



HAL
open science

L'explication du phénomène des saisons chez les élèves de cycle III. Test d'une séquence d'enseignement et ingénierie didactique.

Eddy Masclet

► **To cite this version:**

Eddy Masclet. L'explication du phénomène des saisons chez les élèves de cycle III. Test d'une séquence d'enseignement et ingénierie didactique. . Enseignement de la physique [physics.ed-ph]. Université Paris 7- Denis Diderot, 2003. Français. NNT: . tel-01275026

HAL Id: tel-01275026

<https://theses.hal.science/tel-01275026>

Submitted on 17 Feb 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université Paris VII

Denis Diderot

UFR DE PHYSIQUE

THESE DE DOCTORAT

Spécialité : DIDACTIQUE DES DISCIPLINES

Option : DIDACTIQUE DES SCIENCES PHYSIQUES

Présentée pour obtenir le grade de docteur par

Eddy MASCLET

L'EXPLICATION DU PHENOMENE DES SAISONS

CHEZ LES ELEVES DE CYCLE III

TEST D'UNE SEQUENCE D'ENSEIGNEMENT

ET INGENIERIE DIDACTIQUE

Soutenue le 16 Octobre 2003 devant la commission d'examen composée de :

Membres du jury :

Michèle Artigue, Présidente du jury, Professeur des Universités à Paris VII.

Jean-Jacques Dupin, Rapporteur, Professeur des Universités, Directeur de l'IUFM d'Aix-Marseille.

Norbert Fleury, Rapporteur, Professeur des Universités, Directeur de l'IUFM de Bretagne.

Hélène Merle, Examinatrice, Maître de conférence à l'IUFM de Montpellier.

Gilbert Pietryk, Examineur, Inspecteur Général, Président du concours de l'Agrégation de Sciences Physiques et Chimie.

Jean-Louis Closset, Directeur de Thèse, Professeur des Universités à l'Université Agronomique de Gembloux et Enseignant à l'Université Paris VII.

Laboratoire de Didactique des Sciences Physiques, Université Paris VII.

REMERCIEMENTS

Nombreux sont ceux qui, de près ou de loin, ont participé à l'accomplissement de cette thèse. C'est pourquoi je n'essaierais pas d'établir de hiérarchie entre les différentes personnes que je vais citer tant leurs apports sont divers et peu comparables.

Je commencerais par remercier Jean-Louis Closset, mon directeur de thèse, pour ses avis toujours très pertinents, sa patience, sa rigueur scientifique et son exigence de qualité. Je ne crois pas qu'il y ait eu entre nous une seule anicroche en tant d'années de travail commun, ce qui était très important pour moi.

Je tiens à saluer l'ensemble des quatorze enseignants du premier degré qui ont bien voulu s'intégrer à la démarche qui était la mienne : Juliette Noulard, Marlène Etienne, Catherine Bosal, Jenny Vadot, Caroline Lochert, Etienne Berrut, Jean-François Bringel, Aurore Drezet, Anne Steinmann, Anne Steinmann (homonyme), Pierre Diener, Nicolas Weick, Evelyne Rogez, Martine Kempf, et pour ses éclaircissements pertinents Marc Weisser.

Je remercie le L.D.S.P. pour avoir accepté que je fasse partie de leur équipe même si je n'ai pas été très présent aux différentes réunions du laboratoire et pour avoir été patient quant à mes demandes administratives répétées.

Je remercie l'ensemble du jury pour avoir accepté de juger mon travail en toute rigueur et pour s'être déplacé parfois du bout de la France.

Enfin, je dédicace cette thèse à ma femme, Sandrine, qui a dû subir mes longues heures de travail devant l'ordinateur sans que je sois très présent avec les enfants.

Sommaire

Introduction	Page 5
Chapitre I : Analyse préalable	Page 10
I.1) Aspects psycho-cognitifs : A qui s'adresse t'on ?	Page 10
Aparté : quelques définitions	Page 12
I.1.1) J.Piaget	Page 13
I.1.2) H.Wallon	Page 14
I.1.3) Aspect problématique	Page 15
I.1.3.a) Espace projectif	Page 18
I.1.3.b) Conservation du poids	Page 19
I.1.3.c) Classification périodique	Page 21
I.2) Aspects didactiques : Quelle est la nature du contenu à enseigner ?	Page 24
I.2.1) Contenus	Page 24
I.2.1.a) Programmes officiels	Page 24
I.2.1.b) Mise au point théorique	Page 25
I.2.1.c) Justification de l'ordre des séances	Page 28
I.2.2) Analyse des contenus et liens avec les conceptions	Page 30
I.2.2.a) Phylogénèse et ontogénèse	Page 30
I.2.2.b) Les résultats des recherches en didactique	Page 34
I.2.3) L'enseignement usuel et son impact : Qu'en savons-nous ?	Page 43
I.2.4) Quelle démarche d'apprentissage :	
Comment s'adresser à ce public ?	Page 49
I.2.4.a) Facteurs externes, facteurs internes	Page 49
I.2.4.b) J.Piaget	Page 52
I.2.4.c) H.Wallon	Page 55
I.2.4.d) L.Vygotski	Page 56
I.2.4.e) J.Bruner	Page 58
I.2.4.f) Les contenus	Page 59
I.2.4.g) Le contenant	Page 60

I.2.5) Quels maîtres pour quel rôle : Qui s'adresse à eux et comment ?	Page 63
I.2.5.a) Quelles sont les conceptions initiales des enseignants	Page 63
I.2.5.b) Rôle des enseignants	Page 66
Chapitre II : Analyse a priori	Page 70
II.1) Quels sont nos choix ?	Page 70
II.1.1) Aspects généraux	Page 70
II.1.1.a) Rendre l'élève actif	Page 70
II.1.1.b) Utiliser une démarche scientifique	Page 70
II.1.1.c) Tenir compte du développement cognitif de l'élève	Page 70
II.1.2) Aspects liés aux concepts abordés	Page 71
II.1.2.a) Réponses attendues des élèves	Page 71
II.1.2.b) Implications sur la séquence	Page 71
II.2) Aspects psycho-cognitifs	Page 72
II.3) Aspects didactiques	Page 73
II.3.1) Choix et hypothèses	Page 73
II.3.2) Séquence	Page 76
II.3.3) Protocole expérimental, méthodologie	Page 78
Chapitre III : Expérimentations : séquence d'enseignement	Page 83
III.1) Séance 1 : Forme de la Terre	Page 86
III.2) Séance 2 : Boussole	Page 90
III.3) Séance 3 : Gravitation	Page 93
III.4) Séance 4 : Alternance jour-nuit	Page 101
III.5) Séance 5 : Durée des jours et des nuits	Page 117
III.6) Séance 6 : Saisons	Page 129
Chapitre IV : Analyse a posteriori	Page 147
IV.1) Aspects didactiques	Page 147
IV.1.1) Classes expérimentales	Page 149
IV.1.2) Classes repères I	Page 150
IV.1.3) Classes repères II	Page 151
IV.1.4) Analyse	Page 152
IV.1.4.a) Analyse interne	Page 152
IV.1.4.b) Analyse externe	Page 157

INTRODUCTION :

Depuis quelques décennies, la recherche en didactique a étudié la nature des représentations initiales des élèves en sciences et leur évolution de la maternelle à l'université. Décrites en termes de conceptions lorsqu'elles sont d'une élaboration simple et relativement locales, ou décrites en termes de raisonnements lorsqu'elles sont plus élaborées et à portée plus générale, ces représentations sont pour la plupart d'entre elles identifiées. Le problème actuel est donc de savoir qu'en faire. Nous appellerons « conceptions initiales » ou « conceptions avant enseignement », les conceptions préalables des élèves avant la séquence pour un concept donné.

Comment prendre en compte ces conceptions ? Faut-il tenter de les éradiquer ou faut-il tenter de les faire évoluer et si oui comment ? Quelles difficultés peut-on rencontrer dans leur prise en compte ? Quel dispositif didactique doit-on mettre en place ? Quelle démarche d'enseignement doit-on suivre ? Telles sont quelques questions que se pose aujourd'hui la recherche en didactique. Ce faisant, on fait de l'enseignement des sciences en soi un objet de recherche.

Déjà, il y a une quinzaine d'années, quelques précurseurs proposaient des séquences d'enseignement prenant en compte les conceptions des élèves à propos de l'état gazeux (Séré, 1985) ou à propos de la structure de la matière (Chomat, Larcher et Méheut, 1988). Vinrent ensuite les travaux du LIREST (Martinand et équipe LIREST, 1992) sur la modélisation et de F. Chauvet sur la construction des couleurs (Chauvet, 1994), par exemple. Plus récemment en France, deux thèses approfondirent la démarche en intégrant à la problématique la contribution de la psychologie cognitive et des apports des travaux en sciences de l'éducation. Il s'agit du travail d'Hélène Merle à propos des changements de référentiels en astronomie (Merle, 1999) et de celui de Marie France Missonnier à propos de l'enseignement des bases de l'électrocinétique (Missonnier, 2002).

On ne peut ignorer un certain nombre de travaux publiés en langue anglaise à propos de la même question tels l'article désormais célèbre de G.J. Posner et al. à propos du « changement conceptuel » (Posner & al., 1982) ou celui de A.E. Lawson en didactique de la biologie (Lawson, 1988). Plus récemment s'est tenu à Paris un symposium international sur ce thème (Méheut & Psillos, 2001) qui constitue une bonne synthèse de la question.

Par ailleurs les didacticiens des mathématiques (Artigue, 1988) se sont intéressés de longue date à la manière de construire un savoir progressif au travers d'une recherche en situation de classe. Il ne s'agit donc pas seulement d'élaborer et d'améliorer des séquences d'enseignement sans tomber dans l'innovation sauvage mais de réaliser une authentique démarche de recherche. Ils élaborent à cet effet une méthodologie proposée pour la première fois par Yves Chevallard (Chevallard, 1982) qu'ils appellent ingénierie didactique en se référant ainsi au travail des ingénieurs qui doivent aborder des situations complexes en s'appuyant sur les connaissances élaborées dans les sciences fondamentales.

Ainsi, la nécessité de l'intégration à la problématique des résultats des travaux de la psychologie cognitive et des sciences de l'éducation s'est fait sentir assez vite afin de donner un cadre théorique à l'élaboration de ces séquences d'enseignement et d'en faire l'occasion d'une nouvelle forme de recherche en didactique. Récemment, J.L. Closset (Closset, 2001) proposa un cadre théorique élargi pour une redéfinition de l'ingénierie didactique en didactique des sciences. Mais dans un cas comme dans l'autre la méthodologie de base reste la même. Elle comprend quatre phases :

- **Phase A : Analyse préalable** : analyse de la structure cognitive des élèves, analyse épistémologique des contenus, analyse de l'enseignement habituel et de ses effets, analyse des conceptions des élèves, analyse des objectifs spécifiques de la séquence, analyse des contraintes auxquelles la réalisation en classe sera soumise.
- **Phase B : Analyse a priori** : élaboration des hypothèses à tester et conception de la séquence en s'appuyant sur l'analyse préalable.
- **Phase C : Expérimentation en classe** : mise en œuvre de la séquence et recueil d'un maximum d'observations.
- **Phase D : Analyse a posteriori** : analyse et confrontation des résultats à fin de validation de la démarche.

Notre recherche se propose donc d'utiliser la méthodologie de l'ingénierie didactique dans le cadre de la mise en œuvre d'une séquence d'enseignement en astronomie entraînant des enfants de cycle III (8 à 11 ans) à la compréhension du phénomène des saisons.

Nous adoptons, donc, en effet, une bonne partie des préceptes de l'ingénierie didactique telle qu'elle est présentée page 294 de l'article de M. Artigue (Artigue, 1988) où elle expose ce qui a été dit précédemment (les différentes phases) ainsi que l'idée force suivante : « cette analyse (analyse a priori) comporte une partie descriptive et une partie prédictive [...] on prévoit le champ de comportements possibles et on essaie de montrer en quoi l'analyse effectuée permet de contrôler leur sens et d'assurer en particulier que les comportements attendus, s'ils interviennent, résulteront bien de la mise en œuvre de la connaissance visée par l'apprentissage ».

En effet, nous chercherons dans l'analyse a priori à décrire les connaissances et les conceptions initiales des enfants et nous tenterons de prédire qu'elles seront les réactions des élèves à la séquence que nous aurons élaborée en nous appuyant sur les recherches antérieures, ce en quoi nous nous distinguons d'une démarche d'innovation.

Cependant, nous nous écartons de ce qu'écrit M. Artigue sur plusieurs points. En effet, page 286, elle écrit : « La méthodologie d'ingénierie didactique se caractérise aussi, par rapport à d'autres types de recherche basés sur des expérimentations en classe, par le registre dans lequel elle se situe et les modes de validation qui lui sont associés. En effet, les recherches ayant recours à des expérimentations en classe se situent le plus souvent dans une approche comparative avec validation externe basée sur la comparaison statistique des performances de groupes expérimentaux et de groupes témoins. **Ce paradigme n'est pas celui de l'ingénierie didactique qui se situe, à l'opposé, dans le registre des études de cas et dont la validation est essentiellement interne,** fondée sur la confrontation entre analyse a priori et analyse a posteriori ».

Nous pensons en effet, qu'au contraire, l'étude de cas ne permet pas de généraliser les résultats de recherche de par la faiblesse de son corpus et c'est pourquoi nous testons notre séquence sur de nombreux enfants et si nous privilégions la validation interne, point sur lequel nous rejoignons M. Artigue, nous pensons que l'utilisation de classes « témoins », nous dirons « repères », même si elle est questionnable du fait du nombre de facteurs en jeu (Weisser, 1998), permet de fournir des points de repères d'autant plus significatifs que le nombre de classes mises en œuvre est important.

Il est évidemment impossible d'envisager une telle démarche si on se limite à une étude de cas car alors la validation interne ne sera valable que pour ce cas et ne construira aucun savoir généralisable.

Bref, nous retenons de l'ingénierie didactique ce découpage en quatre phases (analyse préalable, analyse a priori, expérimentation, analyse a posteriori), l'importance de décrire et prévoir l'impact d'une séquence sur le comportement des élèves, et l'importance d'une validation interne par rapport à une validation externe. Mais, nous ferons une étude sur un large corpus (557 professeurs dont on a recueilli les conceptions initiales, 14 professeurs qui ont enseigné les séquences, 540 élèves de cycle III qui ont suivi les séquences) et non sur quelques cas afin d'avoir la possibilité, dans cette mesure, de généraliser nos résultats. Nous envisagerons également des éléments de validation externe via des classes « repères » considérées comme points de repères.

C'est pourquoi, nous sommes amenés à rappeler le cadre théorique dans lequel s'inscrit cette séquence d'enseignement à travers la présentation de différentes visions du développement cognitif des enfants et à citer les travaux antérieurs sur l'astronomie au cycle III afin de justifier les choix faits dans la chronologie de la séquence. Ainsi, nous travaillons à la fois sur les *aspects cognitifs* liés à l'âge des apprenants et sur les *aspects didactiques* découlant des résultats de la recherche dans ce domaine depuis plus de vingt ans.

