

# Activités scientifiques et technologiques

Une question scientifique

au cœur

du projet pédagogique



© Edmundo Nava-Saucedo

## Une question scientifique au cœur du projet pédagogique

Vouloir enseigner les sciences, parler des grandes questions scientifiques, c'est s'interroger sur le monde, ses origines, voir comment ces questions se transforment au cours du temps par l'acquisition de connaissances continuellement remises en cause, c'est soulever, à travers l'étude précise de phénomènes naturels (le Soleil, la Lune, l'univers, la biologie, le fonctionnement de notre corps...), ces interrogations qui interpellent chacun d'entre nous.

Nous proposons ici deux exemples de méthodologies pour aborder ces questions. Elles conduiront les élèves à confronter leurs propres représentations de l'environnement à des modèles de connaissance validés par référence à des faits, des observations et des résultats issus d'expériences. Ceci permettra à l'enseignant de faire un diagnostic (ce que l'élève sait ou croit savoir...) et d'envisager un traitement (définition réaliste du niveau d'exigence à atteindre...).

Il est important d'avoir des projets ambitieux, de prendre en compte le questionnement des adolescents dans les thèmes que nous leur proposons. L'astrophysique, la biologie, les grands textes, les mythes fondateurs leur sont accessibles, ils se les approprient, s'interrogent et de ce fait progressent plus vite.

Ces projets s'inscrivent naturellement dans une démarche pluridisciplinaire : la question des origines de l'univers, de l'évolution, croise des approches multiples, ce qui donne des projets riches et variés. C'est un atout supplémentaire qui permet à l'élève une participation créative à la construction de son propre savoir. Ce travail est simplement esquissé, des pistes sont proposées, qui peuvent impliquer des collègues d'autres disciplines ou des intervenants extérieurs.

Ce livret propose :

- une méthodologie simple pour aborder l'astronomie avec des élèves :

Prenant l'alternance du jour et de la nuit ou celle des saisons pour point de départ "*Ombres et Soleil*" propose une série de travaux pratiques faciles à mettre en œuvre pour comprendre quelques principes de base de l'astronomie et parvenir, éventuellement, à la construction d'un cadran solaire. Ces activités seront, bien évidemment, l'occasion d'explorer d'autres approches culturelles de l'astronomie et notamment les grands mythes cosmologiques ou l'histoire des calendriers. Elles pourront éventuellement déboucher sur la découverte de la science-fiction, domaine littéraire méconnu des élèves et pourtant relativement abordable.

- un récit d'expérience, menée tout au long d'une année dans une classe :

"*La respiration*" utilise le temps comme ressort, aussi bien le temps de l'élève que le temps historique. Ce thème montre comment un projet peut fédérer un groupe d'élèves quelle que soit la durée de leur séjour en classe relais, si certaines conditions sont respectées : une définition précise du rôle de chacun des intervenants et une organisation rigoureuse du travail dans le temps de présence en classe donnent aux élèves un cadre structuré et sécurisant.

Ce travail peut être également envisagé en collaboration avec une classe de collègue.

# Ombres et Soleil

Dossier réalisé par Arnaud Marsollier animateur à l'AFA (Association Française d'Astronomie)  
(A F A, 17 rue Emile Deutsch-de-la-Meurthe, 75014 Paris)  
[afa@cieletespace.fr](mailto:afa@cieletespace.fr) ; [a.marsollier@cieletespace.fr](mailto:a.marsollier@cieletespace.fr)

## Ombres et Soleil

### *Rahu et Kéthou les mangeurs d'astres*

*Au moment de la création du Monde étaient apparus le Soleil, la Lune et une infinité de merveilles. Les dieux et les démons, il faut bien le dire, étaient un peu perdus dans le chaos qui avait donné lieu à la naissance de toutes les choses. Profitant de la pagaille générale, un démon s'empara de l'élixir d'éternité.*

*La Lune et le Soleil, fraîchement installés de chaque côté du Ciel, furent témoins de sa trahison. Ils coururent en avertir Vishnou, le protecteur du monde. Celui-ci se précipita et trancha le cou du voleur, d'un seul mouvement de son sabre divin. Malheureusement, le démon infâme avait eu le temps d'avalier quelques gouttes du précieux élixir: il était devenu immortel.*

*Sa tête, qui vivait toujours bien que séparée de son corps, fut baptisée Rahu, et son corps sans tête fut nommé Kéthou. Tous les deux étaient immortels et vouaient une haine sans limite à la Lune et au Soleil, qui les avaient dénoncés. Aussi, à chaque fois qu'ils réussissaient à surprendre la Lune ou le Soleil, Rahu et Kéthou se jetaient-ils sur leur victime et la grignotaient - d'abord petit à petit, avant de l'engloutir tout entière. Pas étonnant si en certaines occasions la Lune se teinte de rouge sang !*

*Heureusement le repas des monstres est de courte durée. Lorsque Rahu, la tête sans corps, dévore ses victimes, celles-ci ressortent par sa gorge tranchée: c'est la fin de l'éclipse. Sa sauvagerie compense l'impuissance de Kéthou, sa sinistre moitié, qui n'a ni bouche ni dents...*

*Pendant ce temps, sur Terre, les hommes sont inquiets du sort réservé à leurs astres préférés et se font un devoir de les défendre. Et même s'ils ne repèrent Rahu et Kéthou qu'au moment où ils entament leur sinistre repas, ils tentent de les effrayer en faisant le plus de bruit possible, en frappant sur des tambours ou de puissants gongs.*

*Et on dirait bien que ça marche : après chaque éclipse, les astres réapparaissent, aussi magnifiques qu'avant...*

**Conte indien**

## Introduction

Un des grands thèmes fédérateurs pour aborder les sciences de manière attractive est l'astronomie.

En effet, d'une simple contemplation du ciel à la compréhension de l'histoire de l'Univers en passant par les légendes les plus extraordinaires, nul ne reste insensible à ce que lui raconte le ciel. Parce qu'il comporte les plus profondes interrogations de l'homme, parce que la nuit impose un autre rapport à son environnement et aux êtres, parce que l'astronomie est la plus ancienne des sciences, elle permet à chacun de mieux s'appropriier le monde. Un jeune de classe relais, plus que tout autre sans doute, a besoin de ces points de repère.

Pour l'éducateur, l'astronomie présente également l'énorme avantage de travailler de manière transversale car au-delà de l'aspect scientifique, elle ouvre facilement sur de nombreux domaines historiques et culturels.

Démarrer des activités autour du thème de l'astronomie peut paraître parfois difficile, surtout s'il s'agit d'organiser une observation de nuit.

Il est pourtant un astre omniprésent, qui a fasciné les peuples depuis les origines : le Soleil. Sa forte présence permet de réaliser au travers d'observations, d'expériences simples, une première approche des sciences de l'Univers.

Nous proposons donc ici des activités liées au Soleil, dont l'objectif final est de réaliser un cadran solaire. Cette réalisation ne peut être considérée comme une fin en soi, c'est pourquoi nous recommandons de proposer des activités préalables sans lesquelles il ne sera pas possible de répondre au "Comment ça marche ?". Ces activités font largement appel à la démarche décrite dans le livret "*Une démarche expérimentale*", ainsi qu'à l'observation, fondement même de toute activité astronomique. Chacune peut être prise indépendamment sans nécessairement conduire à la réalisation du cadran. Elles permettront de nourrir la réflexion des élèves et de traiter de questions scientifiques ouvrant sur d'autres domaines. Cela donnera du corps au projet et entretiendra l'intérêt des jeunes.

Le travail réalisé pourra, par exemple déboucher sur un projet culturel plus global et permettra de traiter d'histoire ou de mathématiques, de géographie ou de science fiction... En effet, qu'en est-il d'Eratosthène qui a mesuré le diamètre de la Terre trois siècles avant Jésus Christ en comparant l'ombre d'un même piquet à Syène et à Alexandrie ?

Qu'en est-il d'architectures très anciennes comme celle de Stonehenge en Grande Bretagne, celle des Egyptiens ou encore celle des Incas en Amérique du Sud ?

Les quelques pistes de travail citées ci-dessous ont pour objet de susciter l'intérêt et d'éveiller des idées de projets transversaux (la liste n'est, bien sûr, pas exhaustive tant le sujet est vaste).

- Le Soleil se déplace dans le ciel
- Soleil et Système Solaire
- Observer le Soleil (**attention : ne jamais observer le Soleil de manière directe, que ce soit avec ou sans instrument**)
- Le Soleil et les rythmes
  - Le jour / La nuit
  - Les saisons
  - Les éclipses
  - Les phases de la Lune
  - Ombres et Soleil - les cadrans solaires
- Le Soleil et l'énergie : construire un four solaire
- Orientation : lier astronomie et géographie
- Le Soleil, la lumière et les couleurs
- Le Soleil et la vie
- Soleil, histoire et civilisations
- Soleil et architecture - les volumes et la lumière, jeux de perspective
- Science-fiction : une planète à deux soleils...
- Théâtre : les aventures écrites par Cyrano de Bergerac

## 1. Jouer avec les ombres

**Objectif de la séquence** : susciter le questionnement et formaliser le principe des ombres par une démarche expérimentale et ludique. On peut partir de la question suivante : "de quoi dépend l'ombre d'un objet ?". Il s'agit donc de mettre en évidence qu'elle dépend de la forme et de la taille de l'objet, mais également de sa position par rapport à la source lumineuse.

**Liens possibles** : mathématiques, arts plastiques, écriture...

**Expérimentation** : cette séquence, au carrefour des mathématiques et de la physique consiste en un travail d'identification des ombres de différents volumes simples (sphère, cône, cylindre, cube...) en modifiant la position de la source de lumière (projecteur de diapositives par exemple...).

Comme dans toute démarche expérimentale, il est nécessaire d'isoler des paramètres : on commence par modifier la taille de l'objet éclairé, puis la position de la source lumineuse par rapport à l'objet... A partir d'une question simple (par exemple : quelles sont les formes possibles de l'ombre d'un cube ?), la manipulation et l'observation conduiront à la formulation d'hypothèses et à leur vérification.

**Autres approches** : parallèlement à cette séquence purement expérimentale, il peut être utile d'effectuer un travail d'un autre type sur les ombres.

