et

plastique⁴.

Enfin, le dernier chapitre traite de l'astrolabe nautique et du rôle qu'il a joué lors des grandes découvertes

Cet ouvrage de référence a sa place dans toute bibliothèque scientifique et est incontournable pour les passionnés de ce magnifique instrument.

Notes :

1 - Traité de l'astrolabe, Henri Michel, Paris 1947 ; réimpression A. Brioux, Paris 1976.

2 - L'ASTROLABE, Les astrolabes du musée Paul Dupuy, Raymond D'Hollander (édité par le musée Paul Dupuy et l'association française de topographie 1993).

3 - L'auteur appelle colure chacun des deux cercles horaires de la sphère céleste contenant le premier les deux solstices, le second les deux équinoxes.

4 - On peut relire avec profit dans les CC 47 et 48 les articles de Cécile Schulman sur la construction d'un astrolabe.

Martine Bobin

La barbarie douce. La modernisation aveugle des entreprises et de l'école.

Jean-Pierre Le Goff.

éditions La Découverte ("Sur le vif"),
125 p., 42 F.

La barbarie définie comme douce par l'auteur, c'est celle qui est en train de s'imposer au coeur des rapports sociaux, comme la nécessaire modernisation, l'adaptation aux mutations du monde contemporain. Elle s'exerce dans deux domaines de prédilection : les entreprises et l'école. La similitude observée entre les méthodes dans l'un et l'autre domaine en dit déjà long sur la mission donnée à l'école !

Le livre est une dénonciation de la façon dont les "spécialistes de la communication", nous "vendent" les nécessaires réformes et nous invitent à devenir "acteurs du changement".

Mettant en avant les meilleures intentions du monde, cette "barbarie douce" érige en vertu l'autonomie, la

transparence et la convivialité. Elle repose sur des outils d'évaluation des performances individuelles, destinées à classer chaque individu dans un schéma qui le réduit à un ensemble de comportements.

Parlons donc de l'élève qui est désormais, nous le savons, "au coeur du dispositif éducatif" et des nouvelles méthodes et pratiques pédagogiques qui devraient permettre aux enseignants de faire face à l'hétérogénéité des élèves et d'assurer l'égalité de leurs chances. Elles reposent sur des "outils d'évaluation" qui concernent les enfants dès leur plus jeune âge : à l'école maternelle, le livret d'évaluation permet déjà le suivi d'acquisition des compétences ; de quoi s'agit-il ? au cycle I (enfants de 3 à 5 ans), on en dénombre déjà 89, résultant d'un découpage en catégories et sous-catégories (telles que compétences transversales, compétences dans le domaine de la langue ...) qui vont de "apprentissage de la vie sociale" à "approche du nombre et calcul" en passant par "désir de connaître et d'apprendre" ou "manifester de l'aisance corporelle". Elles sont évaluées tous les deux mois et communiquées aux parents. L'évaluation se poursuit au cycle II (enfants de 6 à 8 ans) et s'effectue tous les trimestres : dans chaque case correspondant à une compétence, l'enseignant inscrit la lettre A, B ou C et le document est signé par l'enseignant et par les parents. L'auteur décrit la "feuille de contrat" d'une classe primaire de la région parisienne comportant 10 items tels que "ne pas perdre mon matériel" ou "être calme pendant la récréation" : à chacun correspondent des cases à remplir par l'enseignant indiquant pour chaque demi-journée et tout au long de la semaine si l'enfant a ou non rempli ces objectifs.

On imagine bien les effets insidieux : ces outils, qui se veulent fonctionnels et rationnels, définissent un modèle auquel l'enfant doit correspondre. La relation entre enseignants et parents a toutes les chances de se déshumaniser, centrée qu'elle devient autour d'une évaluation qui se veut à la fois diagnostic et sanction. A qui fera-t-on croire que vont ainsi être résolus les

problèmes liés à la massification de l'enseignement, à l'hétérogénéité des élèves et la désocialisation d'une partie des jeunes.

Comment en est-on venu là ? La thèse de l'auteur est que cette barbarie douce, liée au libéralisme économique tire son origine dans la perversion des idées utopiques de 1968 : méfiance vis-à-vis des pouvoirs, des hiérarchies et des médiations ; affirmation de l'autonomie comme valeur centrale.