Voici donc notre problématique générale :

Peut-on améliorer le rendement d'une séquence en tenant compte des résultats des sciences de l'éducation et de la didactique ? Peut-on établir une relation entre la nature des conceptions préalables et le développement cognitif d'un élève au sens piagétien ?

C'est pourquoi nous présenterons notre travail ainsi :

⇒ **A qui s'adresse t'on** : Que savons-nous du développement d'un enfant de maternelle au collège, quels repères pouvons-nous établir en fonction des connaissances des sciences de l'éducation et de la psychologie, quels tests pouvons-nous élaborer afin d'obtenir une identification, au moins partielle, du niveau de développement cognitif d'un enfant au regard du contenu à enseigner.

⇒ **Que savons de la nature du contenu à leur enseigner** : analyse didactique et épistémologique des contenus que nous avons choisis d'enseigner, quels sont les résultats des recherches précédentes sur ce contenu, quelles sont les conceptions initiales des enfants sur le sujet.

⇒ **Que savons-nous de l'enseignement usuel de ce contenu** : Que font les maîtres en général en classe, quels en sont les implications et les présupposés théoriques.

⇒ **Comment s'adresser à ce public** : Quelles démarches d'apprentissage utiliser, quels présupposés et choix théoriques relatifs à ces démarches, quels sont les différents courants de l'enseignement dans ce domaine, quelle structure du contenant.

⇒ **Qui s'adresse à eux et comment** : Comment identifier les maîtres qui apportent les connaissances, que savent-ils du contenu à enseigner à l'origine, comment envisagent-ils leur rôle en classe en fonction de la démarche choisie ?

Ensuite on élaborera des hypothèses que l'on soumettra à différentes expérimentations et on analysera les résultats de ces expérimentations.

Chapitre I : Analyse préalable :

I.1) Aspects psycho-cognitifs : A qui s'adresse t'on ?

L'enfant n'est pas un « petit adulte » qui raisonnerait comme un adulte mais en moins bien. Ce qu'ont montré des auteurs comme Freud, Piaget, Wallon ou d'autres, c'est que l'enfant a un mode de pensée propre qui dépend de son niveau de maturation biologique et de l'histoire de son rapport au milieu extérieur.

Il nous paraît donc important d'exposer les différents stades de développement d'un enfant moyen occidental afin de savoir comment on doit s'adresser à lui.

D'après le programme de l'école primaire, l'astronomie concernant le système Terre-Soleil est abordé au cycle III, du CE2 au CM2, à partir de 7-8 ans jusqu'à 9-10 ans.

C'est donc ce public que nous choisissons d'étudier.

D'un point de vue *affectif*, si on se réfère à Freud, Piaget et Wallon, cette période est caractérisée par une ouverture sur le monde où l'enfant quitte progressivement le monde parental (Freud parle d'extension à l'extra-parental par transfert, Piaget de **décentrations**) en laissant de côté l'affectivité (phase de latence pour Freud, phase centrifuge pour Wallon).

D'un point de vue *cognitif*, l'enfant rentre peu à peu dans la pensée catégorielle (abandonnant une pensée dominée par le syncrétisme), dans la **représentation abstraite et l'explication objective du réel** (Wallon cité par Jalley (Jalley, 1995)) en sublimant ses pulsions (Freud). Ayant acquis, notamment, la notion de *réversibilité*, la conservation du poids et de la substance, ces élèves sont rentrés dans le stade opératoire concret selon la définition de Piaget.

Ils sont susceptibles de comprendre l'intérêt d'une *modélisation* manipulable (concrète) du réel dans un cadre explicatif restreint.

Toutefois, si leur pensée s'organise et adopte une logique interne non négligeable, ces enfants n'ont pas encore la capacité d'élaborer seuls un raisonnement hypothético-déductif (Piaget, 1969).

Ainsi, le recours à "l'expérience témoin" dans l'étude d'un phénomène physique quelconque ne leur est pas du tout immédiat (Flandé, 2000). Ils ont beaucoup de difficultés à en voir l'utilité de prime abord.

L'appel à une critique raisonnée (autour de la notion d'isolement de variables par exemple) lors d'un **débat de preuve** leur pose de nombreux problèmes.

En revanche, ces enfants sont capables d'apporter des arguments tout à fait pertinents dans l'explication d'un fait d'observation (Flandé, 2000).

Bref, les enfants de cycle III sont capables de *modéliser* (Baxter, 1989 ; Martinand, 1992 ; Merle, 1999) dans le sens "représenter le réel" afin de trouver une interprétation de celui-ci, de trouver par eux-mêmes des arguments en faveur de celle-ci mais ils éprouvent de grosses difficultés à prouver, via une expérience témoin concluante ou via une mise en relation systémique de différents faits d'observations ou d'expériences, que cette interprétation est la bonne.

Il est possible que cette mise en relation puisse faire l'objet d'un apprentissage à part entière dans la mesure où elle se situe dans la "zone proximale de développement" au sens Vygotskien (voir aspects didactiques).

Les principaux modèles de développement (Wallon, Piaget, ...) s'accordent sur un certain nombre de points fondamentaux : le caractère hiérarchisé du développement infantile, avec des niveaux, étapes, périodes ou stades; le rôle du facteur biologique, c'est à dire endogène, de maturation; le rôle du facteur exogène, c'est à dire du milieu (Jalley, 1995).

C'est pourquoi il nous semble intéressant de présenter ces différents modèles afin d'étayer notre stratégie d'enseignement.

Ainsi, nous élaborerons des tests susceptibles de nous donner des informations sur le niveau de développement cognitif de l'enfant et d'indiquer l'appareillage cognitif avec lequel l'enfant va rentrer dans la séquence d'enseignement.

Aparté : Quelques définitions :

Afin de faciliter la lecture du texte, nous pensons qu'il est intéressant de définir quelques termes que nous allons utiliser tout au long de ce travail. Ces définitions ne sont pas exhaustives et elles seront parfois reprises et mieux contextualisées dans les chapitres qui vont suivre. Mais il nous semblait important de ne pas se lancer « bille en tête » dans ce texte sans préciser quelques termes fondamentaux.

Conception initiale : Nous entendons par conception initiale, les conceptions préalables des enfants avant enseignement, donc avant que la séance ne commence. Ce sont les idées premières des élèves par rapport à une connaissance donnée, idée première qui peut être juste ou erronée mais qui parfois manifeste un fort degré de cohérence. Lorsqu'elles sont très ancrées, on parle souvent « d'obstacles épistémologiques » (Bachelard, 1938).

Enseignement transmissif : On parle parfois de cours magistral. On entend par enseignement transmissif, un enseignement où l'élève n'est pas acteur de son apprentissage, où l'enseignant fait une leçon que les enfants doivent comprendre d'eux-mêmes sans pouvoir interagir entre eux et avec l'environnement (manipulation) (Meirieu, 1987 ; Missonnier, 2002).

Constructivisme (au sens piagétien) : Selon Piaget, l'enfant se construit son savoir, surtout seul, à partir de ce qu'il sait déjà en interagissant via les manipulations avec l'environnement réel. Au sens Piagétien, l'enseignant n'est là que pour organiser l'action (Piaget, 1969) qui facilitera le développement cognitif de l'enfant.

Socio-constructivisme : Constatant certains manques dans cette précédente approche du développement cognitif, certains auteurs (par exemple : Doise, Mugny, Perret-Clermont, Vygotski et Bruner cités par Crahay (Crahay, 1999) et Johsua et Dupin (Johsua et Dupin, 1999)) ont montrés que l'interaction avec les pairs (Doise, Mugny et Perret-Clermont) aidait également au développement et aussi l'interaction avec le maître (Vygotski, Bruner). Dans ces approches, l'enfant est acteur de son apprentissage et l'enseignant n'est pas seulement là pour organiser l'action et la discussion mais il est là aussi pour « maintenir le cap » sans donner de réponses toutes faites contrairement à l'enseignement transmissif. Dans ces approches, il y a action sur l'environnement et interactions avec le maître et les autres élèves.

Mais nous reviendrons sur ces termes au cours de ce texte.

I.1.1) J. Piaget :

J. Piaget s'est intéressé au développement de l'intelligence de l'enfant et pas du tout aux aspects affectifs, les aspects didactiques seront abordés ultérieurement.

Voici les stades piagétiens logico-mathématiques :

(*Recherches pédagogiques, INRP, 1976*)

Stades	Période	Age	Description
Sensori - Moteur	1	0 - 1 mois	Exercices réflexes (suction, ...),
	2	1 - 4 mois ½	Réaction circulaire et schèmes pratiques primaires (préhension)
	3	4 ½ - 8-9 mois	Réaction circulaire et schèmes pratiques secondaires (préhension plus assurée)
	4	8-9 mois- 1 an	Coordination des schèmes secondaires (mouvements des doigts, du coude, de l'épaule, de la vision)
	5,	1 an - 18 mois	Réaction circulaire et schèmes tertiaires, combinaison expérimentale des schèmes et découvertes (l'enfant suit un objet et le retrouve s'il est caché)
	6	18 mois - 2ans	Combinaison <i>mentale</i> des schèmes, Invention et représentation
Pré - Opérateur	1, I	2 à 4 ans	Début de la représentation mentale Apparition de la fonction <i>symbolique</i> (<i>liée au langage</i>)
	2 IIa	4 à 5 ans ½	Prépondérance de l' égoïsme (l'autre voit comme moi) Organisations représentatives statiques
	3, IIb	5 ½ à 7-8 ans	Décentrations. Régulations des représentations plus mobiles. Apparition du groupement opératoire <i>réversible</i> . (Conservation de la substance, Espace topologique)
Opérateur - Concret	4, IIIa	7-8 à 9-10 ans	Opérations concrètes simples et élémentaires. Structures opératoires : classification, sériation, numération. (Conservation du poids, Espace projectif)
	5, IIIb	9-10 à 12 ans	Opérations complexes, concrètes. (Conservation du volume)
Opérateur - Formel	1, IVa	11-12 à 14 ans	Genèse des opérations formelles (organisation mentale de l'isolement des paramètres, début du formalisme) (<i>Raisonnement hypothético-déductif</i> , Espace euclidien)
	2, IVb	14 à 16 ans	Achèvement des opérations formelles

Il est important d'identifier clairement les "portes" que l'enfant doit ouvrir pour accéder successivement aux stades supérieurs : fonction symbolique (sensori-moteur / pré-opérateur), réversibilité (pré-opérateur / opérateur concret), hypothético-déductif (opérateur concret / opérateur formel) (Cohen, 1981 ; Bronckart, 1997).

I.1.2) H. Wallon :

En résumé, Wallon cherche à prendre l'individu dans sa globalité affective et intellectuelle en intégrant les travaux de Piaget et Freud.

Les stades Walloniens :

D'après "la vie mentale" d'H.Wallon, Editions sociales, 1982, p33 et E.Jalley (Jalley, 1995).

Personnalité		
Caractère : stades centripètes : sujet, milieu social <i>L'affectivité, la personne</i>	Age	Intelligence : stades centrifuges : objet, milieu physique <i>L'acte moteur, La connaissance</i>
	0 à 3 mois	Stade impulsif Caractérisé par une sorte de désordre gestuel impulsé par des réflexes toniques de défense et d'attitude, stimulé par l'extérieur.
Stade émotionnel Période de symbiose affective où l'émotion constitue le langage primitif du bébé. Ainsi, <i>l'entourage humain</i> organise progressivement le désordre gestuel initial en émotions différenciées.	3 à 12 mois	
	1 à 3 ans	Stade sensori-moteur et projectif Développement de deux types d'intelligence liés : celle des " <i>situations</i> " issue de la manipulation des objets, et celle " <i>discursive</i> " venant de l'imitation et du langage. La pensée naissante ne peut prendre consistance qu'en s'extériorisant dans le geste imitatif.
Stade du personnalisme Crise de personnalité (vers 3 ans) où l'enfant s' <i>oppose</i> à tout, à l'adulte principalement, ensuite l'âge de la grâce (4 ans) où la <i>séduction</i> prédomine, dans une sorte de narcissisme moteur. Enfin, l' <i>imitation</i> de l'adulte (vers 5 ans) dans ses rôles sociaux prend le pas sur l'opposition ou la séduction. Phase égocentrique au sens piagétien.	3 à 6 ans	
	6 à 11 ans	Stade catégoriel La pensée se développe à partir d'une confusion initiale (<i>syncrétisme</i> , phase pré-catégorielle) jusqu'à la formation des " <i>catégories</i> " (née de la comparaison, donc du classement). L'enfant devient capable d'attention soutenue, de mémoire volontaire, le tout lui permettant de rentrer dans la <i>représentation abstraite</i> et l'explication objective du réel.
Stade de l'adolescence Le Moi prend une importance considérable dans les rapports sociaux tandis que l'enfant passe progressivement du monde des choses aux <i>mondes des lois</i> : lois physiques et mathématiques (hypothético-déductive) comme lois morales à l'origine d'une sorte de "code d'honneur" personnel.	11 à 16 ans	

Remarques :

Il faut faire attention à ne pas assimiler ces stades à des marches qu'il s'agirait de gravir au cours de sa maturation biologique et intellectuelle mais plutôt à un continuum où ces stades seraient les bornes indiquant les étapes franchies au fur et à mesure.

Il est à noter que certains stades sont toujours en développement à l'âge adulte, ils ne disparaissent pas lorsqu'une nouvelle étape est atteinte, ainsi le stade sensori-moteur se développe encore à l'âge adulte (automatismes liés à des pratiques sportives, musicales, professionnelles), par exemple.

Enfin, il est évident que les âges indiqués ne sont que des moyennes, pour notre civilisation, avec tous les problèmes de généralisation que cela peut entraîner. Il faut donc se garder de penser que ces âges sont des valeurs absolues et immuables quelque soit l'enfant.

I.1.3) Aspect problématique :

Pour ce qui concerne notre recherche, les enfants (de 8 à 11 ans) se situent au niveau de la phase de latence de Freud, du stade opératoire concret de Piaget et du stade catégoriel de Wallon.

Ainsi, l'interaction avec autrui (Freud), notamment l'enseignant (Wallon) favorise la décentration (nous en reparlerons dans la partie didactique).

Si on s'intéresse aux aspects logico-mathématiques et physiques, on peut établir le tableau de ce qui est acquis en fonction de l'âge établi ci-dessous :

7/8 ans	9 ans	10/11 ans
Conservation de la substance	Conservation de la substance Conservation du poids	Conservation de la substance Conservation du poids Conservation du volume
Opérations concrètes simples	Opérations concrètes simples et complexes (Exemple : classification périodique)	Opérations concrètes simples et complexes, (Exemple : classification périodique)
Espace topologique	Espace topologique Espace projectif	Espace topologique Espace projectif Début Espace euclidien Début du stade formel (11 ans)

Si on se réfère aux travaux de J. Piaget, il semblerait qu'il y est un moment important autour de 9 ans lorsque les enfants acquièrent la conservation du poids. En effet, les enfants peuvent réussir des opérations complexes où la décentration est mise à l'épreuve et s'abstraire progressivement du réel.

Hélène Merle (Merle, 1999) l'évoque d'ailleurs concernant les changements de référentiel et les problèmes cognitifs que cela pose aux enfants.