Il est possible, par exemple, de réaliser avec les élèves une œuvre monumentale : ils dessinent au sol leur propre ombre en couleur dans une cour, à différentes heures de la journée, en différents lieux... On peut aussi jouer avec les ombres de nuit, en se déplaçant au pied d'un réverbère. En classe, cela peut également se faire en réalisant une maquette sur laquelle on déplacera un petit personnage.

Un outil privilégié : le théâtre d'ombres.

Le travail d'écriture du scénario, la conception des personnages et des objets destinés à être projetés vont ainsi mêler des travaux faisant appel à l'imaginaire (écriture, arts plastiques ...) et des questions directement liées aux ombres elles-mêmes : Comment faire pour qu'un avion qui décolle donne l'illusion qu'il s'éloigne en rapetissant ? Comment faire en sorte que tel monstre marin devienne soudainement énorme pour engloutir un bateau tout entier ?

On retrouve ainsi les liens avec la mythologie, les contes et les légendes.

**Exploitations scientifiques :**

### 1. En astronomie

Toutes ces observations et modélisations s'avéreront utiles si l'on souhaite ensuite aborder de façon plus approfondie des phénomènes tels que "jour/nuit", "les phases de la Lune" ou encore "les saisons". Elles permettront, comme on va le constater dans les activités ultérieures, de savoir où se trouve précisément notre Soleil...

### 2. Dans d'autres sciences

Le travail sur les ombres peut aboutir également à des exploitations en mathématiques, particulièrement en géométrie et trigonométrie.

Comment mesurer, par exemple, la hauteur du réverbère à partir de l'ombre de mon personnage ? Ces activités vont ainsi rappeler Thalès ou Pythagore du royaume des ombres...

## 2. Où se trouve le Soleil ?

**Objectifs :** Repérer la position du Soleil  
S'orienter à l'aide du Soleil  
Mettre en relation la position du Soleil avec les ombres qu'il produit.

**Liens possibles :** géographie (plan, orientation, calendriers, saisons), sport (course d'orientation), technologie (réalisation d'instruments).

**Observation :** il est préférable d'observer le Soleil l'hiver. A ce moment-là en effet, le Soleil se lève tard et se couche tôt, il est donc plus aisé de se lancer dans un relevé de positions de notre astre à ces moments précis (**attention : il ne faut pas observer le Soleil de manière directe, même au lever et au coucher du Soleil**).

On pourra partir d'une question simple : "Où se trouve le Soleil ?"

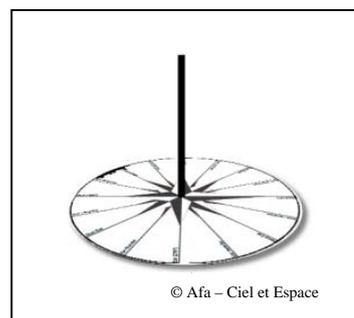
Pour tous ceux qui ont appris à l'école que le Soleil se lève à l'Est et se couche à l'Ouest, l'observation du déplacement du Soleil dans le ciel conduit à constater qu'il n'en est presque jamais ainsi ! Cela n'arrive que deux fois dans l'année, le jour des équinoxes précisément.

La question mérite donc d'être posée, et il est nécessaire de s'en convaincre.

Pour ce faire, munissez-vous d'une boussole et d'une rose des vents (ou mieux, faites-en réaliser une aux jeunes). Commencez par orienter la rose des vents à l'aide de la boussole puis plantez un bâton au milieu de la rose des vents.

L'ombre du bâton indique en permanence l'opposé de la direction du Soleil. Ainsi, à midi (heure solaire), on a l'ombre du piquet orientée vers le Nord. Le Soleil se trouve à cet instant plein Sud.

Attention, on distinguera bien l'heure solaire de l'heure légale. En France métropolitaine, pour obtenir l'heure solaire il faut retirer 2 heures à l'heure légale en été, et 1 heure en hiver. De plus, un léger décalage peut être perceptible en fonction de la longitude du lieu et de la saison... et il sera plus sensible à Brest ou à Strasbourg qu'à Paris.



Les élèves pourront reporter les observations effectuées sur une fresque représentant l'horizon, sur laquelle on aura préalablement pris soin d'indiquer les points cardinaux. Ils auront figuré tel immeuble, ou la pointe de tel arbre qui se trouve, par exemple, au sud-est.

Cette opération demande à être réitérée plusieurs jours de suite, voire plusieurs semaines si l'on peut. On notera alors que non seulement le Soleil ne se lève pas chaque jour au même endroit, mais qu'en plus, il ne se lève pas à la même heure.

La question qui se pose alors est : Pourquoi le Soleil ne se lève-t-il jamais au même endroit ? Cela ouvre sur un pan complet de l'astronomie : l'explication des saisons.

**Exploitations possibles :**

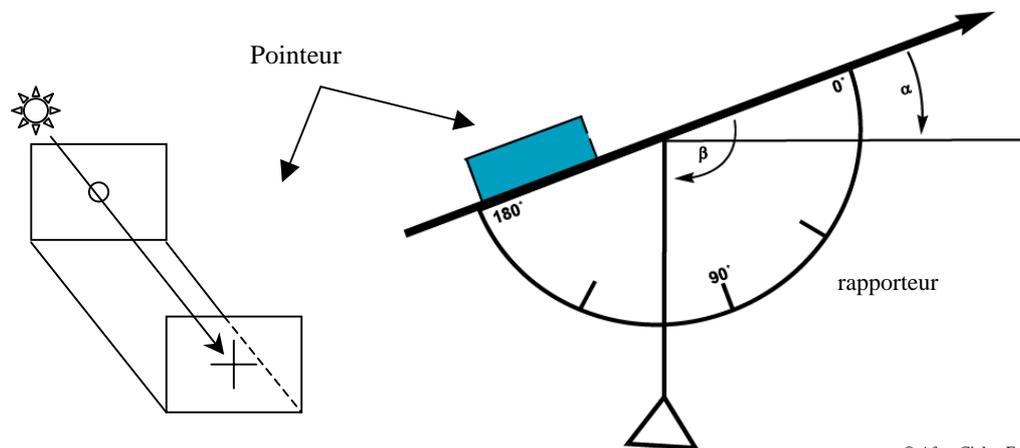
1. En astronomie : la durée des jours, l'explication des saisons,
2. Les calendriers et leur histoire (calendriers solaires, lunaires, détermination des fêtes religieuses...),
3. Réalisation d'instruments de mesure (fiche suivante),
4. Le rapport à la géographie est évident : longitudes, latitudes, le globe terrestre... Qu'est-ce qu'un plan ? Comment l'orienter ?

### 3. A quelle "hauteur" se trouve le Soleil ?

**Objectifs :** Réaliser un instrument simple de mesure de la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon.  
Mesurer la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon et repérer sa variation en fonction des saisons.

**Liens possibles :** technologie pour la réalisation, mathématiques, histoire de l'instrumentation et de la navigation (astrolabes...), géographie.

Nous avons déjà vu comment il était possible de déterminer la direction du Soleil. Cette direction est appelée l'azimut. Pour localiser précisément la position du Soleil dans le ciel, il nous faut également pouvoir déterminer sa "hauteur". Pour cela, on peut construire un outil simple, à l'aide d'un rapporteur et d'un fil à plomb. Au préalable, il sera nécessaire de préciser que la hauteur d'un astre par rapport à l'horizon ne peut s'exprimer que par un angle.



© Afa – Ciel et Espace

**Attention :** comme on ne peut pas observer le Soleil directement, il faut concevoir un instrument permettant de "pointer" la direction du Soleil :

Deux morceaux de carton sont placés perpendiculairement au montant de l'instrument. Le premier est percé d'un petit trou, tandis que le deuxième est marqué d'une croix. L'instrument est alors aligné dans la direction du Soleil lorsque le point lumineux vient se superposer sur la croix.

L'angle que l'on peut lire est indiqué par le fil à plomb, il mesure l'angle  $\beta$  entre la verticale et la direction du Soleil. Pour obtenir la hauteur du Soleil ( $\alpha$ ) en degrés, il faut retirer  $90^\circ$  à cet angle :  $\alpha = \beta - 90^\circ$

La hauteur du Soleil est surtout intéressante aux alentours de midi car le Soleil est alors au sommet de sa course dans le ciel. En effet, à partir de midi, il commence à redescendre. On remarquera sur des périodes assez longues (une mesure par semaine par exemple), que plus on va vers l'été, et plus le Soleil est haut dans le ciel. On mettra en corrélation cette remarque avec les changements d'heure et de position des levers et des couchers du Soleil. Plus il est haut (en été donc), plus il a de chemin à parcourir pour rejoindre l'horizon, et plus il lui faut de temps pour venir se "coucher".

***Exploitations possibles :***

**1.** En astronomie, détermination de la latitude : ce type d'outil peut servir à mesurer la hauteur de bien d'autres astres ; en particulier celle de l'étoile polaire (comme le firent de nombreux navigateurs) indique la latitude du lieu. En effet, c'est parce qu'elle indique le Nord et qu'elle "ne bouge pas" que l'étoile polaire peut servir de point de repère. On en voit tout l'intérêt pour un navigateur...

**2.** En mathématiques : les angles, les relations dans un triangle, Pythagore, Thalès, la trigonométrie...

Il existe en effet d'autres solutions pour mesurer la hauteur du Soleil. On peut par exemple mesurer la taille de l'ombre d'un piquet (cf. activité 2) et en déduire l'angle  $\alpha$ , à l'aide de la trigonométrie (connaissant la hauteur du bâton).

**3.** Histoire de l'instrumentation et de la navigation : les astrolabes, les grands navigateurs, le problème de détermination des longitudes et ses enjeux historiques, l'histoire du chronomètre...

## 4. Le mouvement apparent du Soleil : pourquoi ?

**Objectifs :** Comprendre les mouvements apparents du Soleil.  
Confronter les observations effectuées avec ces mouvements.

**Liens possibles :** Sciences de la Vie et de la Terre (saisons), étude du Système Solaire (durée d'une année sur Jupiter), technologie et arts plastiques (réalisation de maquettes...), science-fiction (imaginer un monde éclairé par deux soleils !...).

**Expérimentation :** Commencez encore une fois par une question simple : "qu'est-ce que le Jour ? qu'est-ce que la Nuit ?". Après avoir fait émerger les représentations des élèves, émis des hypothèses, place à la manipulation.