Lucienne Gouguenheim

Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences.

sous la direction de Dominique Lecourt.

PUF ; prix de lancement (jusqu'au 31 janvier 2000) : 790 F ; (990 F ensuite).

Disons-le d'emblée : les PUF s'honorent d'avoir publié un tel ouvrage. Dominique Lecourt, entouré d'un comité scientifique restreint de trois grands spécialistes, dont Françoise Babilbar pour la physique, a globalement réussi à atteindre l'objectif ambitieux qu'il s'est fixé d'introduire les lecteurs aux réalités de la pensée scientifique. On peut considérer comme une véritable prouesse d'avoir obtenu une bonne unité dans l'état d'esprit, la rigueur et le souci de lisibilité, de la part des 166 auteurs qui ont rédigé un total de 448 entrées dans un ouvrage qui comporte plus de 1000 pages !

L'avant-propos précise l'état d'esprit qui a présidé à l'élaboration de l'ouvrage. D'abord un constat : "La célébration perpétuelle des succès de la science. L'émerveillement devant les exploits technologiques mis en scène par les médias, en fixant l'attention sur les résultats les plus spectaculaires, finissent par masquer aux yeux du plus grand nombre le travail opiniâtre d'une pensée ardente qui, de génération en génération, signe la prise humaine sur le monde et ne cesse de l'étendre. Loin de diffuser les connaissances, comme elle le prétend, la vulgarisation impose alors un récit épique qui réveille les vieilles mythologies et se révèle mystificateur dès lors qu'il dissimule le se-

cret des réussites les plus éclatantes aussi bien que les plus humbles progrès."

D'où le point de vue adopté dans l'ouvrage : "mettre au jour les présupposés, les ressorts et les perspectives philosophiques". L'originalité de l'ouvrage est de mêler réflexion philosophique et enquête historique dans l'investigation de la pensée scientifique : le recours à l'histoire n'est là que pour mettre en lumière "la problématisation d'un phénomène et sa conceptualisation sous forme d'un objet de connaissance".

Chaque article fait l'objet d'un exposé détaillé et documenté, d'où est pratiquement exclu tout recours au formalisme mathématique ou au jargon de la discipline. Suivre les renvois indiqués à la fin de chaque entrée permet de constater généralement la bonne harmonisation, à la fois dans l'analyse et dans le ton, entre leurs auteurs, qu'ils soient scientifiques, philosophes, historiens ou sociologues.

Un exemple m'a ravi. Je suis partie du mot : "corps noir". L'exposé m'apprend d'abord pourquoi on qualifie de "rayonnement noir" ce qui est précisément attribué à une couleur : la réalisation pratique nécessite que le four qui produit ce rayonnement soit hermétiquement clos (à l'exception du petit trou d'où sortira le faisceau analysable). Mais alors quelle raison avait-on de porter intérêt à ce qui se trouve enfermé dans le four ? On cherchait, à la fin du XIX^e siècle, à relier la théorie de la lumière et la thermodynamique. Quand Planck entreprit l'étude du corps noir, il espérait déduire le second principe de la thermodynamique des lois de l'électromagnétisme. Les atomes composés d'une charge positive et d'une charge négative se comportent comme des oscillateurs censés émettre du rayonnement, selon la théorie de Maxwell. Planck devina la forme mathématique de l'entropie, qui caractérise l'état thermodynamique, donnant la distribution d'énergie électromagnétique en fonction de la fréquence, conforme aux résultats expérimentaux. Dans une seconde étape, il rechercha la raison physique pour que l'entropie ait

cette forme là, et fut ainsi conduit à supposer que l'énergie électromagnétique enfermée dans le corps noir soit divisée en "quanta". Conclusion : on ne trouve pas toujours ce que l'on cherche ; et l'on trouve parfois ce que l'on ne cherchait pas !

Second exemple : je me suis intéressée aux "organismes génétiquement modifiés" (OGM), et plus spécifiquement à leur présence dans l'alimentation, ce qui m'a fait naviguer en suivant des mots clefs. En partant de l'ADN, puis passant au "Génie génétique" qui renvoie à "Biotechnologie", j'ai appris à la fois ce qu'est un gène, que les outils du génie génétique autorisent la création de nouvelles espèces, que ces espèces sont dites transgéniques parce qu'elles contiennent une information génétique venant d'un organisme appartenant à une espèce différente.