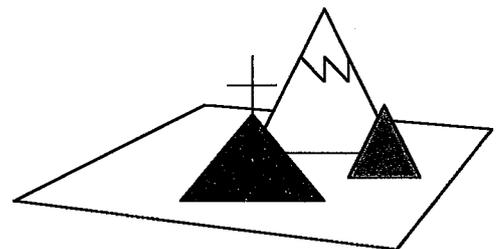
Piaget s'est d'ailleurs intéressé à l'acquisition des opérations liées à la structuration de l'espace (Bideaud, Houdé et Pedinielli, 1998) :

Il distingue trois opérations concernant l'espace : les opérations *topologiques*, premières chez l'enfant, concernant les rapports de voisinage, de séparation, d'ordre, d'enveloppement et de continuité, les opérations *projectives* concernant la coordination des points de vue sur l'objet (perspectives) et les opérations *euclidiennes* concernant le système métrique, les coordonnées et l'analyse des formes.

Cette représentation de l'espace s'élabore selon les étapes suivantes : topologiques, projectives puis euclidiennes.

Cette élaboration nécessite également l'abandon d'un certain **égocentrisme spatial** qui peut être défini comme une double indifférenciation : indifférenciation de l'activité propre et des transformations de l'objet, indifférenciation du point de vue propre et du point de vue d'autrui. Ainsi, l'obligation d'une libération par rapport à l'égocentrisme « primitif » apparaît plus particulièrement dans la construction de l'espace projectif (coordination des perspectives) et est très bien mise en évidence dans le fameux test de J. Piaget et B. Inhelder sur les trois montagnes :

Sur un plateau sont présentes trois montagnes différentes en 3D, dans un premier temps on demande aux enfants de dire ce qu'ils voient d'où ils sont et ensuite on leur demande de choisir le tableau correspondant à ce que verrait un enfant (ou une poupée) dans une autre position par rapport au plateau.



Entre 4 et 7 ans, les enfants assimilent leur point de vue propre à celui que verrait la poupée, entre 7 et 8 ans les enfants admettent un autre point de vue que le leur mais sont incapables de le décrire par défaut de coordination entre les diverses relations impliquées « contaminés » qu'ils sont par leur propre point de vue et enfin à partir de 8-9 ans, l'enfant répond correctement aux questions.

Ainsi, au regard de ce qui a été dit précédemment, il est possible de caractériser certaines capacités cognitives de l'élève en lui faisant passer des tests inspirés très fortement des tests piagétiens.

L'objectif est donc de vérifier si l'enfant a atteint le stade IIIa (9 ans) en analysant ses capacités concernant l'espace projectif, la conservation du poids et la classification additive et multiplicative.

Pourquoi s'intéresser à la conservation du poids et à la classification étant donné que cette recherche se propose de travailler sur l'enseignement de l'astronomie ?

Afin de ne pas tirer de conclusions trop rapides sur le développement cognitif effectif de l'enfant en ne s'appuyant que sur un seul test.

Voici donc les trois tests que nous proposons de faire passer aux élèves :

⇒ Espace projectif : reprenant la démarche présentée à la page précédente, en utilisant des boules de couleur, on se propose de mettre les élèves en situation de décrire ce que verrait un observateur situé à deux endroits différents du leur.

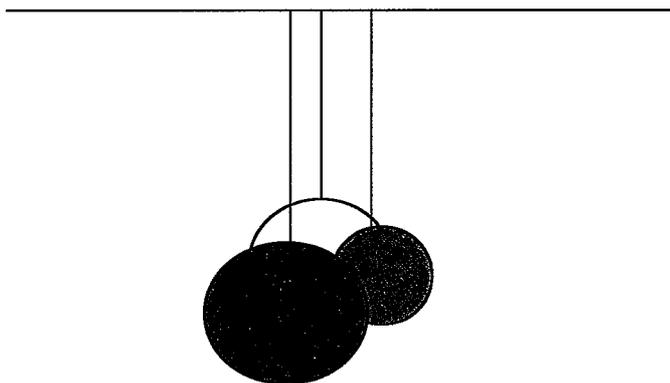
⇒ Conservation du poids : en utilisant une boule de pâte à modeler, on se propose d'interroger les élèves sur la conservation du poids quelque soit la forme de la pâte.

⇒ Classification périodique : en utilisant différentes formes géométriques de différentes couleurs et de différentes tailles, on se propose d'interroger les élèves sur leur capacité à citer plusieurs classifications possibles.

I.13.a) Espace projectif :

Voici la forme qu'a pris le test en classe :

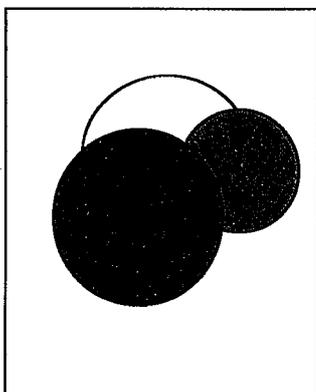
Voici trois boules (une blanche, une rouge, une verte) accrochées à un plafond comme ceci :



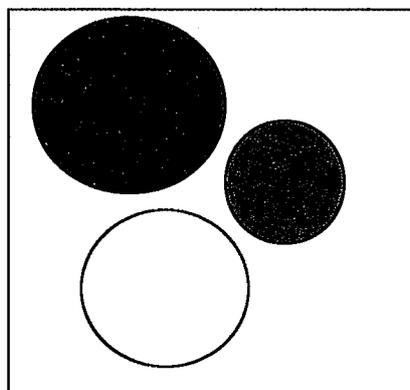
1) Dessiner comment on verrait les boules si on les regardait de derrière la boule blanche :

2) Entourer le dessin qui montre ce qu'on verrait si on regardait en-dessous des boules :

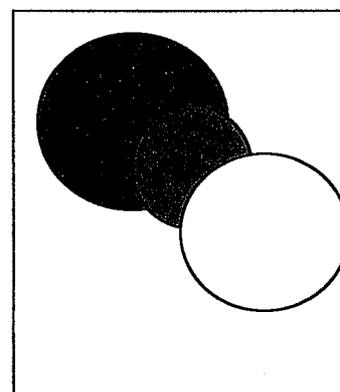
A)



B)



C)



I.1.3.b) Conservation du poids :

Ouvrage : le développement des quantités chez l'enfant, Piaget (1977)

Nous présentons ici la fiche technique extraite de l'Inventaire Piagétien (1977).

Domaines : conservation, invariant, poids, quantités physiques.

Concepts PIAGETIENS : identité, multiplication logique des relations, partition.

Titre du chapitre : la conservation du poids et les déformations de la boulette d'argile

La conservation du poids

PROBLEME ET TECHNIQUE :

Etudier comment se forme la notion d'invariance du poids à travers les déformations d'un objet. Analyser les raisons de son apparition plus tardive que celle de la matière. L'expérimentateur dispose d'une balance (à deux plateaux) et d'une boulette de pâte. Il demande à l'enfant de confectionner une autre boulette de pâte qui ait exactement le même poids. Puis l'expérimentateur déforme l'une des boulette :

- il l'allonge comme un boudin
- il l'aplatit comme une galette
- il la fractionne en petits morceaux

Alors, il demande à l'enfant si les deux morceaux de pâte ont encore le même poids ; l'enfant doit justifier ses réponses. Après chaque déformation, l'expérimentateur retourne la situation initiale des deux boulettes et fait constater leur égalité. Il demande aussi si le poids reste le même dans le cas où il fait tourner l'une des boulettes suspendue au bout d'une ficelle, alors que l'autre boule reste immobile.

Résultats :

Niveau 1 (6 ans). Absence de conservation du poids.

Conservation de la substance dans le cas de petites transformations.

Niveau 2 (6-11ans). Conservation de la substance dans tous les cas. Absence de conservation du poids : « le boudin est moins lourd car allongé, plus mince et plus long »

Niveau 3 (8-11ans). Les enfants admettent la conservation dans certains cas :

- c'est la même pâte
- si on remettait la boule, ce serait la même chose
- la galette est plus mince mais plus large

Mais ils oscillent encore souvent entre la conservation et la non-conservation

Niveau 4 (8-12ans). Les enfants affirment d'emblée l'invariance du poids en le justifiant.

Conservation du poids :

(On trouvera ci-dessous la forme qu'a pris le test en classe)

On a donné aux enfants une boule de pâte à modeler qu'ils ont manipulée, et ensuite on leur a posé les questions suivantes :

Entoure la réponse que tu penses juste :

Quand je fais un boudin avec la boule, garde-t-elle le même poids ?

Oui

Non

Quand je fais une galette avec la boule, garde-t-elle le même poids ?

Oui

Non

Quand je sépare la boule en plusieurs morceaux, ces morceaux gardent-ils le même poids ?

Oui

Non

I.1.3.c) Classification périodique :

Ouvrage : la genèse des structures logiques élémentaires, Piaget (1977)

Nous présentons ici la fiche technique extraite de l'Inventaire Piagétien (1977).

Domaine : Classification

Concepts PIAGETIENS : Figural/non figural, multiplication logique des relations

Titre du chapitre : les facteurs de mobilité rétroactive et anticipatrice dans la constitution des classifications additives et multiplicatives

PROBLEME ET TECHNIQUE :

Comparer les projets de classement énoncés par l'enfant aux classements effectifs, pour vérifier les relations entre l'aspect rétroactif (changement de critère) et l'aspect anticipateur (projet de classement) de la mobilité du raisonnement.

L'expérimentateur dispose d'enveloppes vides et de cartons de formes géométriques classables selon trois formes, trois couleurs et deux grandeurs.

Il présente les éléments mélangés en demandant à l'enfant d'y mettre de l'ordre et de réunir les éléments semblables dans une enveloppe ; il s'agit d'utiliser le moins d'enveloppes possible.

Combien d'enveloppes sont nécessaires ? Que faut-il écrire sur chaque enveloppe ? Montrer ce qu'on va mettre dans chaque enveloppe.

Si l'enfant prévoit trop d'enveloppes au début, l'expérimentateur doit demander s'il ne peut pas faire avec moins d'enveloppes et s'il trouve un critère commun pour un premier classement ; il verra si un deuxième et un troisième classements sont possibles sur le plan de l'anticipation, puis passera à la classification effective.

Résultats :

Niveau 1 (6 ans). L'enfant ne peut prévoir un critère commun de classement, ou bien il y arrive par tâtonnements. Il ne réussit pas à changer de critère.

Niveau 2 (6-7ans). L'enfant donne par anticipation un premier critère, il ne découvre les autres que par tâtonnements effectifs.

Niveau 3 (7-8ans). L'enfant fait le premier classement par anticipation spontanée ; sa prévision du nombre d'enveloppes nécessaires n'est pas toujours correcte. Il passe plus facilement des sous-collections au collections et vice-versa.

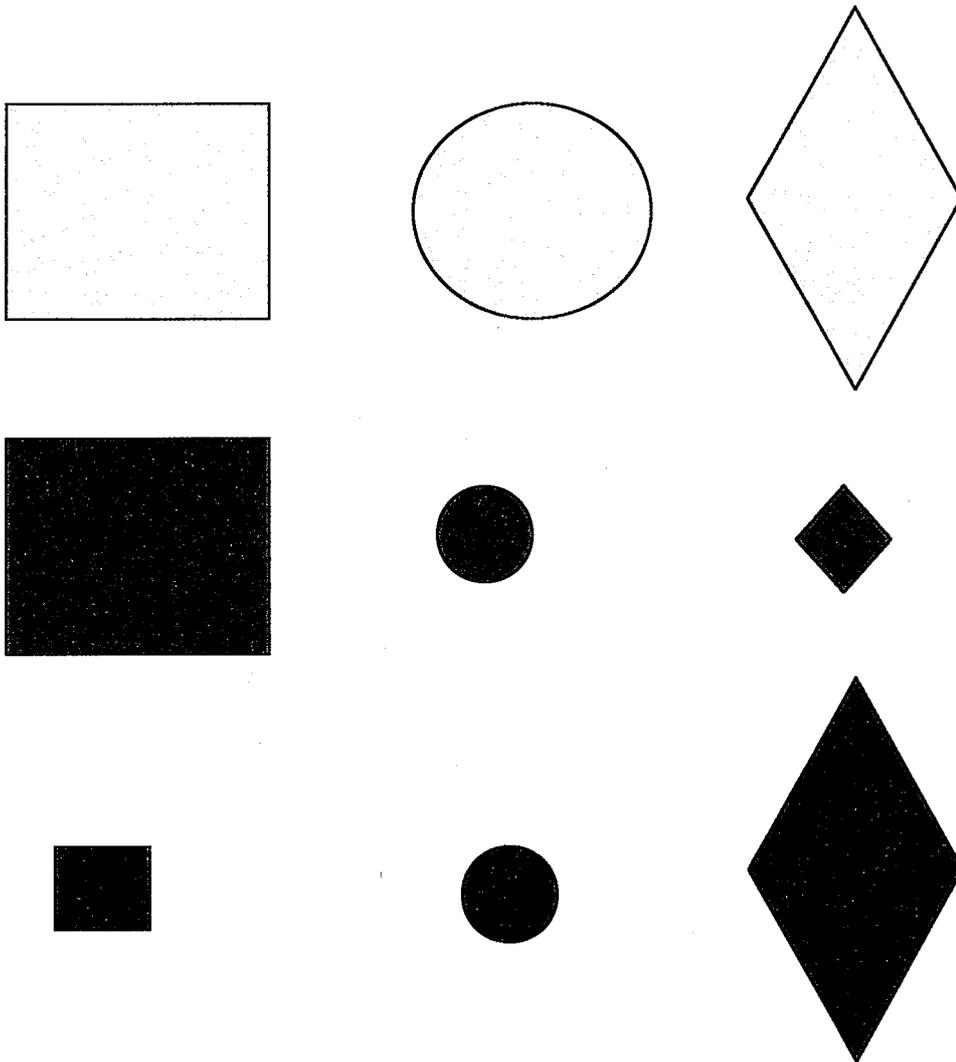
Niveau 4 (8-9ans). Au début, l'enfant anticipe deux critères et cherche le troisième par tâtonnements ; puis il arrive d'emblée à l'anticipation des trois critères possibles.

Classifications périodiques :

(On trouvera ci-dessous la forme qu'a pris le test en classe)

Le principe est le suivant : les enfants sont chargés de trouver le maximum de critères de classement (*trois* : forme, couleur et taille) en classant les formes géométriques suivantes.

On distribue les formes découpées à chaque enfant dans le désordre et ils doivent répondre à la question ci-dessous.



Voici neuf formes différentes.

Le but du jeu : Essayer de trouver le plus de façons possibles de les classer ou les ranger et noter ces façons ici :

Ainsi, à partir de l'ensemble de ces trois tests, nous tenterons d'établir des relations entre les résultats de l'ensemble de ces tests piagétiens et les représentations initiales des enfants.

Il est possible également que ces tests nous permettent d'établir des profils cognitifs distincts d'élèves et ainsi d'évaluer l'impact de la séquence selon le cas (IIb, IIIa ou IIIb).

Par exemple :

Quel est l'impact de l'interaction avec autrui : discussion, interaction sociale, voir le chapitre sur les traces écrites au IV.1.4.c.2), avec l'environnement (expérimentation, modélisation), sur l'évolution des représentations des élèves en fonction de leur profil cognitif ?