Utilisez une source lumineuse puissante, et un globe et enfermez-vous dans une grande salle sombre. Tentez avec les jeunes d'exploiter les phénomènes observés en les confrontant à ce modèle simple. Vous voici une nouvelle fois face à la démarche expérimentale. Manipulez pour mettre en évidence la zone de nuit, la zone de jour et les zones de lever et de coucher du Soleil. Le Soleil se "lève" à l'Est et se "couche" à l'Ouest en moyenne. Ne parle-t-on pas du pays du Soleil levant ? Cet indice permet de répondre à une nouvelle question : "Dans quel sens la Terre tourne-t-elle sur elle-même ?" La manipulation, à nouveau, montre que vue du dessus, elle tourne dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.

Ainsi, chaque question devra trouver sa réponse dans la manipulation.

Pourquoi observons-nous le Soleil au Sud lorsque l'observation a lieu depuis la France métropolitaine ?...

Pourquoi le Soleil monte-t-il moins haut dans le ciel en hiver qu'en été ?...

Et voici en trois lignes, le résumé de tout ce qu'il faut savoir :

*La Terre tourne sur elle-même en une journée.  
Elle est inclinée sur son axe.  
La Terre tourne autour du Soleil en un an.*

Il convient dans ces manipulations de ne pas tout mélanger. Prenez des questions simples au début et surtout traitez-les une par une. En effet, si le mouvement quotidien du Soleil est dû à la rotation de la Terre sur elle-même, le petit décalage des levers et couchers qui s'opèrent chaque jour, est pour sa part dû à la révolution de la Terre autour du Soleil. Sans doute est-il préférable de traiter ces questions séparément afin de ne pas jeter la confusion dans les esprits.

Il est important pour répondre à ces questions de toujours se placer dans une position d'observateur terrestre pour que chacun voie ce qui se passe, plutôt qu'extérieur à la modélisation ce qui demande des efforts assez considérables d'abstraction et une bonne maîtrise de l'espace en trois dimensions. Placez donc un petit personnage sur le globe terrestre : c'est toujours lui qui doit parler.

Pour ce qui nous occupe (le cadran solaire), c'est surtout le premier mouvement qui nous importe. C'est parce que le Soleil se lève et se couche inlassablement, parce que la Terre tourne donc sur elle-même, que nous allons pouvoir mesurer le temps...

### ***Exploitations possibles :***

Il va sans dire que ces manipulations ont plutôt trait à l'astronomie et à la compréhension de notre environnement et des rythmes qui ponctuent notre vie.

#### **1. Technologie, arts plastiques, activités manuelles :**

Si l'astronomie s'attache à décrire les mouvements qui régissent les astres, la réalisation de maquettes pourra nous permettre de mieux représenter les choses.

#### **2. Histoire de l'instrumentation et des sciences :**

Copernic, Tycho Brahé, Galilée ont remis en question en leur temps la conception de l'Univers. Les sphères armillaires<sup>1</sup> permettent de répondre à beaucoup de questions évoquées plus haut. Elles ont évolué au rythme de ces différentes conceptions du Système Solaire.

---

<sup>1</sup> La sphère armillaire est un globe formé d'anneaux ou de cercles représentant le ciel et les astres, selon l'ancienne astronomie.

## 5. Comment mesurer le temps ?

### 1. Expérimenter le gnomon

L'expérience consiste à placer un bâton vertical dans un lieu dégagé et à l'y laisser très longtemps afin de pouvoir y revenir souvent. Il s'agit du même principe que lorsque nous voulions simplement décrire la trajectoire du Soleil. Veiller à ce que le sol qui sert à relever les positions soit bien horizontal.

Pour démarrer, le relevé de la position de l'ombre de ce bâton au long d'une journée suffit (toutes les heures par exemple). Il faut noter soigneusement ces positions et tirer dès ce premier jour le maximum de renseignements de l'expérience.

1. La longueur de l'ombre varie au cours de la journée : qu'est-ce que cela signifie ?
2. L'ombre se déplace. Pourquoi ?
3. L'angle formé entre deux relevés séparés d'une heure est-il régulier ?
4. On note qu'à midi (heure solaire), l'ombre portée indique le Nord ! En utilisant la rose des vents que l'on peut reporter au sol, quelles sont les positions du Soleil à différentes heures de la journée ?
5. Quelle est la forme de la courbe réalisée par l'ombre de la pointe du bâton au cours de la journée ?

L'expérience mérite d'être reconduite une ou deux semaines plus tard. Ce qu'on aurait pu estimer être un cadran solaire fiable ne l'est pas !... Pourquoi ?

Tentons d'expliquer la chose : le fait d'utiliser un style vertical revient à projeter le mouvement apparent du soleil sur une surface oblique, or toute projection sur une surface oblique est déformante. Dans la réalité, chaque tranche d'une heure n'aura pas la même largeur sur le cadran selon l'heure et la saison.

En France, ce décalage est assez important pour rendre complètement absurde la lecture des heures avant dix heures et après seize heures. Il n'y a qu'autour de midi que cette lecture ressemble à peu près à quelque chose.

Une manipulation du globe terrestre peut s'avérer intéressante à ce stade de l'expérience. Sur ce globe, piquez donc des allumettes, un peu partout dans l'hémisphère Nord, du pôle à l'équateur, et ce faisant, assurez-vous que toutes les allumettes sont bien à la verticale du lieu où elles sont plantées.



© Afa - Ciel et Espace

Eclairez le globe et notez les ombres de vos gnomons, la conclusion s'impose d'elle-même :

Première remarque : certaines ombres sont plus courtes que d'autres.

Faites ensuite tourner le globe sur lui-même, par tranches de 15 degrés (la Terre tourne sur elle-même de 15° par heure), puis notez soigneusement les ombres à nouveau.

Au final, vous obtiendrez des "cadrans solaires" de forme différente dans chaque lieu.

Ce n'est pas tout, la Terre tourne aussi autour du Soleil... Et c'est là que rien ne va plus. Déplacez un peu votre globe dans sa position par rapport au Soleil, et recommencez la même opération. On perçoit tout de suite que nos nouveaux cadrans ne sont pas du tout identiques aux précédents ...

Si notre gnomon rend bien compte du déplacement de notre Soleil sur une journée et peut permettre de rendre compte de ce déplacement dans le ciel, il n'est néanmoins pas suffisant pour mesurer l'heure tout au long de l'année, **car il n'est pas régulier dans le temps**. Il faudrait alors un instrument par jour de l'année pour pouvoir donner l'heure !

## 5. Comment mesurer le temps ? (suite)

### 2. Vers la réalisation d'un cadran "qui marche"

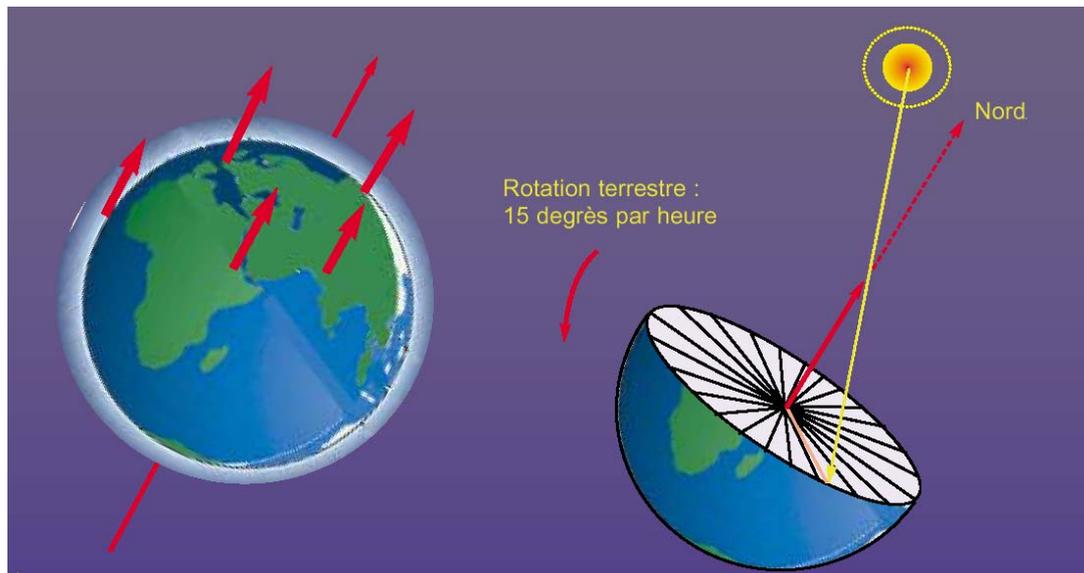
La question qui nous reste à résoudre est donc de trouver un système grâce auquel les gnomons pourraient indiquer la bonne heure d'un jour sur l'autre. Pour cela, on recherche la bonne orientation du gnomon...

Interrogez les jeunes pour qu'ils proposent des solutions à partir de la modélisation précédente et poursuivez les expériences avec le globe et les allumettes en testant la validité des solutions envisagées. Si rien ne vient, proposez d'orienter les allumettes vers le Nord, c'est-à-dire en direction d'une étoile polaire que l'on pourra d'ailleurs matérialiser à l'extrémité de la salle.

Ainsi, toutes les allumettes sont parallèles à l'axe des pôles et donc parallèles entre elles. Bien entendu, certaines seront bien piquées perpendiculairement au sol, d'autres plus ou moins inclinées, d'autres enfin presque couchées sur le globe. C'est ainsi que seraient orientées toutes les aiguilles de cadrans que vous seriez amenés à planter "pour de vrai" à ces différentes latitudes. Pour être parallèle à l'axe des pôles, un bâton norvégien serait presque vertical, un bâton sénégalais presque couché par terre.

De façon chiffrée, l'angle entre le bâton et le sol est égal à la latitude du lieu !

La conclusion s'impose d'elle-même... Le schéma suivant devrait vous éclairer. Imaginez la Terre comme un énorme cadran solaire. Le déplacement du Soleil étant dû à la rotation de la Terre sur elle-même, en rendant notre gnomon parallèle à l'axe, nous rendons régulier (15 degrés par heure), le déplacement de son ombre !



© Afa - Ciel et Espace

Une fois bien convaincus que l'orientation du gnomon (que nous appellerons désormais le style), est essentielle, vérifiez votre latitude (au degré près, ou même mieux), et vous connaîtrez l'angle qu'il vous faudra donner à l'aiguille de votre cadran par rapport à

l'horizontale. La latitude du lieu peut aussi être obtenue en mesurant la hauteur de l'étoile polaire à l'aide de l'instrument défini plus haut. Évidemment, cela devra se faire de nuit.