Cette avancée scientifique a donné naissance à une industrie aux extraordinaires performances boursières, qui peuvent se comparer à celles du domaine de l'informatique. Grâce au "législateur nord-américain qui a laissé se développer ces nouvelles technologies en dehors de toute contrainte dans les secteurs pharmaceutiques, agronomiques ou chimiques". En 1980, la Cour suprême des Etats Unis a reconnu que des organismes vivants peuvent être brevetés, comme n'importe quel procédé technique.

Les biotechnologies font désormais partie de l'économie de marché. Elles nous annoncent une "révolution verte". Le patron de la puissante société Monsanto a pu ainsi annoncer que "nous disposons maintenant d'un vaccin vraiment efficace contre la faim dans le monde, il s'agit de toutes les possibilités offertes par l'agriculture transgénique." L'introduction de gènes étrangers dans le génome des espèces végétales permet d'obtenir des plantes résistantes aux herbicides, aux parasites ... Mais on redoute aussi que l'agriculture transgénique ne diffuse dans la nature de l'ADN recombiné susceptible de modifier l'équilibre naturel. Et les recherches sont si coûteuses que seules de très grosses firmes peuvent les con-

duire, en tablant sur une grande rentabilité, donc en s'intéressant au développement de nouveaux produits plus qu'à l'étude de leur éventuelle nocivité.

Tous les éléments sont rassemblés qui permettent de comprendre l'enjeu des relations entre recherche (pure et appliquée), agriculture, économie et consommation.

L. G.

Mécanique : une introduction par l'histoire de l'astronomie.

Eric Lindemann.
De Boeck Université
231 p - 195 F.

L'objectif de l'auteur est de faire découvrir la mécanique à travers l'astronomie, en suivant la démarche historique et en mettant l'accent sur l'évolution des idées. Disons d'emblée que c'est une belle réussite.

Eric Lindemann, qui enseigne la physique au Gymnase de Nyon dans le canton de Vaud en Suisse Romande, a été confronté au problème d'avoir à enseigner les bases de la mécanique à des élèves non scientifiques, préparant leur baccalauréat. Convaincu que la plupart des idées fondamentales de la science sont simples et peuvent s'exprimer dans un langage accessible à tous, il s'est refusé à suivre la méthode trop habituelle, qui consiste à partir d'un programme prévu pour des élèves scientifiques et d'en faire une version "light". Il a complètement repensé son

enseignement dans cette perspective.

L'ouvrage comporte trois parties : l'univers tel qu'on le perçoit ; l'univers tel qu'on l'a conçu ; l'univers tel qu'il semble être. Au total, 12 chapitres abondamment illustrés, accompagnés régulièrement d'exercices et, parfois, de propositions d'observations ou de réflexions.

On commence donc par observer à l'oeil nu, puis on prend le temps d'expliquer ce qu'est un modèle avant de présenter les premiers modèles cosmologiques, depuis l'aube "mythique" jusqu'au monde Grec d'Aristote, puis Hipparque et Ptolémée, sans oublier les cosmologies alternatives de Démocrite, Héraclite de Pont ou Aristarque de Samos, et enfin le relais par le monde Arabe, la physique médiévale, qui nous amènent à Copernic.

Le monde "tel qu'il semble être" repose sur le système de Copernic, les travaux de Tycho Brahe et Kepler. Avec Galilée arrivent les fondements de la mécanique et avec Newton ceux de la dynamique. En passant, on s'attarde sur la physique "imaginative" de Descartes dont la plus grande originalité est sa tentative d'expliquer la formation et l'évolution de l'Univers et sur ce que les travaux de Huygens sur le mouvement circulaire ont apporté à Newton. Un dernier chapitre ouvre sur l'"après Newton".

On appréciera les annexes qui présentent des textes, pas nécessairement connus, de Voltaire, la présence d'un glossaire, d'une bonne bibliographie et d'un index des noms et des matières.