Il y a-t-il des relations à défaut de causalités ?

Est-ce qu'un enfant très égocentré (répondant par exemple que « le jour c'est fait pour aller à l'école et la nuit c'est fait pour dormir ») aura un développement cognitif du point de vue piagétien plus proche du stade IIb que du stade IIIb ?

Peux-t-on prévoir les réponses futures des élèves une fois que nous disposons des résultats de tests ?

L'importance, encore hypothétique, des stades de développement cognitif en relation avec l'apprentissage de l'astronomie nous incite à travailler autour du concept de chemin cognitif (Closset, 2001) afin d'affiner nos conclusions.

En résumé :

Pour ce qui concerne notre public, même si les aspects affectifs ne sont pas prédominants dans la phase de latence (6-11ans), l'interaction avec autrui, notamment un pair ou l'enseignant, permettrait de développer ses capacités en favorisant la décentration.

D'un point de vue cognitif, surtout en ce qui concerne les aspects logico-mathématiques, on peut distinguer pour la tranche d'âge 8-11 ans (Classes de CE2 à CM2) trois étapes dans le développement cognitif :

(IIb : 7/8 ans, IIIa : 9 ans, IIIb : 10/11 ans)

Stade IIb : Conservation de la substance, opérations concrètes simples, Espace topologique.

Stade IIIa : Conservation de la substance et du poids, opérations concrètes simples et complexes (classification périodique), espace topologique et projectif.

Stade IIIb : Conservation de la substance, du poids et du volume, opérations concrètes simples et complexes (classification périodique), espace topologique, projectif et euclidien, début du stade formel.

Comme cette recherche s'intéresse à l'enseignement de l'astronomie, l'âge charnière de 9 ans semble être fondamental dans la mesure où l'enfant commence à acquérir des notions concernant l'espace projectif. C'est pourquoi nous nous baserons sur les résultats de trois tests piagétiens pour tenter d'identifier le profil cognitif d'un élève et le mettre en rapport avec l'évaluation finale suite à une séquence en Astronomie.

I.2) Aspects didactiques : Que savons-nous de la nature du savoir à enseigner ?

I.2.1) Contenus :

I.2.1.a) Quels sont les contenus liés au programme officiel :

Programmes officiels (BO no1 14 février 2002 pages 87 et 88) :

« L'objectif est en tout premier lieu d'observer méthodiquement les phénomènes les plus quotidiens et d'engager les élèves dans une première démarche de construction d'un modèle scientifique :

- La lumière et les ombres.*
- Les points cardinaux et les boussoles.*
- Le mouvement apparent du Soleil.*
- La durée du jours et son évolution au cours des saisons.*
- La rotation de la Terre sur elle-même et ses conséquences.*
- Le Système Solaire et l'Univers.*

[...]

Compétences :

Quelques phénomènes astronomiques : « course du Soleil » ; durées des jours et des nuits ; évolution au cours des saisons ; lien avec les boussole et les points cardinaux ; un petit nombre de modèles simples concernant ces phénomènes [...] »

Ainsi, nous choisissons d'établir un ordre chronologique de savoirs à enseigner qui sera justifié ultérieurement :

- ⇒ Le Soleil est une grosse sphère ("boule de feu") très brillante et la Terre, plus petite, est une planète qui n'émet pas de lumière visible par elle-même, de même pour la Lune.
- ⇒ La Terre est une quasi sphère orientée, possédant des propriétés magnétiques (Nord/Sud), sur laquelle les êtres vivants se déplacent, "plaqués" au sol qu'ils sont par l'attraction gravitationnelle.

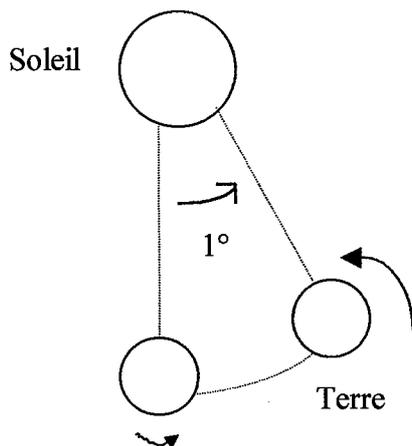
- ⇒ **La Terre tourne sur elle-même** en 1 jour, d'où l'alternance journée/nuit, d'où divers problèmes de référentiel.
- ⇒ **La Terre tourne autour du Soleil** dans le vide interplanétaire en 1 année sur une orbite quasi circulaire.
- ⇒ **Son axe de rotation reste incliné**, de la même façon sur une année, d'environ 23° par rapport à la perpendiculaire au plan de l'écliptique qui passerait par son centre.
- ⇒ Cet axe incliné constant impose une **variation de la durée des journées et des nuits**, donc une variation de la durée de réchauffement au cours de l'année.
- ⇒ De plus, du fait de cet axe incliné, l'angle d'incidence des rayons solaires varient fortement, induisant une **variation de température**, donc le phénomène des saisons.

I.2.1.b) Mise au point théorique :

Afin de préciser les notions abordées dans ce projet, nous rappelons les mouvements de la Terre et leurs conséquences.

La Terre tourne sur elle-même en 23h 56mn et elle tourne autour du Soleil fixe en 365,25 jours sur une trajectoire quasi circulaire avec un rayon moyen de 150 millions de kilomètres.

Si la Terre tourne en 23h56mn sur elle-même, pour qu'un observateur retrouve le Soleil à son point culminant dans la journée, il faut 24h (voir figure 1).



La Terre tourne sur elle-même et **autour du Soleil**, c'est pourquoi, pour retrouver le Soleil dans la même position dans le ciel, sachant que la Terre a tourné d' 1° , il faut rajouter 4mn au 23h56mn du jour sidéral (temps de rotation de la Terre sur elle-même) pour retrouver les 24h du jour Solaire.

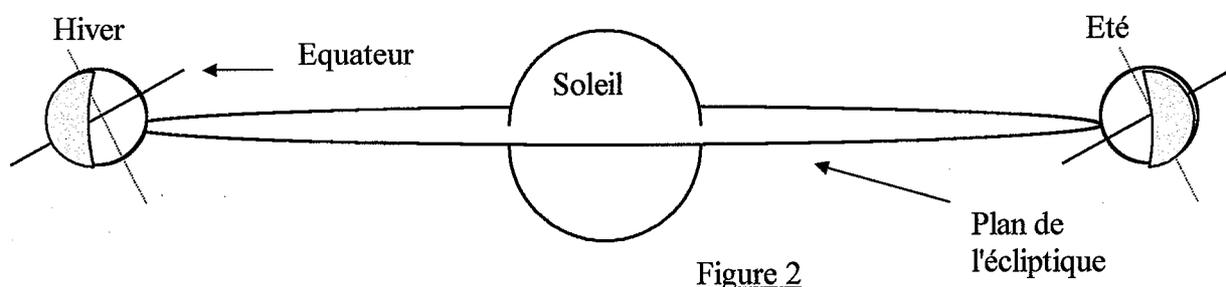
Figure 1

La rotation de la Terre sur elle-même permet d'expliquer l'**alternance jour/nuit**. On pourrait très bien penser que la Terre est fixe et que c'est le Soleil qui tourne autour de la Terre.

En ce qui concerne l'explication de l'alternance journée/nuit, ce raisonnement pourrait être satisfaisant. Mais si des scientifiques tels que Copernic ou Galilée ont préféré l'héliocentrisme au géocentrisme, c'est par recoupement avec plusieurs autres observations (orbites apparentes des planètes visibles à l'œil nu comme Saturne, Mercure, Vénus, Mars ou Jupiter) et par souci de simplification (voir la complexité des épicycles de Ptolémée).

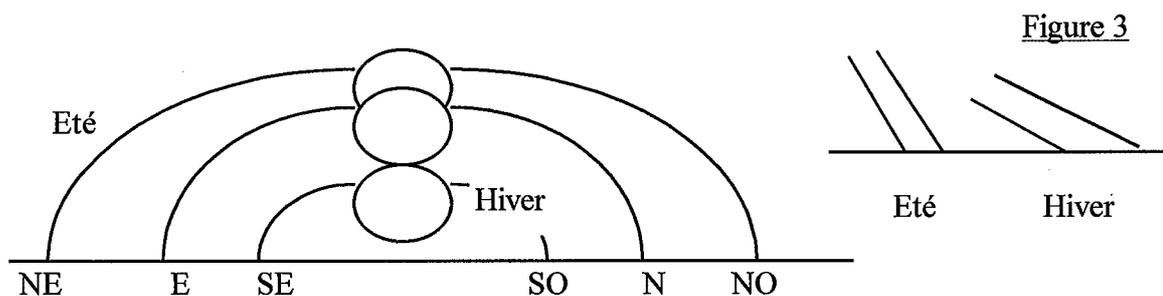
L'explication des durées variables des journées et des nuits au cours de l'année et également des saisons est plus complexe (voir figure 2).

La Terre est plus près du Soleil en Janvier (environ à 147 millions de kilomètres alors qu'elle se trouve à environ 152 millions au mois de Juillet)! Ce n'est donc pas une question de distance. Et si c'était le cas, comment expliquer l'inversion des saisons entre hémisphère Nord et hémisphère Sud ?



L'axe est incliné de 23° par rapport à la perpendiculaire au plan formé par la trajectoire terrestre (plan de l'écliptique) et il reste incliné de la même façon à l'échelle de l'année (voir figure 2).

Le problème vient donc d'une inclinaison des rayons solaires.



Ainsi les rayons solaires frappent le sol avec une inclinaison différente selon la période de l'année, entraînant un changement de température (même quantité de lumière pour des surfaces balayées différente, voir figure 3). Le Soleil étant plus haut en été (les rayons solaires moins inclinés), sa trajectoire dans le ciel est plus longue, donc les journées sont plus longues qu'en hiver où la trajectoire est plus courte (voir figure 4 et 5), donc le Soleil chauffe plus longtemps en été qu'en l'hiver.

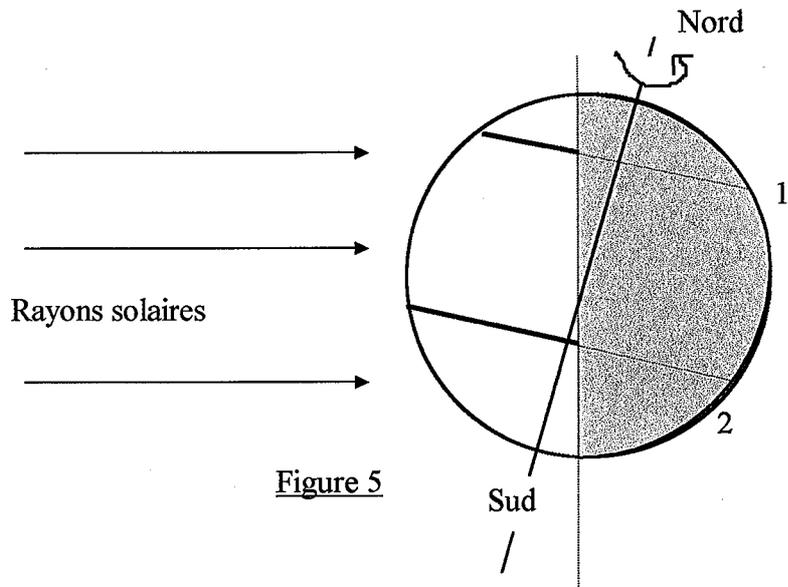


Figure 5

Si on met en parallèle la trajectoire 1 (hémisphère Nord en hiver) et la trajectoire 2 (hémisphère Sud en été), on constate que plus de la moitié de la deuxième trajectoire appartient à la partie éclairée. Ainsi les journées sont plus longues que les nuits. Et inversement pour la première trajectoire.

Cette inclinaison entraîne des variations de températures car les rayons solaires frappent la surface terrestre sur une surface plus grande en hiver qu'en été pour une même quantité de lumière. Ainsi, chaque mètre-carré de sol en hiver est frappé par une quantité moindre d'énergie, d'où la baisse de la température.

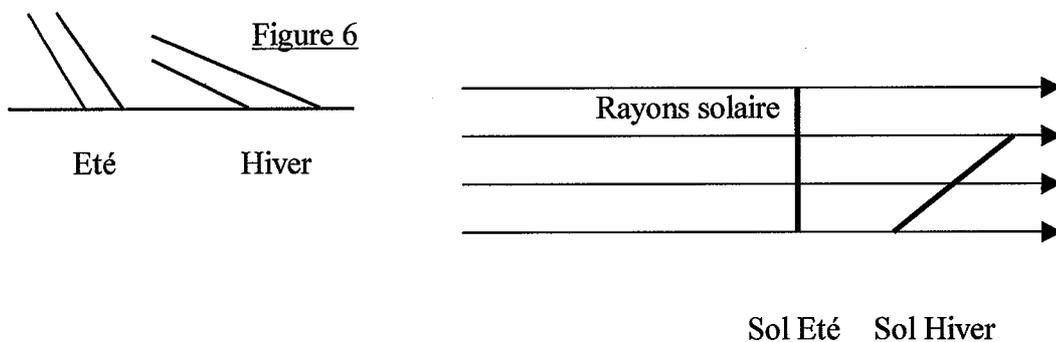


Figure 6

On constate que ces connaissances impliquent chez l'enfant la capacité à mettre en relation des concepts comme luminosité et surface, énergie et sol. On s'imagine alors les difficultés que l'on risque de rencontrer.

I.2.1.c) Justification de l'ordre des séances :

- 1) Tout d'abord, il est nécessaire d'établir que la **Terre est une sphère** afin d'éviter tous les problèmes que pourrait créer l'idée que la Terre est plate. Ensuite, il nous semble fondamental d'aborder le fait que **la Terre n'émet pas de lumière visible** par elle-même et ainsi d'introduire le rôle du Soleil.
- 2) Une fois que l'on sait que la Terre est ronde et qu'elle est éclairée par le Soleil, il s'agit de préciser quelques propriétés de la Terre :

- La Terre est « orientée » Nord/Sud d'un point de vue géographique et magnétique . Ainsi en utilisant une coïncidence : la relative proximité des pôles géographique et **magnétique** , on abordera le rôle et le fonctionnement des boussoles afin de situer les pôles Nord et Sud et ainsi de préparer le travail sur la rotation propre de la Terre.

De plus, la notion d'aimant nous aidera à modéliser l'attraction gravitationnelle.

- La Terre attire les hommes vers son centre (**gravitation**) et ainsi, quelque soit l'endroit où on se trouve, on ne tombe pas dans l'espace. En effet, les enfants se demandent souvent pourquoi les gens du sud ne tombent pas dans l'espace. Il est donc nécessaire d'aborder ce point pour éviter les blocages lorsqu'on abordera les différences de saisons entre l'hémisphère Sud et l'hémisphère Nord et l'inclinaison de l'axe.

- 3) Une fois que l'on a compris que la Terre est ronde, qu'elle est éclairée par le Soleil, qu'elle a deux points importants (les pôles) et que chacun marche sur la Terre sans « tomber » dans l'espace, il nous semble que l'on peut travailler sur **l'alternance jour/nuit** et les différentes explications possibles (voir la séquence plus loin) :

- ① La Terre tourne autour du Soleil fixe sans tourner sur elle-même,
- ② La Terre tourne sur elle-même sans tourner autour du Soleil fixe,
- ③ Le Soleil tourne autour de la Terre fixe,
- ④ La Terre tourne sur elle-même et le Soleil tourne,
- ⑤ La Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil.