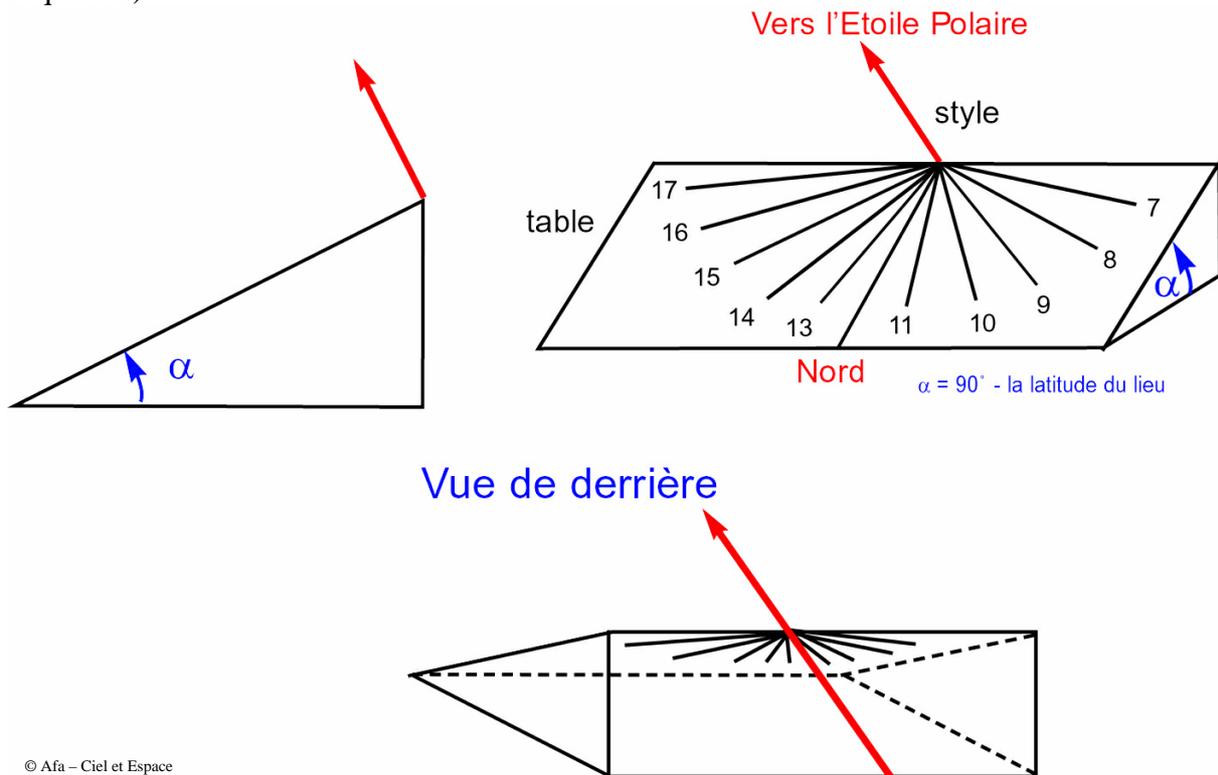
Le style du cadran, s'il veut s'orienter vers l'étoile polaire, devra suivre le méridien (ligne Nord-Sud) que vous aurez, au préalable, soigneusement repéré grâce à l'ombre de votre gnomon à midi (heure solaire), ou encore à l'aide d'une boussole.

Maintenant, il ne vous reste plus qu'à vous procurer tous les matériaux possibles pouvant servir à la construction du cadran : bois, colle, outils, rayons de vélo, peinture, instruments de mesure des longueurs et des angles, fil à plomb...

## 5. Comment mesurer le temps ? (fin)

### 3. Construction d'un cadran équatorial

C'est sans doute le plus simple à comprendre au vu du schéma précédemment présenté. Comme son nom l'indique, ce cadran a quelque chose à voir avec l'équateur. Il possède en effet une table parallèle à l'équateur terrestre. Dans ce cas, le style est toujours perpendiculaire à la table (puisqu'il indique le pôle !). Ce cadran est constitué de deux plans de bois, l'un horizontal, posé au sol, l'autre incliné d'un angle égal à la latitude du lieu. Au pôle, cas toujours extrême, les deux plans sont confondus (le plan tangent au sol est parallèle au plan de l'équateur).



© Afa – Ciel et Espace

A Bourges (latitude  $47^\circ$ ), la table dite équatoriale du cadran fait avec le plan horizontal un angle de 43 degrés. Le style, s'il est rigoureusement perpendiculaire au plan équatorial, indiquera de lui-même l'étoile polaire si l'axe du cadran est bien sur le méridien. Mais ce style sera obligatoirement une aiguille et non un secteur en bois. En effet, il devra traverser le plan équatorial, pour rejoindre au sol, le plan horizontal. Pourquoi ?

Notre cadran est parallèle à l'équateur céleste ! Le soleil éclairera donc sa face supérieure pendant la moitié de l'année, sa face inférieure pendant l'autre moitié ! Il faut par conséquent que le style porte une ombre sur les deux faces, et qu'il traverse la table équatoriale jusqu'au plan horizontal.

Ainsi, au cours de l'hiver, vous aurez la joie de voir le soleil éclairer la face inférieure de la table, sur laquelle vous lirez les heures, l'ombre de midi étant de plus en plus courte comme il se doit. Au 21 mars, le trajet du soleil dans le ciel (mouvement diurne) est confondu avec la table. Dès le lendemain, il éclaire la face supérieure.

Cela évidemment, si votre cadran équatorial ne souffre d'aucun vice de construction, si minime soit-il. Pour éviter ces vices, construisez grand, les défauts étant principalement dus à la difficulté de mesurer des angles sur une surface trop petite. Et pensez à tout ce qui doit être exact : horizontalité du sol, angle d'inclinaison du cadran, orthogonalité du style, orientation du cadran dans le plan méridien, rigidité des matériaux, rectitude du style.

Le fin du fin reste tout de même un cadran équatorial transparent et réglable, dont la table puisse être abaissée ou relevée selon la latitude !

Si vous souhaitez aller plus loin dans la découverte des cadrans, nous vous invitons à visiter le site de François Blateyron ([www.cadrans-solaires.org](http://www.cadrans-solaires.org)) très intéressant, sur lequel vous pourrez même télécharger un programme dessinant de nombreux cadrans plus curieux les uns que les autres. Vous pouvez aussi aller voir la rubrique "Comment lire l'heure avec un cadran solaire", car cela pose un certain nombre de problèmes un peu plus délicats, auxquels vous serez peut-être confrontés. Vous constaterez en effet que jamais votre cadran n'indique précisément l'heure de la montre !



© Jean-Michel Ansel : cadran horizontal. Ici, ce n'est pas le plan du cadran qui est incliné mais seulement le style. Paris parc André Citroën



© Jean-Michel Ansel : le même cadran solaire sous un angle estival. Paris parc André Citroën

## Éléments de bibliographie

### Système solaire

S. Brunier - **Voyage dans le système solaire** - Paris, Bordas, 2000

*Pour découvrir une à une toutes les planètes du système solaire, leurs satellites, leur histoire mouvementée et se rendre compte de leur infinie diversité.*

A. Cirou et L. Haddad - **Soleil Noir** - Paris, Seuil/AFA, 1999

*Tout ce que vous voulez savoir sur les éclipses de Lune et de Soleil : observation, photographie, protection...*

F. Lang - **Le Soleil et ses relations avec la Terre** - Springer-Verlag, 1997

*"Traité joliment illustré de physique solaire" qui ne perd jamais de vue les liens si particuliers qui unissent le Soleil et la Terre : orages magnétiques et aurores, déplétion de l'ozone, grands cycles glaciaires... avec une étude approfondie de l'astre lui-même.*

J. Villain - **A la conquête de la Lune** - Larousse/SEP, 1998

*Pour tout connaître de la compétition qu'américains et soviétiques se livrèrent durant trente ans (1945-1975) pour la suprématie spatiale. Une compilation foisonnante d'anecdotes que l'on ne pourra guère prendre en défaut.*

### Observations pratiques

G. Cannat - **Le Guide du Ciel** - Paris, Nathan

*Le guide de vos nuits ! Il vous indique tous les rendez-vous célestes à ne pas manquer, vous donne une foule d'adresses utiles, vous aide dans le choix d'un instrument... Remis à jour tous les ans.*

P. Henarejos - **Le Guide d'observation du Ciel** - Sélection du Reader's Digest, 1998

*Pour connaître le ciel et s'y repérer. Texte à la portée du néophyte, photographies parmi les plus récentes.*

J. Lacroux et C. Legrand - **Découvrir la Lune** - Paris, Bordas, 2000

*Il donne aux néophytes tous les atouts pour éviter la déception dès leurs premières explorations des cratères lunaires.*

C. Lehénaff - **Observer le Système solaire** - Vannes, éd. Hervé Burillier, 2000

*On vous a offert pour votre anniversaire une lunette astronomique ou un télescope, et vous n'avez pas la moindre idée de la façon de l'utiliser... Ne cherchez plus ! Avec ce petit livre sans prétention, l'auteur répond à toutes vos interrogations et guide vos premiers pas.*

D. H. Lévy - **Guide de l'astronomie** - Sélection du Reader's Digest, 1995

*Livre généraliste pour en savoir plus, pour comprendre et découvrir le ciel avec de bons conseils pratiques.*

A. Rühl - **Constellations et planètes** - éd. Gründ, 1988

*Livre généraliste accessible à tous. Très bon ouvrage de terrain avec une grande richesse de cartes détaillées du ciel.*

## Mythes et contes

### **Les Mythes** - Paris, Seuil, coll. Inédits Points sagesse

*Principaux mythes, celtiques, nordiques, aztèques, grecs, romains... rédigés par un spécialiste d'histoire ancienne, s'ouvrant toujours par une longue introduction commentée.*

### **R. Carde - Constellations et légendes mythologiques** - éd. Lacour, 1999

*Après quelques années d'attente, voici la suite des contes et légendes attachées aux constellations. Dans ce troisième volet, l'auteur nous conte des histoires venant du monde entier. Avant chaque récit, il dresse le portrait de la constellation, cite ses plus belles étoiles et la liste des objets à y observer.*