Notre ministre avait soulevé il y a

quelques mois une belle polémique à propos de la chute des corps, en critiquant les professeurs de physique qui n'auraient pas su faire vérifier à leurs élèves que boule de pétanque et balle de tennis tombent simultanément. Il s'en est suivi un échange nourri dans les courriers des lecteurs de divers journaux sur la façon de conduire l'expérience pour qu'elle soit convaincante. Je renvoie les protagonistes à l'exposé d'Eric Lindemann (pages 124 et suivantes). On y comprend la complexité du débat. Galilée commence par mettre en doute les affirmations d'Aristote selon lesquelles les corps lourds tombent plus rapidement que les corps légers, en démontrant que les corps ne peuvent pas chuter avec une vitesse proportionnelle à leur poids. "Le point important n'est pas le fait que les temps de chute soient *légèrement différents*, mais qu'ils soient *pratiquement égaux*. L'observateur ne se laisse pas distraire par un élément secondaire (la résistance de l'air) mais arrive à sentir où se trouve le résultat essentiel. Savoir ce qu'il faut négliger est souvent aussi important en science que savoir ce qu'il faut considérer. Et Galilée l'a bien compris puisqu'il innove le concept d'*expérience idéalisée*." Je pense que l'on trouve ici toutes les réponses à la difficulté d'interprétation de l'expérience brute. En se référant à la démarche historique, l'enseignant permet à ses élèves de surmonter la difficulté du protocole expérimental.

L'ouvrage est rempli de tels exemples. J'espère vous avoir donné envie de le lire !

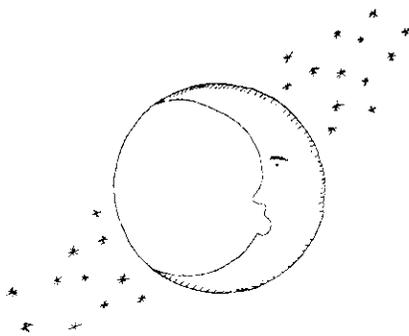
L.G.

CD-ROM sur la radioastronomie et la station de recherche de Nançay.

Le CDDP de Bourges propose pour un prix modique, un CD-ROM présentant la station de recherche en radioastronomie de Nançay et la radioastronomie. Ce CD-ROM a été conçu par deux enseignants, M. Noblet (professeur de sciences physiques au lycée Jean Moulin à Saint-Amand de Monrond et M. Coacolo (professeur de sciences physiques au lycée Victor Hugo à Poitiers) avec l'aide du personnel du centre de recherche de Nançay.

Ce CD-ROM pédagogique propose de découvrir : **les débuts de la radioastronomie aux USA ; la genèse de la station de radioastronomie de Nançay ; l'observation dans le domaine radio ; les grands observatoires mondiaux ; les instruments de Nançay et des renseignements divers** (cartes et plans du site, compléments pour Internet).

Si un enseignant est intéressé par ce CD-ROM il peut soit contacter le CDDP de Bourges (9 rue Edouard Branly, 18000 Bourges. Tel : 02 48 24 54 91 ; FAX : 02 48 24 94 01), soit télécharger le logiciel sur le site de l'académie d'Orléans-Tours : www.ac-orleans-tours.fr/physique/NANCAY/nancy.htm



Un nouvel univers se révèle en X.

Lucette Bottinelli

Lancé en fin juillet 1999 par la navette spatiale Columbia, l'observatoire X Chandra de la NASA tient ses promesses en fournissant depuis août, des images de qualité inégalée sur le détail des processus à haute énergie à l'oeuvre dans les restes de supernovae comme Cassiopée A, la nébuleuse du Crabe, les galaxies explosives comme Centaurus A et les quasars ; pour la première fois le spectre X de la couronne d'une étoile, Capella, a été mesuré.

L'astronomie X

Le rayonnement X correspond à des longueurs d'onde allant de quelques nanomètres (nm) au centième de nm. Si l'on transpose la longueur d'onde λ en énergie E par la relation $E = hc/\lambda$ où h désigne la constante de Planck et c la vitesse de la lumière, cela conduit à des énergies de 10^2 à 10^5 eV (1eV = un électron-volt = $1,6 \times 10^{-19}$ joules). Pour comparaison, les ordres de grandeur des énergies (en eV) correspondant au spectre électromagnétique sont : 10 (ultraviolet), 1 (visible), 10^{-1} (infrarouge), 10^{-4} (millimétrique), 10^{-6} (radio centimétrique). Le domaine X est donc bien celui des grandes énergies.