4) Pour choisir entre ces différentes explications possibles, il est nécessaire d'introduire d'autres informations, notamment **la différence de durée des journées et des nuits** en fonction de la saison. Ainsi, il est nécessaire d'avoir deux mouvements pour expliquer à la fois l'alternance jour/nuit et la variation annuelle de la durée des journées. On arrive donc à établir qu'il ne reste que les explications ④ et ⑤ comme acceptables et que donc la Terre tourne sur elle-même.

Une fois l'explication ④ éliminée par argument d'autorité (si elle apparaît au 3), ce qui est sera très rare, on peut établir **l'explication de cette variation des durées** via une modélisation établissant l'inclinaison de l'axe de rotation terrestre.

L'argument d'autorité peut être utilisé si la connaissance nouvelle transmise, et non construite, est réinvestie ultérieurement et si cette connaissance se situe dans la zone proximale de développement de Vygotski (Méheut, Larcher, Chomat, 1988).

5) Enfin, l'explication du **phénomène des saisons** découle alors des implications thermiques de cette inclinaison de l'axe en fonction de l'époque de l'année par rapport au Soleil.

I.2.2) Analyse des contenus et liens avec les conceptions spontanées des enfants :

I.2.2.a) Phylogénèse et Ontogénèse : Analyse épistémologique du contenu

Piaget (Dolle, 1974 ; Cohen, 1981), lorsqu'il initia le travail sur le développement intellectuel de l'individu, chercha notamment dans la phylogénèse (étude de l'évolution de l'espèce humaine) si celle-ci ne pouvait pas éclairer l'ontogénèse (développement individuel).

Aujourd'hui, on parle plutôt, surtout pour ce qui concerne l'apprentissage en milieu scolaire, d'apport de l'épistémologie (prise comme l'histoire de la pensée scientifique et étude des conceptions des "anciens") sur la didactique (étude de l'enseignement concernant une discipline, impliquant notamment l'étude des conceptions des élèves).

Cette démarche, impulsée par Piaget et Bachelard (Bachelard, 1938) avait pour but de vérifier des similitudes entre le progrès dans la compréhension de certains concepts scientifiques au cours de l'histoire de l'humanité et le progrès des enfants dans leur appréhension de la réalité (Martinand, 1993 ; Wandersee, 1985).

Gaston Bachelard (Bachelard, 1938) émit l'idée selon laquelle il existe dans la tête des apprenants des "*obstacles épistémologiques*" susceptibles de freiner, voire d'empêcher l'acquisition de nouveaux concepts (Vygotsky, cité par Bronckart et Schneuwly (Bronckart et Schneuwly, 1985)) déclare également que "l'apprentissage scolaire ne commence jamais sur une table rase. Tout apprentissage de l'enfant à l'école a une préhistoire."

Ces obstacles épistémologiques sont ce qu'on appelle des **conceptions** dans le sens où ils sont des systèmes explicatifs, certes primitifs, mais ayant leur cohérence interne, d'où la difficulté de les faire évoluer.

C'est pourquoi, en établissant une petite histoire des conceptions (épistémologie) des savants au cours des siècles et en regardant comment elles ont évolué, il est peut être possible d'éclairer les conceptions préalables des enfants et les moyens de les faire évoluer, même si cela mérite d'être analysé avec précision selon Wandersee (Wandersee, 1985), Martinand (Martinand, 1993) et Viennot (Viennot, 1996).

Quels types d'explications du monde trouve-t-on chez les "anciens" ?

⇒ Influencé par Platon, Aristote écrit (Aristote, ed. 1990) : "Or Dieu et la Nature ne font rien en vain".

Dans les "leçons de physique", Aristote (ed. 1990) écrit "Néanmoins, on demande encore pourquoi les corps légers ou les corps graves se meuvent chacun vers le lieu *qui leur appartient*. Il faut leur répondre que **c'est par une loi de la nature** qu'ils sont en certains lieux, et que ce qui constitue essentiellement le léger et le pesant, c'est que l'un se dirige exclusivement en haut, et que l'autre se dirige en bas".

Peut-on retrouver ce type d'argumentation finaliste chez l'enfant ?

C'est le cas en effet : "la nuit, *c'est fait pour* dormir, le jour, *c'est fait pour* jouer", "Il y a des saisons pour varier, *pour* que ça change".

Ainsi, selon Piaget, les premiers stades de développement de l'individu sont marqués par un égocentrisme radical qui pousse l'enfant à *finaliser* les mouvements naturels. C'est le règne du "**c'est fait pour ...**".

Ce **finalisme** constitue généralement l'explication primitive pour certains élèves, en général assez jeunes comparés aux autres de la même classe.

⇒ Les premiers penseurs grecs (Thalès de Milet, VI^{ème} siècle avant JC, Anaximandre) voyaient une terre plate reposant sur une mer immense (Acker, 1992).

Concernant *la forme de la Terre*, très vite (à partir du IV^{ème} siècle avant JC) l'idée d'une Terre sphérique (Pythagore, Platon, Aristote (Aristote, ed. 1990)) semble prévaloir, même si au cours du moyen-âge, certains auteurs pensent que la Terre est plate.

En effet, très rares sont les enfants de cycle III qui imaginent une Terre plate. La plupart dessinent une terre ronde ("comme une boule" selon leur dire), *en revanche, on retrouve cette idée chez les enfants très jeunes (de 4 à 6 ans) mais ils ne constituent tout de même pas une majorité parmi les enfants de cet âge.*

⇒ Toutefois, ce n'est pas parce qu'on visualise une Terre sphérique qu'on abandonne immédiatement l'idée qu'il existerait une sorte d'**orientation "absolue"** (au sens newtonien) de celle-ci du haut vers le bas (ou du bas vers le haut). Ainsi, le pôle Nord serait en haut (respectivement en bas) et le pôle Sud en bas (respectivement en haut). C'est ce qu'on retrouve dans les écrits de Pythagore (cité par Aristote (Aristote, ed. 1990)), d'Aristote : "J'entends par la longueur du monde, l'intervalle entre ses pôles, **l'un des pôles étant en haut, et l'autre en bas** :

car la différence que nous relevons dans les deux hémisphères, et dans ceux-là seulement, c'est le défaut de mouvement des pôles" (Aristote, éd. 1990).

Un exemple de conceptions d'enfants (CMI), la question était :

Dessine un bonhomme en France et en Australie.

Quelle est la forme

de la terre : un cercle

du soleil : un cercle solaire



Comme Ottmarsheim s'est en haut j'ai fait les hommes à l'envers
et Australie s'est en bas alors j'ai fait les hommes à l'envers

On constate sur ce dessin d'enfants, que malgré une bonne représentation des personnages, le texte montre que l'enfant oriente la représentation (« c'est en haut, c'est en bas »).

Hélène Merle (Merle, 1999) cite quelques auteurs du moyen-âge, encore plus radicaux que ces penseurs grecs : "Qui serait assez insensé pour croire qu'il puisse exister des hommes dont les pieds seraient au-dessus de la tête, ou des lieux où les choses pourraient être suspendues de bas en haut, les arbres pousser à l'envers ou *la pluie tomber en remontant* ? Où serait la merveille des jardins de Babylone s'il nous fallait admettre l'existence d'un monde suspendu aux antipodes ?" (Lactance, précepteur du fils de l'empereur Constantin, cité par Hélène Merle). Cette idée est reprise par Saint-Augustin et l'église qui verra dans la "croyance aux antipodes" une raison d'hérésie.

On retrouve ce type de raisonnement chez de nombreux enfants, l'un d'entre eux m'ayant même déclaré une fois : "mais si on penchait la Terre vers le Soleil, les gens *tomberaient* dans l'espace !!".

⇒ En ce qui concerne les explications des mouvements apparents du ciel, tout le monde sait que la plupart des auteurs avant Copernic (excepté Aristarque de Samos (Merle, 1999) voyaient **une Terre immobile au centre de l'Univers** (Acker, 1992) autour de laquelle tournaient les objets célestes : "Ainsi donc, la Terre ne se meut pas, et elle n'est pas non plus située ailleurs qu'au centre : voilà ce qui résulte manifestement des considérations qui précèdent" (Aristote, ed. 1990).

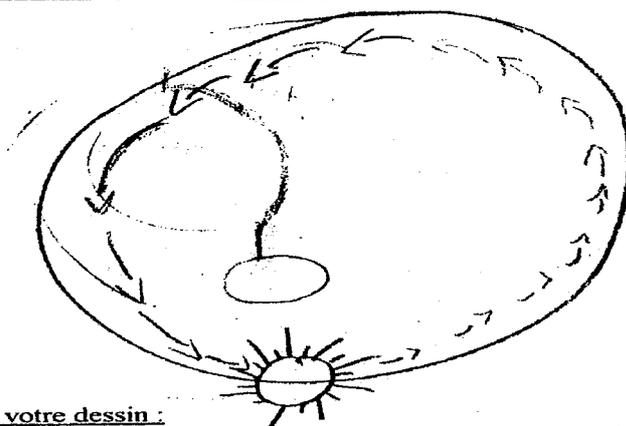
De même, retrouvons-nous des enfants qui mettent la Terre au centre en faisant tourner le Soleil pour décrire l'alternance Jour/Nuit :

**Astronomie,
Classe de CM2 de Wittelsheim, M^{me} Kempf**

Nom et prénom : Nadia

1) Expliquez pourquoi il fait tantôt jour, tantôt nuit sur la Terre :

Dessin :



Expliquez votre dessin :

la terre est fixe et le soleil tourne autour d'elle.
le soleil fait 1 an ^{pour} faire un tour complet.
quand la...

D'ailleurs, chez les nombreux élèves qui font tourner la Terre, rares sont ceux qui arrivent à argumenter correctement leur point de vue, et il est souvent aisé de les faire douter en s'appuyant sur leurs "expériences premières" au sens de Bachelard (Bachelard, 1938).

⇒ En revanche, nous n'avons pas trouvé beaucoup d'auteurs évoquant une explication éventuelle des variations des durées des jours et des nuits, ou des saisons.

Seul **Hipparque de Nicée** (140 av JC) évoque ce sujet par rapport à la précession des équinoxes. D'après René Taton (Taton, 1966), il semblerait qu'Hipparque ait pensé à la fois que le Soleil était plus près de la Terre en été et plus loin en hiver et que l'axe de rotation du ciel était incliné (vision géocentrique).

Ayant établi quelques ponts entre la pensée des anciens et des enfants, regardons si on ne peut pas déceler d'autres types de conceptions chez les élèves de cycle III en s'appuyant sur les recherches récentes.

I.2.2.b) Les résultats des recherches en didactique :

Les recherches en didactique des sciences s'appuient essentiellement sur l'idée, vérifiée dans de nombreuses situations, que les enfants, avant même d'aborder un sujet, ont déjà des représentations, des **conceptions initiales** qu'il s'agit non de détruire, mais de faire évoluer (Osborne, Bell & Gilbert, 1983; Astolfi & Develay, 1989 ; Johsua et Dupin, 1999 ; Closset, 1992).

Depuis environ 25 ans, de nombreuses études ont permis de déceler une bonne partie de ces représentations, notamment en ce qui concerne l'astronomie au cycle III.

Que disent ces recherches ?

Afin de structurer la présentation de ces études, il me semble nécessaire de rappeler les connaissances et concepts qui interviennent dans la compréhension du mouvement de la Terre :

- ① Le Soleil est une grosse "boule de feu" très brillante et la Terre, plus petite, est une planète qui n'émet pas de lumière visible par elle-même,
- ② La Terre est une quasi-sphère sur laquelle les êtres vivants se déplacent, "plaqués" au sol qu'ils sont par l'attraction gravitationnelle,
- ③ La Terre tourne sur elle-même en 1 jour, d'où l'alternance journée/nuit, d'où divers problèmes de référentiel,
- ④ La Terre tourne autour du Soleil dans le vide interplanétaire en 1 année sur une orbite quasi circulaire,
- ⑤ Son axe de rotation reste incliné, de la même façon sur une année, d'environ 23° par rapport à la perpendiculaire au plan de l'écliptique qui passerait par son centre,
- ⑥ Cet axe incliné constant impose une **variation de la durée des journées et des nuits**, donc une variation de la durée de réchauffement au cours de l'année,

De plus, du fait de cet axe incliné, l'angle d'incidence des rayons solaires varient fortement, induisant une **variation de température**, donc le phénomène des saisons,

① **En ce qui concerne le Soleil**, une grande majorité des enfants en âge d'école primaire s'entendent sur l'idée que c'est une "**grosse boule de feu**" (Sharp, 1996). La plupart des élèves sont persuadés que le Soleil est plus gros que la Terre (Sharp, 1996).

En revanche, il est intéressant de constater certaines contradictions. En effet, si les enfants assimilent le Soleil à une étoile, ceux-ci n'hésitent pas à classer les étoiles comme étant des objets célestes plus petits que la Terre (Sharp, 1996).

D'après J. Sharp, il semblerait que cette contradiction vienne principalement de la confusion sur la nature exacte de ce qu'est une étoile et non sur ce que peut être le Soleil.

L'idée que la Terre n'émet pas de lumière visible par elle-même est peu abordée. C'est surtout dans l'étude du cas des phases de la Lune que le concept de source secondaire est utilisé (Sharp, 1996 ; Jones, Lynch & Reesink, 1987).

❷ **Forme de la Terre** : Rares sont les enfants qui pensent que la Terre est plate (Sharp, 1996; Arnold, Sarge & Worrall, 1995), la grande majorité s'accordant sur une sorte de « boule ronde ». Toutefois, l'attraction gravitationnelle est moins bien assimilée (Sharp, 1996; Arnold, Sarge & Worrall, 1995, Baxter, 1989). En effet, si on demande aux enfants de représenter des personnages sur l'ensemble de la surface terrestre, de nombreuses difficultés apparaissent :

Exemples de croquis produits par des enfants de niveau cycle III :

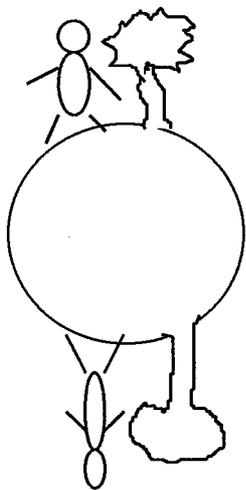


Figure 7 : correct

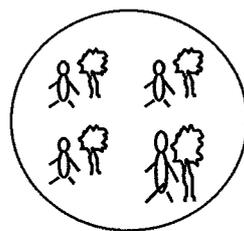


Figure 8 : perspective

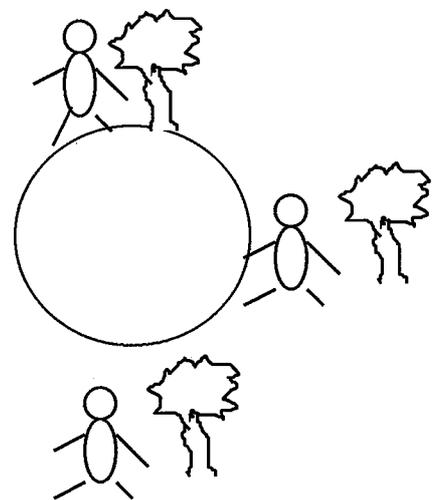


Figure 9 : Haut/bas

Les auteurs cités constatent que beaucoup d'enfants représentent une attraction vers le bas de la feuille de dessin (figure 9). Nous aurions tendance à considérer, après interviews, que cela vient d'un problème lié à une orientation « absolue » de l'espace.