### **C. Cendre et C. Montoriol - Sinon, ça ne veut plus rien dire** - éd. Thierry Magnier, 1998

*Un conte poétique et drôle où le fils du Soleil descend faire des courses sur Terre avec la Lune. Mais la Lune l'oublie...*

### **Eratosthène - Le Ciel, mythes et histoire des constellations** - éd. Nil, coll. Le cabinet des curiosités, 1998

*Version abrégée des Catastérismes d'Eratosthène commentée par deux astrophysiciens. Voici l'occasion de revisiter le ciel des Grecs, de vérifier la constance du symbolisme de certaines constellations dans les différentes cultures antiques, de s'abreuver de mythes et de légendes.*

\* \* \* \* \*

## Livres pour enfants

*Certains ouvrages cités ci-dessous concernent parfois une tranche d'âge inférieure à celle des élèves accueillis en classe relais. Cependant, pour faire ses premiers pas en astronomie, ils nous semblent tout à fait appropriés aux adolescents et aux adultes qui les encadrent.*

### **L'Univers** - Larousse, Encyclopédie des jeunes, 1997

*Une double page par thème, un texte clair et précis, un visuel attractif qui privilégie la photographie. Dans les dernières pages, dates et personnages importants.*

### **H. Couper et N. Henbert - Atlas jeunesse du ciel et de l'espace** - Paris, Seuil, 1993

*Très grand format pour les jeunes déjà initiés. Beaucoup d'informations à découvrir entre les photos et les schémas sur les planètes, le voyage dans l'espace, les constellations.*

### **R. Kerrod - Atlas du ciel et de l'espace** - Paris, Casterman, 1993

*Texte simple avec des compléments dans des cadres. Voyage à travers l'espace accompagné de nombreuses photos et des cartes des constellations des deux hémisphères avec un peu de mythologie.*

### **Le Ciel par dessus nos têtes** - Gallimard Jeunesse, coll. Les racines du savoir, 2000

*Un livre à compléter en recherchant la place des autocollants, à manipuler pour découvrir l'espace, les dernières découvertes et les grands moments. Egalement des lunettes pour voir le ciel en relief.*

### **Etoiles et planètes** - Nathan, coll. Les clés de la connaissance, 1996

*Pour une première approche - des astronomes célèbres à la vie des étoiles en passant par les éclipses. Texte clair avec de nombreuses photos et dessins.*

### **Qu'est-ce qu'une éclipse ?** - Les grandes questions des Kikekoi, Hachette Jeunesse, 2000

*Petit livre expliquant sans accroc un certain nombre de "vérités" célestes.*

**Une mission très spatiale / Les planètes** - PEMF, 2000

*Suivant le principe de la collection, l'ouvrage se divise en deux parties : une petite histoire où les héros parcourent le Système solaire et des documents - dans le cas présent, des photographies des planètes, accompagnées de fiches explicatives structurées en deux niveaux de lecture.*

**R. Giraud - Les Planètes visitées** - Flammarion, coll. Castor Doc, 2002

*Tour du système solaire décrivant les particularités de chaque corps, agrémenté de clichés envoyés par les sondes. Se lit comme un roman.*

**C. et J.M. Masson - Copain du Ciel** - éd. Milan, Toulouse, 1999

*Complice, drôle, truffé d'anecdotes historiques et mythologiques, précis, richement illustré, ce Copain-là est parfait pour accompagner les premiers pas de vos enfants (et les vôtres) dans le ciel.*

**C. Oxlade - L'Univers, voyage dans l'infiniment grand** - Nathan, coll. Miroirs de la connaissance, 1997

*Pour faire comprendre des phénomènes scientifiques complexes tout en s'amusant : volets à ouvrir, languettes à tirer, nombreux rodoïdes pour voir apparaître les phases de la Lune, l'intérieur de la Terre...*

**P. Sis - Le Messager des étoiles** - Paris, Grasset Jeunesse, 1996

*Quand un auteur illustrateur met en scène la vie et l'œuvre de Galilée. Une succession de tableaux délicats et enchanteurs.*

**Explore ta planète** - Les Petits Débrouillards, CD ROM Montparnasse Multimédia

*Ce CD ROM destiné aux 6-9 ans, présente de façon claire et didactique, des informations très générales sur la Terre.*

## Ressources pour mener des projets en astronomie

### Association Française d'Astronomie - Ciel et Espace

17 rue Emile Deutsh de la Meurthe 75014 Paris - tél. : 01.45.89.81.44  
[afa@cieletespace.fr](mailto:afa@cieletespace.fr) ; [www.cieletespace.fr](http://www.cieletespace.fr) ; 36 15 Big bang

Pour diffuser largement le savoir lié aux sciences de l'Univers, l'Afa imagine et développe une grande variété d'actions qui mobilisent un public de plus en plus large. Elle confirme ainsi son credo : l'astronomie doit être un loisir. Pour le partage des connaissances, pour l'accès de tous à l'information, à la culture, aux sciences.

La Nuit des étoiles, Eclipseinfo 99, Stations de nuit, Ciel des quartiers... Association loi de 1901 née en 1947, l'Afa, est à l'origine de toutes les opérations de mobilisation et de sensibilisation liées à l'astronomie. Elle rassemble au fil de ses événements un public de plus en plus nombreux et entend promouvoir ainsi le partage des savoirs et l'accès pour tous à la culture scientifique.

Elle édite la Revue *Ciel et Espace* premier mensuel grand public sur les thèmes de l'astronomie et de l'espace (se trouve en kiosque). Elle comporte : articles d'actualité, articles de fond, événements, éphémérides, images du ciel...

Les **ateliers Ciel et Espace** : pour développer des activités suivies en astronomie avec un groupe de jeunes, toute l'année, l'Afa propose une diffusion mensuelle d'outils par Internet ainsi qu'un accompagnement des éducateurs. L'objectif est de permettre à des animateurs non spécialisés de démarrer eux-mêmes des activités pédagogiques autour du thème du ciel. Renseignements et inscriptions : [afa@cieletespace.fr](mailto:afa@cieletespace.fr).

### Stations de Nuit :

Découvrez le plus grand écran panoramique du monde. Seul ou en famille, venez découvrir à l'œil nu ou à l'oculaire d'un télescope les constellations, la Lune, Saturne et Jupiter, la galaxie d'Andromède et les innombrables merveilles du ciel. C'est ce que vous proposent les Stations de Nuit, six centres permanents d'animation spécialisés qui ouvrent leurs portes et leurs coupoles à tous les curieux du ciel.

**La Ferme des Etoiles** - Moulin du Roy, 32500 Fleurance

Tél. : 05 62 06 09 76 - Fax : 05 62 06 24 99 - E.mail : [Etoiles.Fleurance@mipnet.fr](mailto:Etoiles.Fleurance@mipnet.fr)

**Ludiver** - District de la Hague, BP 217, 50440 Beaumont-Hague

Tél. : 02 33 78 13 80 - Fax : 02 33 78 13 89 - E.mail : [ludiver@wanadoo.fr](mailto:ludiver@wanadoo.fr)

**Centre d'Astronomie** - Plateau du Moulin à Vent, 04870 Saint Michel l'Observatoire

Tél. : 04 92 76 69 69 - Fax : 04 92 76 67 67 - E.mail : [centre.astro@wanadoo.fr](mailto:centre.astro@wanadoo.fr)

**Espace Ciel Ouvert à Nançay** - Route de Souesmes, 18330 Nançay

Tél. : 02 48 51 18 16 - Fax : 02 48 51 18 13 - E.mail : [florent.bailleul@libertysurf.fr](mailto:florent.bailleul@libertysurf.fr)

**Observatoire Planétarium des Monts de Guéret** - Office de Tourisme de Guéret, Saint-Vaury, BP 52, 1, avenue Charles de Gaulle, 23000 Guéret

Tél. : 05 55 61 96 92 - Fax : 05 55 41 19 38

E.mail : [Obs-astro.montsdegueret@wanadoo.fr](mailto:Obs-astro.montsdegueret@wanadoo.fr)

**Observatoire du Col de la Lebe** - 01260 Sutrieu

Tel. : 04 79 87 67 31 - E.mail : [ama1942@free.fr](mailto:ama1942@free.fr)

## **Observatoires professionnels :**

Pour visiter, pour rencontrer des chercheurs du domaine...

**Observatoire de Paris - Meudon** - 3 sites, 3 adresses :

- . 61 avenue de l'Observatoire, 75014 Paris - Tél : 01 40 51 22 21
- . Place Jules Janssen, F, 92195 Meudon Cedex - Tél : 01 45 07 75 30
- . Station de radioastronomie, 18330 Nançay - Tél : 02 48 51 82 41

**Observatoire de Bordeaux**

2, rue de l'Observatoire, BP 89, 33270 Floirac - Tél : 05 57 77 61 00

**Laboratoire d'Astrophysique de Marseille**

Traverse du Siphon - Les trois Lucs, 13012 Marseille

Adresse postale : BP8, 13376 Marseille Cedex12 - Tél : 04.91.05.59.00

**Observatoire de Haute Provence**

04870 St-Michel l'Observatoire - Tél : 04 92 70 64 00

**CERGA**

Avenue Copernic, 06130 GRASSE - Tél : 04 93 40 53 30

## **Planetariums :**

Planétarium de Vaulx-en-Velin, place de la nation, 69120 Vaulx-en-Velin

Amis du Planétarium d'Aix-en-Provence, Château Saint-Mitre, 7 rue des Robiniers, 13090 Aix-en-Provence

Espace ciel ouvert à Nançay, route de Souesmes, 18330 Nançay

Planétarium de Saint-Etienne, Espace Fauriel, 42100 Saint-Etienne

Planétarium de Nantes, 8 rue des Acadiens, 44100 Nantes

Planétarium municipal, 48 rue Champ Aubé, 71140 Bourbon-Lancy

Planétarium de Montpellier, Allée Ulysse, 34000 Montpellier

Musée de l'air et de l'espace, Aéroport de Paris-Le-Bourget, 93350 Le Bourget

Forum des Sciences, 1 place de Hôtel de Ville, BP 289, 59665 Villeneuve d'Ascq

Espace Mendès France, 1 place de la Cathédrale, BP 80964, 86038 Poitiers cedex

Planétarium de la Charente, Ass. Planéta 16, Château Oisellerie, 16400 La Couronne