Le rayonnement X des astres est arrêté par la haute atmosphère de la Terre et son observation ne peut se faire qu'en faisant appel aux moyens spatiaux. Les premières observations en X grâce à des satellites datent des années 1960 avec des détecteurs du type compteur Geiger qui ne pouvaient fournir une image de l'astre émetteur mais seulement une indication de sa direction. Le premier relevé du ciel en X a été réalisé en 1970 par le satellite UHURU, suivi vers la fin des années 1970, par les deux satellites HEAO (High Energy Astronomy Observatory 1 et 2 : ce dernier est connu sous l'appellation "Observatoire Einstein") Pendant ses trois années de fonctionnement celui-ci, grâce à sa sensibilité spectralement améliorée (de l'ordre d'un facteur 1000) par rapport aux précédents télé-

scopes X, a permis de découvrir un nombre énorme de nouvelles sources X. Les satellites X les plus récents, tels ROSAT (ROentgen SATellite réalisé en coopération par les Etats-Unis, la Grande-Bretagne et l'Allemagne) ou le satellite japonais Asuka ont été lancés au début des années 1990.

Les télescopes X reposent sur des techniques spécifiques de focalisation car le rayonnement X n'est pas réfléchi par un miroir ordinaire comme cela est le cas pour le rayonnement de plus grande longueur d'onde. Rappelons que la maille d'un bon réflecteur doit être, au plus, de l'ordre du dixième de la longueur d'onde de la lumière qu'il s'agit de réfléchir. Le rayonnement X lui, traverse le matériau du miroir sauf si son incidence sur le miroir est très rasante. C'est cette propriété qui est utilisée avec un assemblage de miroirs (paraboloïdes et hyperboloïdes emboîtés) concentriques ayant une courbure variable conduisant à faire concentrer le rayonnement X en un foyer. La résolution des télescopes X est de l'ordre de quelques secondes de degrés avec un champ de vue de l'ordre de 1° .

L'observatoire X Chandra

Il s'agit du télescope de la NASA dont l'appellation d'origine, AXAF (Advanced X-ray Astrophysics Facility), a été changée en "Observatoire X Chandra" en hommage au prix Nobel de physique

de 1983, l'astrophysicien Subrahmanyan Chandrasekhar, connu entre autre pour avoir le premier expliqué la structure interne des naines blanches à partir de la théorie du gaz dégénéré d'électrons.

Le lancement de Chandra a été réussi le 23 juillet dernier par la navette spatiale Columbia, après deux faux départs, les 20 et 22 juillet. La mission de l'observatoire est prévue pour une durée de 5 ans, sur une orbite ayant une altitude à l'apogée de 139180 km et au périogée de 9650 km, avec une période orbitale de 64 heures. Cette orbite très elliptique permet à l'observatoire d'être dégagé de l'effet perturbateur des ceintures de radiation de la Terre, pendant 55 heures ; c'est pendant cette durée seulement que sont effectuées les mesures.

L'élément central du télescope est constitué de deux ensembles de 4 miroirs, dont les dimensions (le plus grand des 8 miroirs a un diamètre de 1,20 m et une longueur de 0,90 m) et l'extrême précision de surface conduisent à un pouvoir de résolution angulaire de 0,5 seconde de degré, près de huit fois mieux que ce qui était réalisé jusqu'ici dans le domaine X.

Le télescope est équipé de quatre instruments qui sont le nec plus ultra de la technologie X en fournissant simultanément images et spectres ; il s'agit d'une caméra à haute résolution et d'un ensemble destiné à disperser la lumière X (spectromètre imageur CCD et deux réseaux par transmission pour la spectrographie à haute et à faible énergie). Le télescope Chandra est ainsi capable de détecter des sources X vingt fois plus faibles que ses prédécesseurs et d'effectuer pour la première fois de la spectroscopie précise en X.

Les premières observations réalisées depuis août, après la phase initiale de tests instrumentaux, apportent déjà une première moisson de résultats originaux dont nous donnons ci-après quelques exemples significatifs.