De nombreux auteurs se sont intéressés à ce sujet, voici une synthèse de leurs résultats

Conceptions initiales schématisées	Nussbaum Elèves de 10 ans Israël	Vosniadou Elèves de grade 3/5 USA	Baxter Elèves de 9/10 ans Angleterre	Merle 9/10ans France
	50%	7,5%	17%	8,5%
	12%	25%	0%	0%
	20%	7,5%	83%	47%
	18%	50%	0%	44%

Il semblerait (John G. Sharp, 1996; Arnold, Sarge & Worrall, 1995, Baxter, 1989) que l'idée d'une attraction **vers le centre** de la Terre n'est pas très claire dans l'esprit des élèves. En interrogeant certains enfants sur ce sujet lors de classes astronomie, j'ai pu vérifier une certaine confusion dans l'**orientation** de l'attraction.

Parfois, lors de discussions, certains écoliers (voir figure 8) semblaient persuadés que nous vivions **à l'intérieur** de la Terre.

Si les élèves semblent sentir confusément qu'il y a une attraction, ils ne savent pas dans quel sens il faut la représenter.

De plus, les enfants de cet âge éprouvent de sérieuses difficultés quand il s'agit de **se mettre à la place** de quelqu'un d'autre (les Australiens, par exemple).

C'est le fameux problème de référentiel et de décentration piagétienne évoqués par Hélène Merle (Merle, 1999).

③ **Rotation** : On aborde ici ce qui constitue l'explication de l'**alternance journée/nuit**.

Lorsque l'on demande aux écoliers (9 à 11 ans) de donner un modèle susceptible d'apporter des éclaircissements sur le phénomène journée/nuit, plusieurs raisonnements apparaissent (Baxter, 1989 ; Pierrard, 1992; Sharp, 1996 ; Merle, 1999) .

Exemple : résultats d'Hélène Merle (Merle, 1999) :

Modèles	Pourcentage (250 réponses)
Soleil derrière la colline	7%
Soleil derrière les nuages	10%
Soleil derrière la Lune	9,5%
Soleil tourne autour de la Terre	12%
Terre tourne autour du Soleil	30%
Terre tourne sur elle-même	31,5%

Donc, une forte majorité (que j'ai pu constater moi-même sur le terrain) pour dire que la Terre tourne (sur elle-même et/ou autour du Soleil).

S'il s'agit de répondre à la question : "expliquer les jours et les nuits ?", les trois dernières réponses sont tout à fait acceptables à la lumière des faits d'observations.

Difficile de trancher cette question sans apporter d'autres informations (durée, position du Soleil, distance, ...)

Il ne faut pas négliger un fait important : **certains enfants s'amuse avec le chercheur!** En effet, ils ont beau savoir que la Terre tourne sur elle-même, ils testent les capacités d'argumentation du chercheur en proposant des explications cohérentes mais fausses : « le Soleil s'éteint comme une lampe », par exemple.

Je l'ai vécu en classe et cela m'a été rapporté par une demi-douzaine d'enseignants ayant travaillé sur ce thème.

Au regard de discussions avec les élèves, il semble qu'une majorité d'écoliers penchent généralement pour la dernière explication. Mais cela reste à vérifier.

En ce qui concerne les changements de référentiel, le travail d'Hélène Merle (Merle, 1999) semble montrer, je cite, que *"l'analyse de mouvements avec changements de référentiel est difficile pour des enfants lorsque les mouvements mis en cause sont des mouvements de rotation"*.

En effet, les enfants ont tendance à faire tourner la Terre dans le même sens que celui du ciel alors que c'est le contraire.

Même si ce problème n'est peut-être pas directement lié à l'explication des saisons, il nous permet de vérifier une nouvelle fois que les enfants ont du mal à se mettre à la place de quelqu'un d'autre, à changer de point de vue. C'est malheureusement la base pour comprendre l'astronomie.

Toutefois, comme le dit Hélène Merle (Merle, 1999), ces expérimentations manquaient de supports visuels manipulables, les enfants devaient donc raisonner abstraitement, ce qui ne facilita pas leur travail.

Qu'en serait-il s'ils avaient eu la possibilité d'utiliser des modèles (type balle et lampe)?

④ **Révolution** : Pendant des siècles, de grands savants étaient persuadés de la validité du système géocentrique en s'appuyant sur des données d'observations.

Seuls des recoupements fins et complexes permettent de faire pencher la balance vers le système copernicien. Les observations précises de Tycho Brahé de la trajectoire de Mars furent à l'origine du changement définitif de point de vue grâce à l'exploitation qu'en fit J.Kepler.

La question qui se pose alors est la suivante : *comment faire accepter aux enfants que la Terre tourne sur elle-même en un jour et autour du Soleil en un an ?*

La variation des durées des journées et des nuits ainsi que le phénomène des saisons sont des données observables par les enfants qui permettent d'introduire le cycle annuel après le cycle journalier.

Comment expliquer ce cycle annuel ?

Les études sont vagues sur le sujet, il faut se pencher sur les manuels scolaires. C'est souvent par l'intermédiaire des calendriers de la poste indiquant la durée des journées ou par la taille des ombres (Defer & Thierry, 1994) ou par les saisons (Tavernier, 1995) que l'idée de cycle annuel est introduit.

Les recherches sur le sujet (Pierrard, 1992; Baxter, 1989; Sharp, 1996; Jones, Lynch & Reesink, 1987) montrent que les enfants semblent assez majoritairement en faveur de l'idée que la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil une fois que l'explication de l'alternance jour/nuit a été abordée.

⑤ **Axe incliné** : En fait cette question est principalement étudiée via l'explication des saisons.

Quelles sont les réponses des enfants sur ce sujet (Pierrard, 1992 ; Baxter, 1989 ; Sharp, 1996 ; Merle, 1999)?

Modèles ou conceptions initiales	Elèves de CM1 (Classe de Merle) 132 élèves
Les planètes prennent la chaleur du Soleil	9%
Les nuages expliquent les saisons	6,5%
La distance varie entre l'été et l'hiver	23,5%
Le Soleil va de l'autre côté de la Terre donner sa chaleur	27%
Les plantes changent les saisons	7,5%
La Terre est inclinée	26%

Il nous semble important de signaler que les résultats obtenus par nos prédécesseurs proviennent de tests passés sous forme de Questions à Choix Multiples, dont on connaît les problèmes qu'ils peuvent causer si l'ensemble des réponses possibles ne sont pas balayées.

Et effectivement, nous avons pu constater des écarts (voir III) Expérimentations) dans les réponses des élèves qui ne peuvent être ignorés.

⇒ Une bonne proportion des écoliers pense que le phénomène des saisons (et parfois la variation de la durée des journées) s'explique par une **variation de distance** entre le Soleil et la Terre, la Terre étant plus près du Soleil en été qu'en hiver.

⇒ Un nuage cache le Soleil.

⇒ La chaleur s'en va et/ou c'est fait pour (réponse assez classique lorsque les enfants n'ont pas d'idée).

⇒ L'axe de la Terre est incliné, souvent mal maîtrisé par ceux qui l'expriment.

La variation des durées des journées et des nuits est constatée expérimentalement par les enfants, mais rarement expliquée en profondeur. Il ne suffit pas de parler d'axe incliné.

Je n'ai pas trouvé de recherches qui se seraient intéressées à cette relation, seuls quelques manuels se penchent sur ce thème (Defer & Thierry, 1994 ; Tavernier, 1995).

Pourtant, cela me semble être une bonne entrée pour conclure à l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre.

⑥ **Durée des jours et Saisons** : De nombreux manuels évoquent l'inclinaison des rayons solaires (Defer & Thierry, 1994 ; Tavernier, 1995), pour expliquer les saisons. Toutefois, je n'ai pas trouvé d'études qui portent précisément sur ce point, exceptée celle d'H.Merle (Merle, 1999). De plus, l'explication de la variation de température reste très vague et me semble-t-il difficilement compréhensible par des enfants de cycle III, telle quelle est présentée dans ces manuels (explication en terme de variation de surface/à la quantité de lumière).

Sachant à quel point il est difficile pour des enfants de cet âge de lier des paramètres entre eux (Genzling & Riber, 1988) dans un raisonnement, on peut être très dubitatif sur les propositions de ces manuels. De plus, aucune expérience concrète n'est indiquée.

Concernant la représentation du mouvement de la Terre en **perspective** et les problèmes **d'ombres**, on peut indiquer qu'avant 11-12 ans, les enfants ont du mal à maîtriser le passage du cercle (vue de dessus) à l'ellipse (vue de 3/4) (Piaget, 1977 ; Soufflet, 1985) et qu'ils ont des difficultés avec la délimitation des ombres sur une sphère (Piaget, 1977).

En résumé, il semblerait que le thème des saisons (donc de l'axe incliné de la Terre) soit peu abordé dans les recherches évoquées (exceptée celle d'Hélène Merle (Merle, 1999)). Si les représentations initiales sont bien décrites (Baxter, 1989), l'analyse du pourquoi et du comment y remédier reste confuse.

En résumé :

Les conceptions initiales concernant les concepts abordés sont plutôt bien connues (excepté peut-être sur ce que savent les enfants à propos des boussoles), mais les travaux liés à l'enseignement de ces concepts s'arrêtent très souvent à l'alternance jour / nuit.

Sur ce point, le passage par des phases de modélisation semble privilégié. D'après les auteurs, si l'apprentissage de la forme de la Terre et l'alternance jour/nuit ne posent pas trop de problèmes, sauf peut-être en ce qui concerne le rôle de la Lune, la gravitation en pose plus et on s'attend à connaître plus de difficultés lors de cette séance.

En revanche, peu d'études abordent l'apprentissage de l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre via la modélisation en classe de la variation de la durée des journées et des nuits au cours de l'année exceptée celle d'Hélène Merle (Merle, 1999) bien qu'elle s'attache avant tout au problème de changement de référentiel.

L'explication du phénomène des saisons en classe est également peu évoqué. L'apprentissage de cette connaissance nécessite de mettre en relation de nombreux concepts très complexes : inclinaison de l'axe de la Terre, répartition spatiale de l'énergie de rayonnement en fonction de cette inclinaison, variation de durée des journées et des nuits au cours des saisons. On s'attend donc également à connaître des difficultés sur ces thèmes. On peut noter que la représentation en perspective (ellipse) et la délimitation des ombres pourraient constituer des obstacles épistémologiques importants.

Notre objectif est donc d'élaborer une séquence d'enseignement susceptible d'aider l'élève à comprendre le rôle de **l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport aux variations de températures** en relation avec les saisons.

I.2.3) L'enseignement usuel : Qu'en savons-nous ?

Lors de l'année 2000/2001, j'ai demandé à deux enseignants titulaires de CM1, ce qui correspond à 58 élèves, d'enseigner une séquence d'Astronomie de manière « classique », comme ils le faisaient d'ordinaire (sous-entendu transmissif) sur les thèmes suivants :

- ⇒ Rotondité de la Terre
- ⇒ Boussoles
- ⇒ Gravitation
- ⇒ Alternance jour/nuit
- ⇒ Durée des jours et des nuits
- ⇒ Saisons

Nous avons relevé les caractéristiques suivantes de leur enseignement :

L'enseignant « transmet » le savoir et c'est à l'élève d'assimiler seul les nouvelles connaissances. L'élève est seul, il ne travaille pas en groupe **et à aucun moment il ne visualise un modèle en trois dimensions**, que ce soit en le manipulant ou que ce soit lors d'une démonstration faite par l'enseignant devant la classe (type leçon de choses).

Nous considérons que cet enseignement usuel constitue ce qu'on pourrait définir comme un **enseignement à « dominante transmissive »** (Meirieu, 1987 ; Missonnier, 2002) dans la mesure où l'enseignant donne un cours magistral en s'appuyant sur des documents, l'enfant est relativement passif, il se doit d'apprendre par cœur les nouvelles connaissances sans les soumettre à la manipulation.

Ainsi, l'enseignant structure la séance sans apport des élèves.

Le déroulement est le suivant pour chaque séance :

- 1) *Présentation du sujet par le maître, petite discussion,*
- 2) *Lecture d'un texte sur le sujet individuellement,*
- 3) *Le maître retire du texte les points importants (avec le concours de quelques élèves bien sûr), petite leçon supplémentaire éventuellement, mais c'est lui qui donne la phrase de structuration.*

Description : durée : environ 45minutes à 1h30 minutes par séance.

Séance 1 : Rotondité de la Terre ! (45min)

- 1) Présentation du sujet par l'enseignant.
- 2) Etude de documents (Tavernier).

La Terre est ronde

Renseigne-toi

- ☒ Que signifie l'expression : « faire le tour du monde » ?
- ☒ Apporte des photographies qui montrent que la Terre est ronde. D'où a-t-on pu prendre de telles photographies ?

1

Au cours des siècles, les idées ont évolué.

Babylone, 6 000 ans avant J.-C.

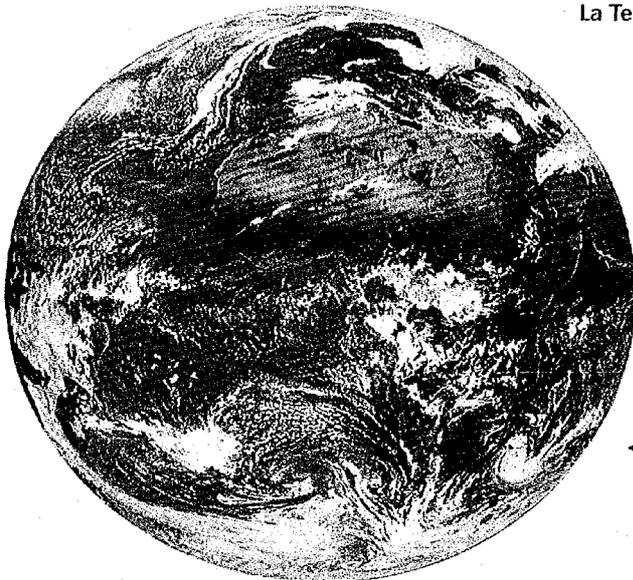
La Terre est une galette plate entourée d'eau. Le char solaire parcourt chaque jour la voûte céleste.



Grèce, 500 ans avant J.-C.

Les marins grecs, en découvrant des étoiles inconnues lors de voyages vers le Sud, confirment les idées de certains philosophes qui pensent déjà que la Terre est sphérique.

Plus tard, le philosophe Aristote (vers 350 avant J.-C.), en utilisant d'autres observations, affirme que la Terre est sphérique.



La Terre est-elle plate ou sphérique ?

Actuellement, la question n'a plus de sens : tout le monde sait que la Terre est ronde et que sa circonférence est de 40 000 km.