Planétarium de Bretagne, Cosmopolis, 22560 Pleumeur-Bodou

Planétarium Le Val d'Oule, place des écoles, 26470 La Motte-Chalançon

Planétarium de Reims, 1 place Museux, 51100 Reims

Planétarium de Strasbourg - Observatoire, rue de l'Observatoire, 67000 Strasbourg

Cerap planétarium, Cité des associations, rue J.P. Melville, 90000 Belfort

Europlanétarium Genk, planétarium Weg 19, B-3600, Genk, Belgique

Planétarium de Nîmes, avenue du Mont Duplan, 30000 Nîmes

Palais de l'Univers, rue du planétarium, BP 100, 59180 Capelle la Grande

Mission départementale de la culture, 25 Avenue Victor Hugo, 12000 Rodez

## **Autres structures d'animation :**

**Cité des Sciences et de l'Industrie**, 30 Avenue Corentin Cariou, 75019 Paris

**Cité de l'Espace**, Avenue Jean Gonord, 31000 Toulouse

**Palais de la Découverte**, Avenue Franklin Roosevelt, 75008 Paris

## Sites Internet :

[www.cieletespace.fr](http://www.cieletespace.fr)

Le site de l'Association française d'astronomie et de la revue Ciel et Espace : actualité, images, la liste des clubs de France, les événements locaux, des outils pédagogiques en ligne, des articles de la revue, une base de données de contes et légendes du ciel du monde entier, bref, un site très complet sur tout ce qui touche à l'astronomie et à l'espace.

[www.cadrans-solaires.org](http://www.cadrans-solaires.org)

Un site personnel très bien fait, celui de François Blateyron, passionné de cadrans solaires. Il permet de tout savoir sur l'histoire et le fonctionnement des cadrans solaires. Vous pourrez également y télécharger un programme très bien fait permettant de réaliser soi-même tout type de cadran.

<http://www.lyoba.ch/etoile-des-enfants/>

Coup de cœur pour le site de Maco et ses amis qui répondent à toutes les questions que se posent les plus jeunes sur le ciel.

[www.bdl.fr](http://www.bdl.fr)

Un site incontournable pour qui s'intéresse à l'astronomie : celui du Bureau des Longitudes. Il permet de tout savoir sur la mesure astronomique du temps et donne également de nombreuses ressources pour se rafraîchir la mémoire sur les saisons ou les éclipses...

<http://www.cnes.fr/>

Un site plutôt tourné vers les activités spatiales, celui du Centre National d'Etudes Spatiales. Il vous informera sur l'actualité d'Ariane, sur les activités de la Station Spatiale Internationale...

<http://sohowww.nascom.nasa.gov/>

Un site époustouflant pour les images proposées du Soleil. Grâce au satellite Soho, spécialisé dans l'observation du Soleil, il est possible de suivre l'évolution des taches solaires ainsi que de l'activité de la couronne. Il y a même des films à télécharger. Attention toutefois, il faut lire la langue de Shakespeare...

<http://kids.msfc.nasa.gov/>

Le site de la Nasa réservé aux jeunes. Evidemment, il est en anglais, mais il propose de nombreux supports pédagogiques. Ce site est très ludique et très fourni. Ne pas hésiter à aller jeter un œil...

<http://www.heavens-above.com/>

Un dernier site en anglais qui vous permettra aussi bien d'essayer de retrouver la station spatiale internationale dans le ciel nocturne, que d'apprendre à reconnaître les constellations du ciel. A aller voir absolument avant de sortir observer le soir...

# La respiration

*Récit d'une expérience menée par Frédérique Landoeuer (enseignante) à la Classe Ouverte de Montpellier  
(dispositif relais situé 12 rue Adam de Craponne 34000 Montpellier)  
[frederique.landoeuer@ac-montpellier.fr](mailto:frederique.landoeuer@ac-montpellier.fr)*

## La respiration

Ma démarche pédagogique est volontairement globalisante. Elle s'inscrit dans une volonté de réconcilier les élèves avec le savoir.

Le travail sur la respiration, cet air qui pénètre dans les poumons pour y être modifié avant d'en ressortir, renvoie aux grandes questions d'échanges entre intérieur et extérieur, échanges avec l'autre. Il s'intègre dans un processus continu étalé dans le temps.

### Les déclencheurs

J'ai amorcé le travail avec les élèves en m'appuyant sur des contes et des mythes sur le thème des origines. Ces histoires étaient racontées ou parfois lues. J'ai pu ainsi apaiser les tensions, retenir leur attention et surtout les amener à se questionner.

Durant les premières semaines, j'ai lu et raconté, eux ont questionné nos origines. Puis progressivement, j'ai abordé quelques-unes des réponses élaborées par les hommes : créations artistiques, mythes fondateurs, théories scientifiques.

En nous questionnant, en cherchant les réponses données, nous avons refait ensemble une partie du chemin qu'ont emprunté les hommes au cours du temps. Puis nous nous sommes inscrits dans cette histoire par l'écriture de nos propres contes et la production de dessins et de peintures.

#### L'histoire de l'univers...

Nous avons travaillé sur l'histoire du monde, une histoire qui s'adresse à tous, quel que soit le niveau de connaissances. Nous avons interpellé plusieurs disciplines en quête de nos origines : l'astrophysique qui traque l'histoire de l'univers, la biologie celle de la vie, la paléontologie celle de l'homme. Partant du Big-Bang, de la création de l'univers, de celle du système solaire et des planètes, nous avons ainsi balayé quinze milliards d'années, pour nous arrêter à l'étude de la planète Terre, où apparaît la vie il y a environ 4,5 milliards d'années.

#### et la théorie de l'évolution...

Nous avons abordé les notions d'évolution et d'adaptation. A partir des hypothèses émises par les élèves, complétées et corrigées par des recherches documentaires (livres, vidéos...), nous avons, ensemble, créé un arbre de l'évolution. Une fois terminé, l'arbre est resté affiché en classe. Nous avons alors réalisé, comme Darwin, que nous, les hommes, sommes parmi les derniers-nés de l'évolution !

#### comme thèmes scientifiques.

La science est très ingénieuse pour dire "comment" ça fonctionne, mais il y a des "pourquoi" auxquels elle ne répond pas. Ce n'est d'ailleurs pas son rôle. Cette mise en perspective de nos origines, de l'évolution de la vie sur Terre a suscité de nombreuses questions comme : "Comment connaît-on le Big-Bang ? Comment sait-on ce que mangeait l'homme de Cro-Magnon ? Pourquoi le ciel est-il noir la nuit ? D'où venons-nous ? Pourquoi y a-t-il un

monde ? Pourquoi n'y a-t-il plus de dinosaures ? Pourquoi certains mammifères se sont-ils réadaptés à la vie dans l'eau ? Comment respirent-ils ?"

Pour tenter de répondre à ces questions, nous avons pris contact avec des personnes compétentes et nous avons créé un réseau d'intervenants. C'est grâce **aux échanges** avec les scientifiques, les artistes et grâce aux visites de musée, que les élèves ont pris conscience que le savoir existe ailleurs que dans les manuels scolaires, dans des lieux où les hommes construisent les connaissances comme dans ceux où ils les conservent.

*"Car, si l'enfant apprend à fréquenter des lieux culturels où il entre en contact direct avec les savoirs, alors le maître n'a plus tout à fait la même fonction : il n'est plus celui qui impose sa vision de la culture, il est celui qui aide à se retrouver dans le labyrinthe de la culture, à discerner les enjeux essentiels, à exercer son esprit critique pour identifier les bonnes réponses, à ne jamais se satisfaire de ce qu'il a mais à rester en permanence en recherche, à toujours poser de nouvelles questions. Le maître ne demande plus qu'on le croie lui, mais qu'on cherche soi-même, avec lui, la vérité. Ce qu'il a à transmettre, ce n'est pas « sa vérité » mais cette exigence intérieure de vérité dont il doit être porteur et qui doit être contagieuse." <sup>2</sup>*

---

<sup>2</sup> Philippe Meirieu, *Léon Tolstoï : doit-on croire les enseignants sur parole ?* L'éducation en question, PEMF 2001.

## La respiration, une question scientifique

Les hommes respirent, les poissons respirent, les arbres respirent ! Pour s'adapter aux diverses conditions environnementales, le vivant a développé de multiples stratégies respiratoires. C'est ce fait qui servira de fil conducteur à notre étude.

En effet, respirer est un acte réflexe, un besoin vital. Et vivre, c'est respirer<sup>3</sup>. La première fois qu'un être respire, c'est la naissance, c'est son premier acte autonome. Respirer révèle nos émotions : quand on bâille ou que l'on souffle, le corps réagit par lui-même à une situation en forçant la respiration. De nombreuses expressions relatives à nos émotions, comme *J'étouffe ! Ouf, enfin je peux respirer !* expriment notre façon de respirer. Dans le langage courant, la naissance est exprimée par *le premier souffle*, et la mort par *rendre le dernier souffle*.

### 1 - Le système respiratoire des animaux aquatiques

Les poissons réalisent leurs échanges gazeux grâce à des branchies, les grenouilles les réalisent grâce à leur peau. Cet exemple illustre deux des stratégies respiratoires mises en œuvre par la nature.

Pour traiter cet aspect de la question, nous avons visité un aquarium. Céline Arnal, une spécialiste du comportement et de l'écologie des animaux marins, est venue répondre aux questions des élèves. Après la projection d'un diaporama et d'une vidéo, elle leur a présenté, outre la respiration, l'adaptation des requins à la prédation.

A partir des documents fournis lors de l'exposé, chaque élève s'est fait une fiche détaillée sur le sujet. Parallèlement, je leur ai lu des mythes anciens sur les requins, donnant l'occasion à leurs peurs fantasmatiques de s'exprimer.

### 2 - La respiration des mammifères

J'ai construit six séances de cours de sciences sur le système respiratoire à partir de deux animaux terrestres : l'homme et le veau.

#### ➤ **Séance 1 : Recueil des représentations**

J'ai demandé aux élèves de dessiner "où va l'air que tu respirez, et ce qu'il devient" sur un schéma d'humain vu de profil.

Ce travail a permis de faire émerger leurs représentations ainsi qu'un certain nombre d'obstacles et de préciser quelques repères fondamentaux : trajet de l'air, anatomie des poumons, mouvements respiratoires, relation poumons/sang, notion d'échanges.