Les restes de supernovae

Le phénomène de supernova (dit de type II) est celui spectaculaire et très énergétique qui se produit dans les phases ultimes de l'évolution des étoiles isolées très massives lorsqu'elles ont épuisé les possibilités de produire

de l'énergie par fusion thermonucléaire, ce qui permettait d'assurer l'équilibre de l'étoile pour résister à l'écroulement gravitationnel. Lorsque cet équilibre est rompu, l'implosion de l'étoile et le développement d'une onde de choc conduisent à la dislocation de l'étoile avec dispersion du matériau stellaire à grande vitesse (quelques dizaines de milliers de km par seconde) et constitution possible d'un résidu stellaire (étoile à neutrons ou trou noir) au centre d'une nébuleuse de gaz brillant en expansion -le reste de supernova-. Une autre voie possible conduisant à la production d'un reste de supernova (supernova de type I) est celle qui marque la fin catastrophique de l'évolution d'une étoile de faible masse (devenue naine blanche) qui fait partie d'un système double avec échange de masse entre les 2 composantes. Il semble que les nébuleuses associées à ces deux types de supernova soient également de morphologie différente : une structure de gaz brillant en anneau associé au type I et une structure irrégulière brillante sur toute la surface de la nébuleuse pour le type II. Ainsi le reste de supernova appelé Cassiopée A (du nom de la radiosource intense détectée dans la nébuleuse) est de type annulaire (avec une émission détectée en radio, en optique et en X) et la nébuleuse du Crabe est du second type (émission répartie sur toute la surface avec la présence d'un pulsar au centre, dont l'émission est détectée en radio, optique, X et gamma).

L'observatoire Chandra a fourni avec précision le détail de l'émission X dans l'anneau de Cassiopée A qui était connue dans ses grandes lignes. Plus intrigant, il a résolu la tache floue centrale décelée par les précédents télescopes X en un entrelacement granuleux avec des filaments de gaz chaud et révélé à proximité une source ponctuelle. S'agit-il de la manifestation du reste de l'étoile à l'origine de la supernova ? des observations à différentes longueurs d'onde en X devraient permettre de préciser s'il s'agit d'une étoile à neutrons ; en outre, à partir d'une position X précise, la recherche d'éventuelles contreparties en optique et en radio sera entreprise.

L'observation de la nébuleuse du Crabe a révélé une structure inconnue

jusqu'alors, sous la forme d'un anneau brillant dans la région centrale de la nébuleuse, couvrant une distance d'une année de lumière autour du pulsar ; par ailleurs le tracé du jet X connu dans sa partie extérieure, a pu être suivi jusqu'à proximité de l'étoile à neutrons. Des observations aussi détaillées ont été obtenues sur les étoiles à neutrons au centre d'autres restes de supernova. Ceci devrait permettre de mieux comprendre les mécanismes de transfert d'énergie de la source centrale (l'étoile à neutrons en rotation) vers la nébuleuse.

Les galaxies actives et les quasars

Ces astres sont une cible de choix pour les observations en X car leurs régions centrales sont le siège d'une énorme production d'énergie et de phénomènes à haute énergie si intenses que l'explication la plus plausible de leur origine réside dans la présence de trous noirs supermassifs dans leur centre. L'observatoire Chandra a cartographié les régions centrales de galaxies telles Centaurus A, où l'on peut suivre le détail du jet principal, celui du contre-jet et leur extension jusqu'au delà de la galaxie ; en plus, une source centrale très brillante en X marque le centre de la galaxie, là où l'on suspecte la présence du trou noir supermassif à l'origine des vitesses relativistes des électrons ; ceux-ci en spiralant dans un champ magnétique très intense, sont à l'origine du rayonnement X, via un processus synchrotron.

Dans le cas de certains quasars, des jets X très étendus ont été révélés alors que des jets avaient été observés seulement en radio (à beaucoup plus faible énergie).

La couronne de Capella

Cette observation a été l'occasion de mesurer précisément le spectre du gaz chaud (dix millions de degrés) constituant la couronne de l'étoile Capella et de montrer les hautes performances qui peuvent maintenant être atteintes en spectroscopie X, donnant accès aux températures et à la composition chimique du gaz émetteur X, pour comprendre les mécanismes à l'origine de cette émission X.