◀ Photographie de la Terre prise d'une navette spatiale.

- 3) Structuration : « La Terre est une sphère comme le Soleil, le Soleil éclaire la Terre », plus schéma.

Séance 2 : Boussoles (1 heure)

- 1) Présentation du sujet par l'enseignant.
- 2) Etude de documents, livres, utilisation de boussoles par le maître.
- 3) Structuration : « Les boussoles indiquent la position du Nord grâce à une aiguille aimantée ».

Séance 3 : Gravitation (1 heure)

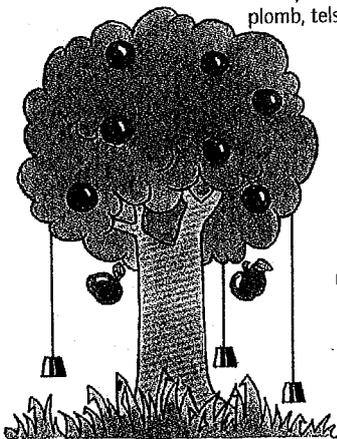
- 1) Présentation du sujet par l'enseignant.
- 2) Etude de documents (Tavernier).

A chacun sa verticale.

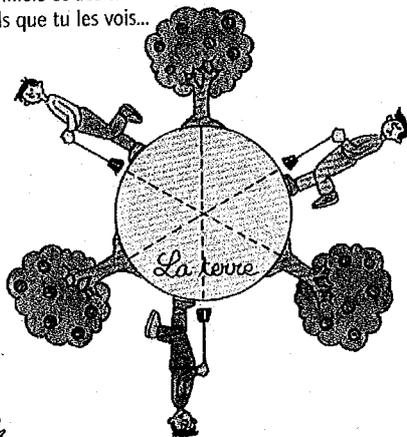
De l'autre côté de la Terre, les hommes ne tombent pas. Ils n'ont pas, non plus, l'impression d'avoir la « tête en bas ». Où qu'ils soient, les hommes marchent sur leurs pieds et ont l'impression d'avoir la « tête en haut ». Chacun a sa verticale et tous les objets tombent en suivant la verticale du lieu où ils se trouvent. Toutes ces verticales se coupent au centre de la Terre.



Des pommiers et des fils à plomb, tels que tu les vois...



...quand tu es sur la Terre...



...et si tu pars dans l'espace.

Activités

- 1 Les représentations anciennes de la Terre s'appuient sur des observations. Lesquelles ?
- 2 Quels continents reconnais-tu sur la photographie de la Terre (fig. 1). Reconnais-tu les océans, les nuages ? Regarde un globe terrestre et essaie de comprendre d'où a été prise cette photographie ?
- 3 Apporte des photographies, découpées dans des catalogues, prises dans l'hémisphère Sud. Les maisons, les arbres, les personnes sont-elles « la tête en bas » ?
- 4 Place des bonshommes debout, sur un ballon représentant la Terre. Ces personnages tiennent-ils si tu ne les colles pas ?

J'ai découvert

La Terre est sphérique. Quel que soit le lieu, à la surface de la Terre, chaque objet tombe suivant la direction verticale. A l'échelle du globe, les verticales ne sont pas parallèles, mais se coupent au centre de la Terre.

Mots importants
verticale, centre de la Terre.

- 3) Structuration : « les Australiens marchent sur la Terre comme nous et les personnes sont attirés par le centre de la Terre à cause de l'attraction gravitationnelle », plus schéma.

Séance 4 : Alternance jour/nuit (1h30)

- 1) Présentation du sujet par l'enseignant.
- 2) Etude de documents (Tavernier).

La Terre tourne sur elle-même

Renseigne-toi

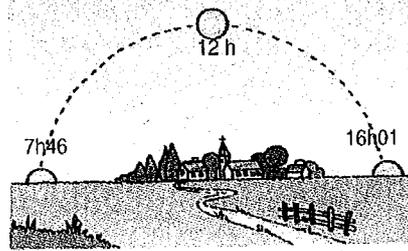
- ☉ Quels phénomènes se produisent tous les jours, comme par exemple la succession du jour et de la nuit ?
- ☉ Le jour comme la nuit, il y a des étoiles dans le ciel, mais on ne les voit pas pendant la journée. Sais-tu pourquoi ?

1

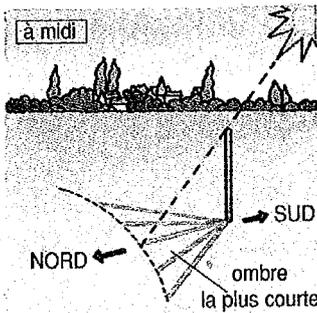
Des phénomènes faciles à observer.

Le Soleil semble se déplacer dans le ciel au cours de la journée

le 31 décembre



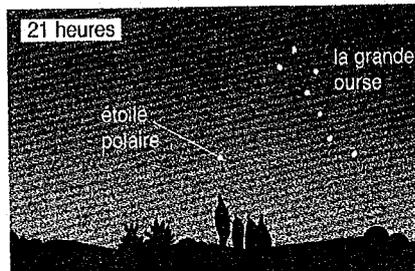
Les ombres se déplacent



L'ombre la plus courte indique le Nord. Elle a été relevée en milieu de journée : c'est midi, heure solaire.

La ronde des étoiles, la nuit, dans le ciel
Les étoiles semblent tourner lentement, au cours de la nuit, autour de l'étoile polaire.

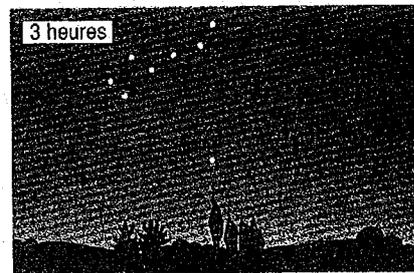
21 heures



minuit



3 heures



- 3) Structuration : « Les ombres tournent car la Terre tourne sur elle-même et le Soleil n'éclaire que la moitié de la Terre à chaque fois, c'est pourquoi il y a des jours et des nuits », plus schéma.

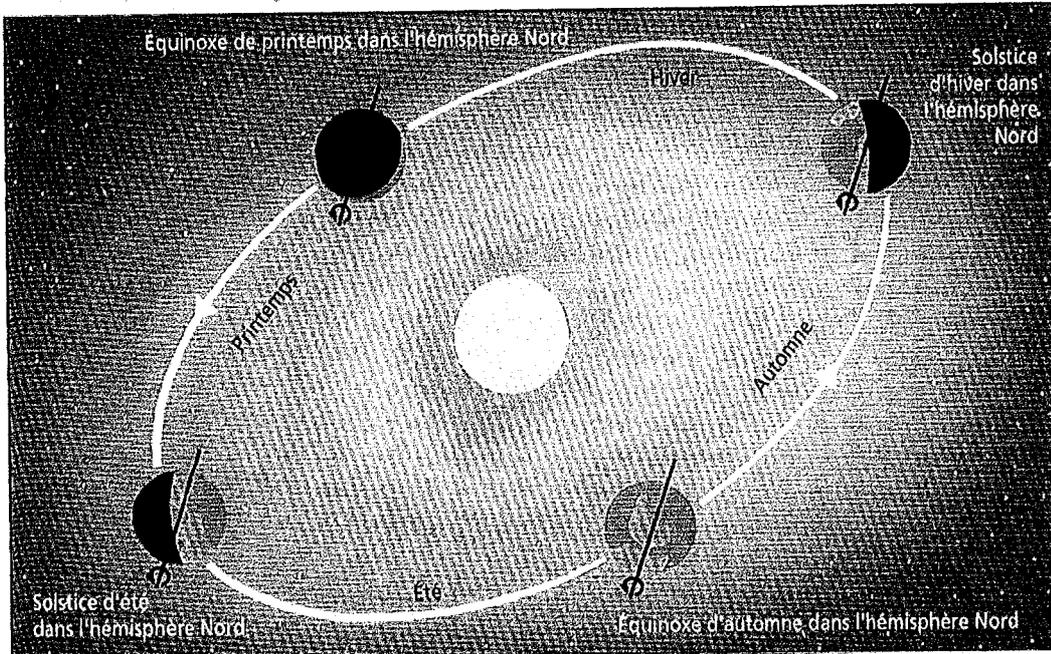
4) **Séance 5 : Durée (1h à 1h30)**

0) Phase préliminaire, mathématiques : Calculs de durée entre le lever et coucher du Soleil (1h).

- 1) Présentation du sujet par l'enseignant.
- 2) Etude de documents (Tavernier).

► **La rotation de la Terre autour du Soleil et les saisons**

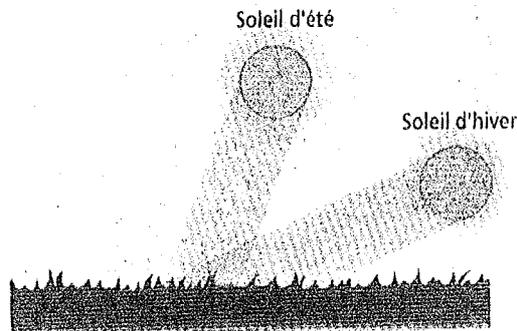
En France, la durée du jour et la durée de la nuit varient au cours de l'année.



L'orbite de la Terre autour du Soleil.

Si l'axe de rotation de la Terre n'était pas incliné par rapport à son orbite autour du Soleil, la durée des jours serait égale à la durée des nuits. Comme l'axe de rotation est incliné, la durée du jour n'est pas toujours la même.

Il fait plus chaud en été qu'en hiver parce que les rayons du Soleil sont moins inclinés.



Dans l'hémisphère nord :

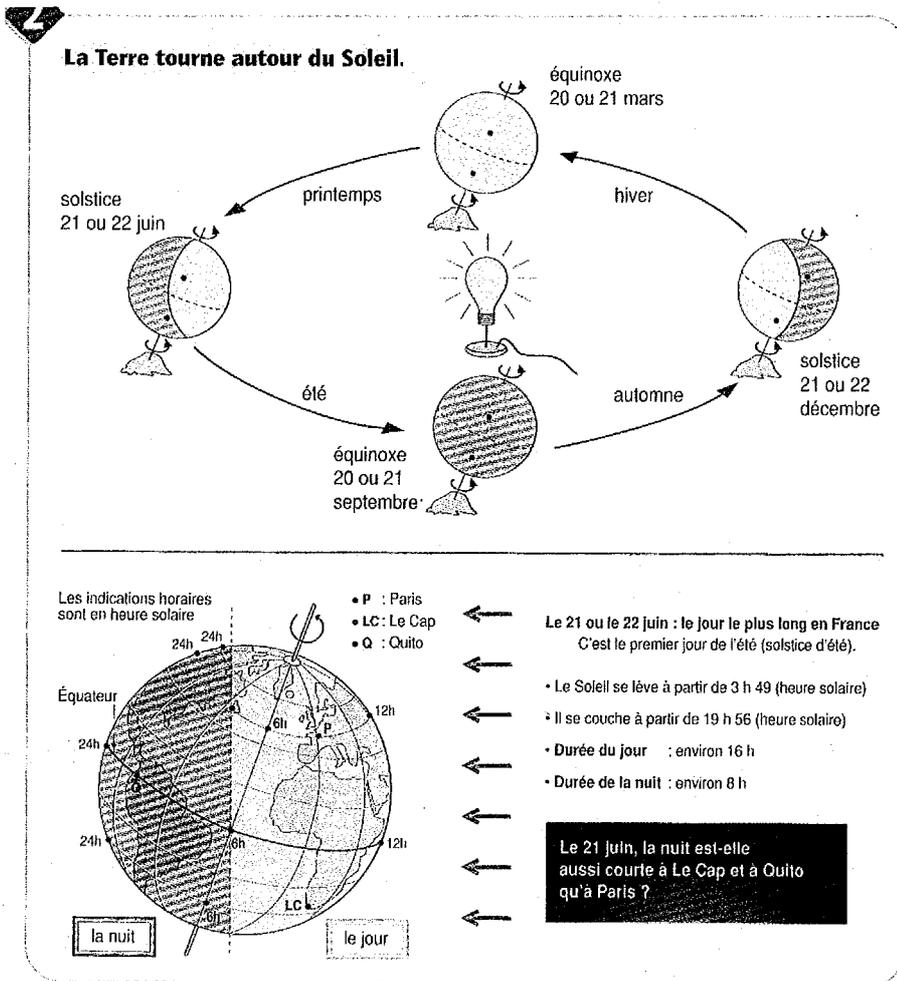
		Durée du jour
21 juin	Solstice d'été	la plus longue
21 déc.	Solstice d'hiver	la plus courte
22 mars	Équinoxe de printemps	égale à la durée de la nuit
23 sept.	Équinoxe d'automne	

La Terre a deux mouvements simultanés d'Ouest en Est. Elle tourne autour d'un axe fictif passant par les pôles. Elle tourne autour du Soleil suivant une orbite qui a la forme d'une ellipse. La Terre effectue une révolution complète autour du Soleil en 365,25 jours.

- 3) Structuration : « les journées sont plus longues en été qu'en hiver car la Terre est inclinée vers le Soleil en été et vers l'extérieur en hiver » plus schéma.

Séance 6 : Saisons (1h30)

- 1) Présentation du sujet par l'enseignant.
- 2) Etude de documents (Tavernier).



Activités

- 1 Compare la course du Soleil aux différentes dates indiquées sur la figure 1. Dans quelle direction se lève-t-il ? Dans quelle direction se couche-t-il ? A quelle date culmine-t-il le plus haut ? A quelle date culmine-t-il le plus bas ?
- 2 Relève, sur un calendrier, les heures de lever et de coucher du Soleil tous les 15 jours, tout au long de l'année. Que peux-tu dire de la durée du jour par rapport à celle de la nuit ?
- 3 Essaie d'utiliser la maquette (fig. 2) en faisant tourner la Terre autour du Soleil sans incliner son axe par rapport au plan de sa trajectoire. En France, les nuits sont-elles alors plus longues en hiver qu'en été ?

J'ai découvert

La course du Soleil dans le ciel change tout au long de l'année. Tous ces changements s'expliquent par la **révolution** de la Terre autour du Soleil.

La révolution de la Terre autour du Soleil définit une importante unité de temps : l'**année**.

Mots importants

révolution, année.

- 3) Structuration : « La Terre est penchée et donc les rayons solaires arrivent droits sur la France en été et les rayons rasant la Terre en hiver », plus schéma.

Analyse :

Les conceptions initiales des enfants ne sont pas prises en compte, ils sont passifs, ils n'agissent pas en expérimentant, en modélisant. Leur seule action consiste à lire un document et à tenter de le comprendre et la structuration est faite par le maître via parfois un schéma. Ils ne confrontent pas leur point de vue entre eux : pas de conflit socio-cognitif.

I.2.4) Quelle démarche d'apprentissage : Comment s'adresser à ce public ?

Après la présentation des contenus, la question est la suivante : comment les enseigner en s'appuyant sur les savoirs didactiques connus ?

C'est pourquoi nous prendrons le problème à son origine en présentant les différentes théories avancées sur les facteurs de développement de l'enfant afin de constituer la base de nos choix didactiques.