#### ➤ **Séance 2 : Confrontation des schémas et analyse des représentations**

En reprenant le travail de la séance précédente à partir de leurs schémas, nous avons mis en évidence les contradictions et les erreurs. *Les élèves pensent, généralement, que l'air va dans le cœur, le cerveau, le ventre.*

---

<sup>3</sup> Les premiers organismes vivants, les bactéries (cellules procaryotes) ne respiraient pas. Ils ont évolué et ont commencé à produire de l'oxygène (cyanobactéries). L'atmosphère de la terre est devenue plus propice à l'évolution d'organismes capables de respirer. Respirer permet de produire une énergie plus importante destinée au fonctionnement de l'organisme.

### ➤ Séance 3 : Trajet de l'air

Une fressure (poumons de veau avec trachée, cœur et foie) fournie par le boucher nous a permis d'observer les organes en lien avec un schéma :

1. Lorsqu'on souffle dans la trachée, les poumons se gonflent, pas le cœur.
2. Le poumon a l'aspect d'une éponge, il est très vascularisé.
3. Les poumons ne sont pas "pleins", ils contiennent de l'air : en pressant un morceau de poumon dans l'eau, on voit se former des bulles.
4. Si on souffle dans la trachée et qu'un des poumons est coupé, de l'air sort par les bronchioles (visible dans l'eau) alors que l'air reste dans les vésicules si les poumons sont entiers.

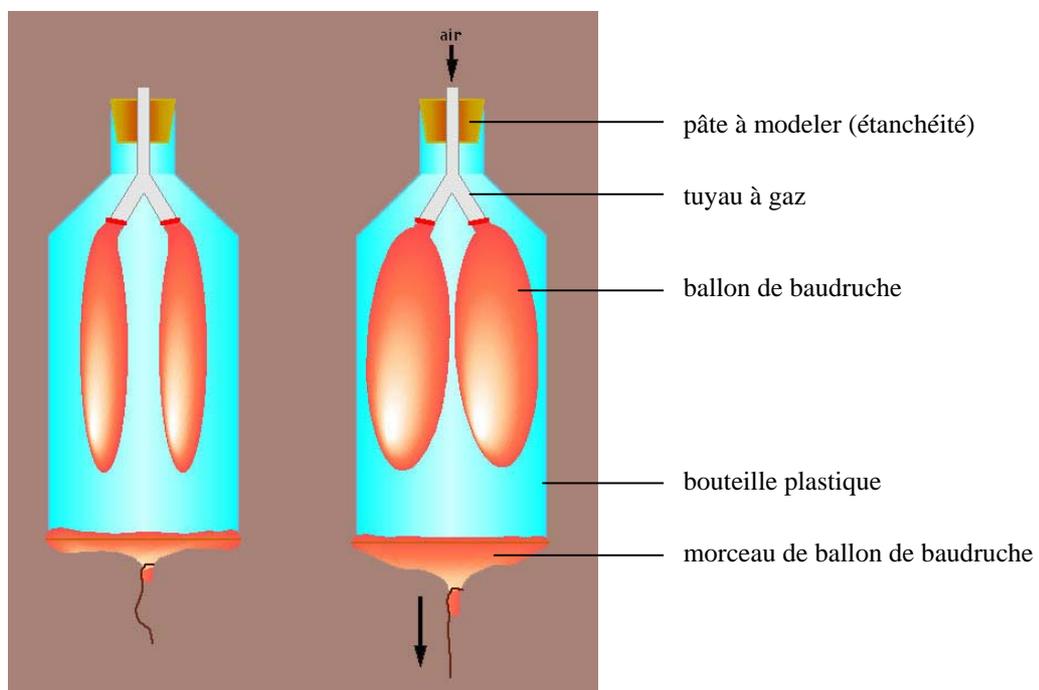
Une fiche de travail sur l'anatomie de l'appareil respiratoire extraite d'un manuel scolaire nous a permis de compléter le travail.

Cette phase nous a montré les difficultés des élèves, d'une part à analyser l'objet réel et d'autre part, à faire le lien avec sa représentation schématique.

### ➤ Séance 4 : Mouvements respiratoires

Cette séance s'est déroulée en trois étapes :

1. Le recueil des représentations des élèves (*généralement ils pensent que c'est l'air qui fait gonfler les poumons*).
2. L'observation d'une cage thoracique de lapin : elle permet de visualiser les organes entrant en jeu (cage thoracique, muscles, diaphragme, poumons...)
3. Le montage d'une expérience modélisant le fonctionnement des poumons :



*La bouteille plastique représente la cage thoracique, un morceau de ballon de baudruche remplaçant la base de la bouteille représente le diaphragme, un ballon de baudruche fixé dans la bouteille avec de la pâte à modeler représente les poumons et un tuyau à gaz représente la trachée.*

*En abaissant le diaphragme, l'air entre dans le ballon et en sort quand on le relâche.*

Remarque : on pourrait de plus, utiliser des radios pulmonaires ou les fiches d'un manuel scolaire.

### ➤ Séance 5 : Devenir et transformation de l'air, rôle du sang

Cette séance s'est organisée autour d'une question centrale : l'air qui entre est-il le même que l'air qui sort ?

Après le recueil des représentations (*généralement, les élèves pensent que l'air qui sort est sale, qu'il y a de la drogue : quand on respire dans un sac plastique, on a la tête qui tourne ! ... d'autres ne sont jamais posé la question*), quelques expériences ont été mises en oeuvre comme souffler sur une vitre ou sur un thermomètre.

L'approche de la notion d'échanges gazeux fut complétée par la lecture d'un tableau comparatif de la composition du sang entrant et sortant des muscles :

Pour 100 litres d'air	Air inspiré	Air expiré
Oxygène	21 litres	15 litres
Gaz carbonique	traces	4 à 5 litres
Azote	79 litres	79 litres

### ➤ Séance 6 : Rôle de l'oxygène

Nous sommes partis d'une constatation : lors de l'activité physique, les rythmes cardiaques et respiratoires s'accroissent. Il s'agissait alors de montrer que respirer, c'est produire une partie de l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'organisme. Nous avons utilisé l'analogie avec la combustion dans un moteur (cf. les manuels scolaires).

Lors de sa venue, Céline Arnal avait apporté son matériel de plongée et les élèves ont pu échanger autour des nombreuses expéditions qu'elle a effectuées dans toutes les mers du monde. Elle leur a parlé du phénomène de narcose, dû à la grande pression qui provoque "l'ivresse des profondeurs" (des molécules comme l'azote sont absorbées au même titre que l'oxygène) illustrant ainsi le phénomène d'absorption des molécules de gaz au niveau pulmonaire et leur passage dans le système sanguin.

Parallèlement, nous leur avons raconté quelques histoires inventées par les hommes sur la mer et ses occupants.

## 3 - L'exemple des mammifères marins

L'ancêtre des cétacés était un mammifère terrestre qui est "retourné" à l'eau. Pour ce faire, la sélection naturelle a privilégié les individus présentant, par le hasard des mutations, un système respiratoire adapté au milieu aquatique et aux longues plongées en apnée. Par exemple, les animaux dont les narines (évents) avaient migré sur la face dorsale respiraient plus facilement à la surface, et se sont donc imposés petit à petit<sup>4</sup>.

Lors de sa venue, Cécile Arnal et les élèves ont débattu des hypothèses sur les différentes stratégies adaptatives qu'auraient pu présenter les cétacés.

---

<sup>4</sup> Les mécanismes de l'adaptation au milieu sont souvent mal compris (et ils sont difficiles à expliquer) : c'est la pression du milieu qui "sélectionne" les mutations "intéressantes" et conduit ainsi l'espèce à évoluer ; mais le milieu ne provoque pas de mutations. En fait, dans notre exemple, on ne peut pas dire que c'est pour s'adapter au milieu aquatique que les événements ont migré sur la face dorsale... Bien au contraire, c'est parce qu'il y avait des mutants présentant cette caractéristique physique que ceux-ci ont survécu.

## Une démarche pluridisciplinaire

*"Le propre de l'homme est sa capacité, face au monde qui l'entoure, à la fois d'inventer des modèles explicatifs et d'être ému, de simultanément faire progresser la connaissance et produire l'art."*<sup>5</sup>

Rappelons-le encore une fois, ma démarche vise à amorcer le désir d'aller chercher des réponses aux questions existentielles dans plusieurs domaines qui s'interrogent mutuellement comme la mythologie, la philosophie, l'art ou les sciences.

### Des questions mises en débat :

*"Il nous faut...comme nous y invite Jérôme Bruner... retrouver ou inventer « l'art d'exploiter les questions, de les garder vivantes », car ainsi, non seulement on restaure la liaison entre les générations, mais aussi on apprend à se relier à ceux qui aujourd'hui, posent les mêmes questions, même s'ils ne donnent pas les mêmes réponses... Il y a la place pour une pédagogie où les élèves se reconnaissent ensemble, fils et filles des mêmes questions, capables d'assumer sans violence la différence de leurs réponses."*<sup>6</sup>

Tout au long de l'année, des débats ont été régulièrement organisés. Les élèves ont pu y affirmer leur scepticisme vis-à-vis de certaines affirmations scientifiques : ainsi, l'apparition de l'homme dans l'évolution était pour eux une explication fautive, car à leurs yeux, *l'homme est apparu grâce à Dieu ou à Allah !*

Nous avons pu ainsi constater que différentes croyances émergeaient du groupe. Nous en avons cherché d'autres émanant d'autres cultures (mythes grecs, chinois ou arabes par exemple) que nous avons confrontées aux théories scientifiques des origines tout en rappelant les questions restées sans réponses.

Ces débats leur ont permis d'entrer dans de nouvelles pratiques langagières, d'en découvrir les règles et les conventions. Ils ont ainsi pu prendre des distances avec leurs émotions et apprendre à exprimer leur pensée dans le respect des autres. Ils ont pu se dégager progressivement de leurs impulsions, les tentatives de prise de pouvoir sur l'autre se transformant lentement en une démarche coopérative où l'on avance en relation les uns avec les autres, même si l'autre a un avis différent. Toutes les idées méritent d'être entendues à partir du moment où la déontologie du débat est respectée.