Documents pour les fiches CLEA BELIN

DCB

20 exemplaires
(70 F-65 F)

Transparents animés pour rétroprojecteur

(55 F-50 F)

T1 Le TransSoLuTe
(phases de la lune et éclipses)

T2 Les fuseaux horaires

Filtres colorés

FCR

Six feuilles de filtres colorés
et une feuille de réseaux
(75 F-65 F)

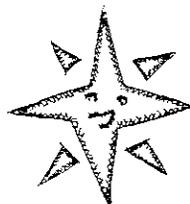
- D1** Phénomènes lumineux
- D2** Les phases de la Lune
- D3** Les astres se lèvent aussi
- D4** Initiation aux constellations
- D5** Rétrogradation de Mars
- D6** Une expérience pour illustrer les saisons
(série de 8 vues 35 F-30 F)
- D7** Taches solaires et rotation du Soleil
- D8** Comètes

DIAPPOSITIVES

Chaque série de 20 vues avec
son livret de commentaires
(65 F-55 F)

Publications du **CLEA**

Pour chaque publication le deuxième prix
est le tarif réduit pour les abonnés
Les prix indiqués le sont port compris



Chèques à l'ordre du CLEA

Les fiches d'activité pédagogiques du CLEA

- HS1** L'astronomie à l'école élémentaire
- HS2** La Lune niveau collège 1
- HS3** Le temps, les constellations, niveau lycée
- HS4** Astronomie en quatrième
(Chaque HS 68 F-48 F)
- HS5** Gravitation et lumière, niveau terminale
(83 F-73 F)
- HS6** L'âge de la Nébuleuse du Crabe
avec 4 diapositives et 12 jeux de deux photographies
niveau lycée
(110 F-100 F)
- HS7** Étude du spectre du Soleil
(58 F-50 F)
- HS8** Étoiles variables (à paraître en 99)
(80 F-70 F)

Numéros hors série des CAHIERS CLAIRAUT
réalisés par le Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA

Cours polycopiés d'astrophysique

(Maîtrise de l'université
Paris XI-Orsay)

P1

Astrophysique générale
(63 F)

P2

Processus de rayonnement
(30 F)

P3

Structure interne
et évolution des étoiles
(35 F)

P4

Astrophysique solaire
(35 F)

CONDITIONS D'ADHÉSION ET D'ABONNEMENT POUR 1999

Cotisation simple au CLEA pour 1999 50 F
Abonnement simple aux **CAHIERS CLAIRAUT** n° 85 à 88 140 F

Abonnement aux **CAHIERS CLAIRAUT**
ET cotisation au CLEA pour 1999 190 F

Contribution de soutien au CLEA (par an) 50 F
Le numéro des Cahiers Clairaut 45 F

Possibilité de cotiser ou de s'abonner pour deux ans en doublant les tarifs précédents

COLLECTIONS DES **CAHIERS CLAIRAUT**

C1 Collection complète du n° 1 au 80 (1 300 F)
C88. C89. Collection 1988 ou 1989 (chaque 90 F)
C90 à C98 (chaque 100 F)

Adresser adhésions,
abonnements ou commandes à

CLEA

Catherine Vignon
21 rue d'Anjou
92 000 Asnières

Chèque à l'ordre du CLEA

FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAÎTRES EN ASTRONOMIE

1- L'observation des astres, le repérage dans l'espace et le temps	43 F
2- Le mouvement des astres	53 F
3- La lumière messagère des astres	58 F
4- Naissance, vie et mort des étoiles	63 F
6- Univers extragalactique et cosmologie	58 F
7- Une étape de la physique, la Relativité restreinte	108 F
8- Moments et problèmes dans l'histoire de l'astronomie	68 F
9- Le système solaire	88 F
10- La Lune	63 F
11- La Terre et le Soleil	78 F
12- Simulation et astronomie sur ordinateur	48 F

Publication du planétarium de Strasbourg

LSO. Catalogue des étoiles les plus brillantes :

toutes les données disponibles du Centre des Données Stellaires de l'Observatoire
de Strasbourg concernant 2 000 étoiles visibles à l'oeil nu (75 F)

Commande à adresser au service librairie du Planétarium de Strasbourg

Directrice de la publication : Lucienne Gouguenheim
Imprimerie Hauguel, 92240 Malakoff

dépot légal : 1^{er} trimestre 1979
numéro d'inscription CPPAP : 61600
Prix au numéro : 45 F