### ***Parole d'élève***<sup>7</sup>:

*"C'est pas la relation qu'on a l'habitude dans les autres collèges, là c'était plus ouvert, on sortait tout ce qu'on a à l'intérieur de nous, on disait tout ce qu'on avait à dire, on était libre, avant j'étais stressé à l'intérieur de moi, plutôt agité on va dire. Maintenant je préfère me poser, réfléchir à mon avenir et voilà ça a refait ma vie !" Afandi.*

<sup>5</sup> Albert Jacquard, *La légende de la vie*, Paris, Flammarion, 1999.

<sup>6</sup> Philippe Meirieu, *Léon Tolstoï : doit-on croire les enseignants sur parole ? L'éducation en question*, PEMF 2001.

<sup>7</sup> Les paroles des élèves sont extraites de *"Rabindranath Tagore : peut-on apprendre à faire la paix avec soi-même ?"* film pour lequel les entretiens avec les élèves ont été réalisés un an après cette expérience avec la Classe Ouverte et qui appartient à la collection L'éducation en question.

## Lecture de contes, et mise en place d'ateliers d'écriture

Chaque cours de science a été suivi de la lecture de mythes antiques ou de contes, sources inépuisables de rêves, de mystères et de passions.

Après nous être imprégnés de la trame des contes et de la chronologie des histoires, nous nous sommes lancés dans l'écriture individuelle ou collective et **nous avons expérimenté que coopérer permettait d'avancer.**

J'ai créé dans la classe, un dispositif de documentation. En plus des dictionnaires, des atlas, les murs de la classe étaient couverts de panneaux représentant sous diverses formes (dessins schémas, photographies, arbres généalogiques, écrits) les thèmes abordés, depuis le début de l'année.

La plupart du temps, j'ai écrit ce que me dictaient les jeunes afin que leur maîtrise fébrile de l'écrit ne fasse pas barrage à l'imaginaire. A travers leurs propres productions, ils ont pu mettre des mots, des images et des symboles sur ce qui les préoccupe et, par là, tenter de maîtriser le réel, de soulager leur angoisse.

Tous ont été agréablement surpris de pouvoir écrire des contes susceptibles de retenir l'attention de la classe...

### ***Parole d'élève :***

*"C'est l'histoire d'un petit garçon. Dans son village il n'y a plus d'eau, plus de source... son village meurt de soif et tout et tout... et son peuple il lui dit qu'il y a une source cachée et que c'est le seul qui peut ramener l'eau. Il part à l'aventure dans le désert et tout... On va dire que l'histoire, elle est faite pour qu'il y ait que lui qui puisse faire ça et pas d'autres.*

*Il y a plein de gens qui l'ont lue et qui m'ont dit que c'était bien... ben oui je suis fier, car ça intéresse les autres... et c'est pas une histoire banale !" Eric.*

## En arts plastiques

Parallèlement, durant une série d'ateliers, Nathalie Le Gall, intervenante en arts plastiques, a refait avec eux le chemin parcouru par les premiers hommes : utilisation de pigments naturels, fabrication d'outils à partir du bambou, de plumes, etc. Ces ateliers leur ont particulièrement plu. Ils ont pu s'exprimer, en laissant des traces colorées et ordonnées.

### ***Parole d'élève :***

*"Elle nous a laissé écrire nos propres pensées et on les a laissé sortir de nous en quelque sorte. On a dessiné, on a écrit, et moi j'ai fait ça sur une histoire que j'ai inventée sur le diable !" Afandi.*

## Conclusion

Ce travail s'appuie sur les bases théoriques que Serge Boimare a développées dans "*L'enfant et la peur d'apprendre*"<sup>8</sup>. Il vise à réconcilier ces élèves avec l'élaboration intellectuelle qu'ils fuient tant. J'ai donc choisi de travailler sur des thèmes posant des questions existentielles, susceptibles de retenir leur attention, de les passionner pour les conduire vers le désir de savoir.

Il me semble très important de souligner l'idée d'entraide, d'échange et de communication : coopérer a été dans cette expérience la condition de la réussite. Les jeunes ont accepté avec un plaisir manifeste de jouer le jeu. Ils ont découvert l'importance de la relation à l'autre et de la transmission des savoirs, pour avancer.

### **Parole d'élève :**

*"J'aime le sport, je veux en faire mon métier, éducateur sportif, apprendre aux jeunes, les encadrer, je leur apprendrais ce que j'ai appris, je leur transmettrais mon savoir, le bien, le mal, les contraintes et tout ce qui va avec." Eric.*

Au fur et à mesure que nous avançons dans l'année et que les thèmes étaient abordés, je dégageais avec eux l'un des fils conducteurs de notre travail, à savoir que l'humanité n'a cessé de progresser depuis l'acquisition du langage et de l'écriture, par la transmission orale et écrite.

A travers les échanges oraux, la lecture de contes, ils se sont approprié les outils de la symbolisation : les signes, le dessin, l'écriture. Peu à peu, après avoir tâtonné, ils ont vérifié que pour être compris des autres, il faut enrichir et soigner le plus possible l'outil communication. Ils ont tous gardé à l'esprit l'exigence que nécessite le fait de devoir être lu. C'est dans ce cadre que des savoirs utilitaires comme l'orthographe se sont imposés.

Partir du chaos les a d'entrée interpellés car cela évoque le vide, l'inorganisation et l'absence de repères qu'ils connaissent bien. Le Big-Bang n'est pas neutre non plus, c'est une belle métaphore de ce qui se passe dans leur vie et il retient leur attention car ils sont amateurs de sensations fortes.

En retraçant l'histoire d'une adaptation progressive j'ai pu les replacer dans leur propre histoire. Chaque fois que j'ai montré l'évolution de l'homme, je l'ai mise en relation avec leur propre évolution.

Ils ont pu s'approprier à leur tour cet héritage et ainsi poser le pourquoi de leur présence en classe relais, ce dispositif qui a, comme objectif essentiel, d'engager les jeunes simultanément dans des processus de socialisation et d'apprentissage.

Ce travail d'un an a abouti à la production d'un livre "*Fragment et poussière*" dans lequel figure la production des élèves et où leurs cheminements sont relatés.

Cette proposition pédagogique a été mise en relation avec la philosophie de l'éducation de Rabindranath Tagore et de Léon Tolstoï.

---

<sup>8</sup> Serge Boimare, *L'enfant et la peur d'apprendre*, Paris, Dunod, 1999.

## Éléments de bibliographie

### Questions d'éducation, de pédagogie et d'enseignement des sciences

S. Boimare

**L'enfant et la peur d'apprendre** - Paris, Dunod, 1999

A. Jacquard

**La Légende de la vie** - Paris, Flammarion, 1999

**La science à l'usage du non scientifique** - Paris, Calmann-Lévy, 2001

R. Tavernier, J. Lamarque

**Enseigner la biologie et la géologie à l'école élémentaire** - guide des professeurs des écoles IUFM, Bordas, 1996

### L'Univers, la théorie de l'évolution, l'histoire de la pensée humaine

S. Crossman, J.-P. Barou

**Enquête sur les savoirs indigènes** - Paris, Calmann-Lévy, 2001

**Peinture de sable des Indiens Navajo : la voie de la beauté** - Arles, Actes Sud, 1996

**Peintres aborigènes d'Australie** - Montpellier, Indigènes éditions, 1997

Gallimard, coll. Les yeux de la découverte

**La conquête du ciel**

**La conquête de l'espace**

**La vie avant l'histoire**

**Le temps des dinosaures**

**Nous, les mammifères**

**Mammifères marins**

**Vie et mœurs des poissons**

**La peur des requins**

D. Guedj

**Le théorème du perroquet** - Paris, Seuil, 1998

A. Langaney, J. Clottes, J. Guilaine, D. Simonnet

**La plus belle histoire de l'homme** - Paris, Seuil, 1998

H. Reeves, J. de Rosnay, Y. Coppens, D. Simonnet

**La plus belle histoire du monde** - Paris, Seuil, 1996

H. Reeves

**Soleil** - éd. de La Nacelle, 1991

**Patience dans l'azur** - Paris, Seuil Points 1988

**Poussière d'étoiles** - Paris, Seuil Science ouverte, 1984

J.-P. Vernant

**L'Univers, les dieux, les hommes** - Paris, Seuil, 1999

## Mythes, contes et romans

P. Du Bouchet

**Adoptée par les romains, la Mythologie grecque** - Paris, Hatier, 1986

M.-S. Detoef

**Au commencement : Big-bang, Genèse et autres récits** - Le Glacs, 1996

R. Graves

**Les mythes grecs** - tomes 1 et 2, coll. Pluriel, Hachette Littératures

P. Gripari

**Contes de la rue Broca** - coll. Lampe de poche, Grasset Jeunesse, rééd. 1996

**Les contes de la folie Méricourt** - coll. Lampe de poche, Grasset Jeunesse, rééd. 1998

Hésiode

**Théogonie ou la naissance des dieux** - Rivages poche/Petite Bibliothèque

F. Langevin

**Shéhérazade et les Mille et Une Nuits** - Paris, éd. Retz, 1998

A.-C. Vivet-Rémy

**Agamemnon la guerre de Troie** - Paris, éd. Retz, 1998

**Les travaux d'Hercule** - Paris, éd. Retz, 1999

**Les voyages d'Ulysse** - Paris, éd. Retz, 2000

B. Werber

**Les thanatonautes** - Livre de poche, 1994

**Le père de nos pères** - Livre de poche, 1998

## Manuels scolaires

**Grands textes de l'Antiquité** - Magnard Collège, 1997

C. De Crémiers, F. Sauve - **Français Histoire TD 6<sup>e</sup>** - Paris, Hatier, 1998

*Bien qu'ils concernent l'école élémentaire, les manuels suivants peuvent être source d'inspiration pour mener des activités avec les élèves des classes relais.*

Tavernier Nouvelle collection

- **Cahier d'activités CM1-CM2** - Paris, Bordas, 1996

- **Guide Pédagogique des cahiers d'activité du CP au CM2** - Paris, Bordas, 1997

Tavernier Collection - **Sciences et Technologie CM** - Paris, Bordas, 1995

## Films

films issus de la série d'émissions télévisées L'éducation en question, élaborée sous la direction de Philippe Meirieu, PEMF, 2001 :

**Léon Tolstoï : doit-on croire les enseignants sur parole ?**

**Rabindranath Tagore : peut-on apprendre à faire la paix avec soi-même ?**