I.2.4.a) Facteurs externes, facteurs internes :

Comme le dit P.Meirieu (Meirieu, 1987), concernant les différentes théories de l'apprentissage, on oppose souvent historiquement les facteurs externes à l'individu (environnement extérieur) aux facteurs internes (caractère inné, savoirs préexistants, structure interne).

Facteurs externes :

1- L'école behavioriste ou comportementaliste (Thorndike, Skinner, 1974) considère que l'individu acquiert des connaissances grâce, notamment, à ce qu'elle appelle le "conditionnement opérant".

En effet, l'école behavioriste s'intéresse peu à la modélisation du fonctionnement interne du cerveau, considéré comme une "boîte noire", mais aux Réponses données par celui-ci lorsqu'il est soumis à différents types de Stimulus (modèle Pavlovien : Stimulus-Réponse).

Ainsi, l'individu apprendra, motivé qu'il est par un système complexe de *récompenses* (renforcement positif) ou *punitions* (renforcement négatif) issues de l'environnement, le conduisant à renforcer ou à supprimer certains types de comportement.

Cela correspond donc à un apprentissage par "essais-erreurs"(Weil-Barrais, 1993).

La nature du savoir n'est pas importante, c'est la manière de le transmettre qui prédomine.

On parle alors de deux lois : **la loi de l'effet** (parmi les actions exercées dans une situation, celles accompagnées d'une satisfaction seront plus fréquemment reproduites que les autres (Pavlov)) et **la loi de l'exercice** : la force des connexions entre situations et réponses est influencée par la fréquence de l'exercice des réponses, par leur répétition (Crahay, 1999).

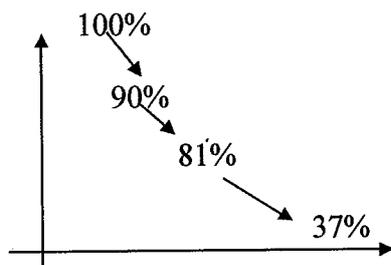
Même si cela n'est pas clairement explicité, ce que "sait" initialement l'individu importe peu, c'est l'impact de la récompense qui conditionne le niveau d'apprentissage.

Le rôle de l'enseignant est donc d'organiser l'exogène en termes de récompenses et punitions, car selon les behavioristes, l'enfant ne peut découvrir seul les conclusions à tirer d'exemples vécus sans être fortement guidé.

Néanmoins, le *développement de réflexes* ne constitue pas en soi un mal pour ce qui concerne les automatismes comme les tables d'addition, soustraction et multiplication par exemple, mais cela ne peut en aucun cas être la règle générale.

En revanche, le behaviorisme ne s'intéresse pas aux conceptions initiales des apprenants qui pourraient faire obstacles aux apprentissages comme peut l'évoquer G.Bachelard (Bachelard, 1938). Ce qui se passe dans "la boîte noire" n'est pas le problème de ce type d'analyse. Toutefois, les recherches en didactique (voir le paragraphe I.2.2)) montrent qu'on ne peut négliger à ce point ces représentations et c'est l'une des critiques importantes que l'on peut faire au behaviorisme.

Néanmoins, il est important de noter également que le behaviorisme a su théoriser et vérifier la pertinence de ce qu'on appelle la **pédagogie de la maîtrise** (Crahay, 1999) qui se base sur l'idée qu'avant d'aborder un nouveau savoir, il est fondamental de vérifier si l'ensemble des élèves a maîtrisé ceux qui précèdent, dans la mesure où ils sont des pré-requis des suivants, sous peine de se retrouver avec peu d'enfants qui peuvent tirer profit des leçons suivantes :



Imaginons que l'enseignement dispensé est efficace à 90% à chaque stade, soit 10% d'élèves en échec à chaque fois. Au bout de dix étapes, seul 37% de la classe atteindra l'objectif final !!

C'est pourquoi il est nécessaire, dans l'absolu, de veiller à la réussite de chaque élève, à chaque étape. Ainsi, le behaviorisme a développé l'idée de décomposition de la connaissance à apprendre en sous-objectifs hiérarchisés, c'est « l'enseignement programmé ».

2- Le modèle dit transmissif (compatible avec les théories behavioristes)

Souvent évoqué quand on parle de l'enseignement scolaire (Meirieu, 1987 ; Bachelard, 1938) le modèle transmissif repose sur l'idée que la tête de l'enfant est une "cire molle" sur laquelle s'imprime les savoirs (Condillac, les origines de la connaissance humaine, cité par Meirieu, 1987). C'est pourquoi il serait possible de passer directement à l'apprentissage de la connaissance reconnue sans passer par des étapes cognitives successives.

Ainsi, le rôle de l'enseignant est de présenter les connaissances le « mieux possible » est veillant à l'attention de l'élève passif.

Ce modèle ne tient évidemment pas compte de ce que sait l'enfant initialement. C'est uniquement grâce au "charisme" de l'enseignant ou grâce à la "volonté" de connaître de l'élève que ce processus va réussir.

En gros, il suffirait que l'enfant soit attentif.

Il est important de noter que le modèle transmissif est adapté à des connaissances ponctuelles qu'on ne peut construire (transmission sociale au sens de Piaget).

3- L'environnement social, socio-économique, culturel a une grande influence sur les capacités intellectuelles d'un individu .

Les interactions sociales (langage, ...) sont aussi un facteur de développement intellectuel.

Facteurs internes :

4- Le développement intellectuel de l'enfant est limité par le niveau de maturation (Piaget, 1969).

5- Les connaissances (correctes ou pas) assimilées peuvent faire obstacle à l'acquisition d'autres savoirs . C'est l'obstacle de la connaissance première (Bachelard, 1938).

6- La recherche du plaisir est une force interne essentielle dans le désir de "progresser". On parlera plutôt de « motivation » à l'école (Viau, 1997), aspect que nous avons peu abordé (voir V.2.5.c)).

Ces facteurs endogènes sont à la fois des limites et des moteurs du développement intellectuel.

D'autres théories ont cherché à concilier l'endogène et l'exogène dans une vision plus ou moins globale de l'évolution de l'individu :

Par la suite, nous ferons référence à J.Piaget, H.Wallon, L.Vygotsky et J.Bruner.

L'idée qui transparait chez chacun de ces auteurs, c'est que le développement de l'individu dépend de l'interaction entre l'évolution naturelle (biologique) et l'environnement. C'est dans la définition exacte de cet environnement et dans la description des différents stades de développement que se situent les divergences entre ces auteurs.

Les principaux modèles de développement (Freud, Wallon, Piaget) s'accordent sur un certain nombre de points fondamentaux : le caractère hiérarchisé du développement infantile, avec des niveaux, étapes, périodes ou stades; le rôle du facteur génétique, c'est à dire endogène, de maturation; le rôle du facteur exogène, c'est à dire du milieu (Jalley, 1995).

Influencés par la pensée Hégélienne, Piaget, Wallon et Vygotsky se réclament d'un modèle explicatif essentiellement de type dialectique, entre l'endogène (hérédité) et l'exogène (principalement l'environnement physique pour Piaget, essentiellement le milieu social pour Bruner, Wallon et Vygotsky).

I.2.4.b) J. Piaget :

J. Piaget cherche à réconcilier les écoles philosophiques rationalistes et empiristes qui s'affrontent sur la question de l'origine des savoirs humains en établissant, via "les" méthodes scientifiques de vérification, une explication qui se veut quasi *biologique* (darwinisme) de la connaissance humaine (Dolle, 1974).

En effet, d'un côté le *rationalisme* permet de comprendre la cohérence de la pensée raisonnée dans sa capacité à structurer l'expérience sans pourtant expliquer de manière convaincante l'adéquation de cette pensée au réel, notamment en regard de l'épistémologie (école grecque); de l'autre côté, l'*empirisme* permet d'expliquer simplement l'adéquation de la pensée au réel dans la mesure où celle-ci naîtrait de l'expérience mais ne peut se défaire de la difficulté de rendre intelligible la cohérence de la raison face à l'incohérence du sensible (école anglaise).

C'est donc dans la préface à la deuxième édition de la critique de la raison pure de Kant (Kant, 1787) que Piaget trouvera de quoi s'inspirer, à travers des phrases comme : "c'est que nous ne connaissons *a priori* les choses que ce que nous y mettons nous-mêmes [...] nous ne puissions connaître aucun objet comme chose en soi, mais seulement en tant qu'objet de l'intuition sensible [...] Il en résultera que toute connaissance spéculative de la raison se réduit aux seuls objets de l'expérience."

Bref, selon Hume, notre *connaissance* commence avec l'*expérience* (l'acquis ?), mais notre esprit ne peut pas percevoir les objets sans faire référence aux catégories fondamentales *préexistantes* (l'inné ?) de causalité (Hume, 1758), de temps et d'espace.

Influencé par l'évolutionnisme darwiniste et la dialectique hégélienne (Piaget, 1969), Piaget ajoute à ces idées kantiennes quelques principes d'évolution (génétique) et de dialectique. Il substitue à l'*a priori* kantien (catégories fondamentales précitées) une *structuration* de l'expérience, issue de l'interaction sujet/objet, qui serait subordonnée *aux opérations logico-mathématiques* qui se construisent elles-aussi au cours du temps.

J. Piaget s'est donc intéressé au *développement de l'intelligence chez l'enfant* afin d'accéder à la compréhension de la pensée adulte, intelligence définie comme une "adaptation à des conditions de milieu changeantes", "l'organisme s'adapte en construisant matériellement des formes nouvelles pour les insérer dans celles de l'univers, tandis que l'intelligence prolonge une telle création en construisant mentalement des structures susceptibles de s'appliquer à celles du milieu" (Piaget cité par Dolle (Dolle, 1974)).

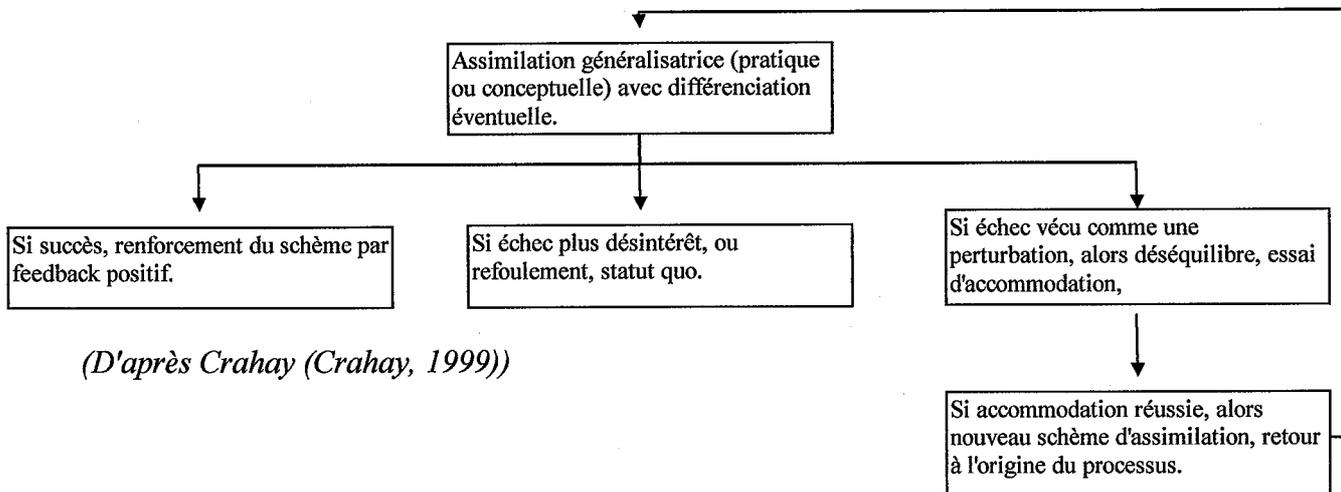
Ainsi, le projet de J. Piaget correspond à l'étude du passage des états de moindre connaissance à ceux de connaissance plus poussée, étude qu'il nomme "**Epistémologie Génétique**".

D'après Piaget (Jalley, 1995), le développement cognitif de l'enfant procède selon une loi invariante qui peut se formuler ainsi : des **conflits** mettent en marche des cycles de déséquilibre / rééquilibration.

Dans le vivant, il y a des éléments variables et d'autres qui ne le sont pas, c'est le cas d'une grande fonction de la pensée : "*la tendance générale fonctionnelle du sujet à l'équilibration par autorégulation*" (Piaget cité par Jalley (Jalley, 1995)). Ce guidage d'origine endogène s'oriente dans la direction d'un meilleur équilibre, de plus en plus stable et large, jusqu'à un état d'achèvement défini comme équilibre à la fois stable et mobile, synthèse entre *l'assimilation* et *l'accommodation* (Cohen, 1981).

Cette épistémologie se caractérise donc par le rejet des solutions aussi bien empiristes qu'innéistes, et, par la défense de la thèse **constructiviste** (Piaget, 1969 ; Dolle, 1974). "Le facteur principal de ce constructivisme est une équilibration par autorégulation" (Piaget, 1969), selon laquelle les formes de connaissances nouvelles s'expliquent par une interaction entre les processus d'*assimilation* (qui consistent à intégrer de nouvelles situations à des cadres mentaux existants, notamment "par le jeu" (Piaget, 1969) et d'*accommodation* (adaptation du sujet à des situations nouvelles produisant une transformation des cadres mentaux) (Bronckart, 1997) dans le souci de "résoudre les problèmes et de surmonter les crises"(Piaget, 1969).

Malheureusement, cette accommodation ne s'effectue pas toujours si le sujet refoule le donné extérieur ou s'il ne se mobilise pas (Crahay, 1999), d'où le schéma suivant :



Toutefois, quelle est l'origine de ces **conflits cognitifs** entraînant ces déséquilibres ?

C'est dans une **dialectique** complexe entre la **structure interne** de l'individu et **l'expérience individuelle** acquise dans **l'action sur les objets** que se situe la genèse de ces conflits dits cognitifs (la cognition étant l'acte ou le processus permettant d'accéder à la connaissance).

Piaget accorde donc une place prépondérante à l'action individuelle sur l'affectif considéré comme un principe énergétique de motivation cognitive et normative (Dolle, 1974).

D'ailleurs, non seulement il déclare **l'aspect affectif** ("besoin") comme **subordonné à l'assimilation cognitive** ("besoin de fonctionnement"), mais il considère que les personnes sont pour l'enfant "les objets les plus intéressants en même temps que les plus excitants du point de vue cognitif" (Piaget cité par Jalley (Jalley, 1995)).

Ces différentes expériences par l'action ne peuvent avoir de répercussions sur le connaître que dans la mesure où l'enfant est "assez grand" pour comprendre ce qu'il fait, d'où la définition de stades successifs de l'intelligence ayant chacun leurs caractéristiques propres en termes d'acquis de type logico - mathématique.

Ainsi, la réversibilité (si Eric est mon frère, alors Eric a un frère : moi) qu'il tient comme conditions initiales à l'acquisition des opérations logico-mathématiques, et le raisonnement hypothético-déductif (élaborer des expériences en rapport avec l'hypothèse, en isolant les variables correctement) tiennent une place très importante dans l'analyse de Piaget.

En résumé, pour Piaget, le développement mental de l'enfant serait issu de **trois** facteurs :

1- La maturation biologique.

2- **L'interaction avec la réalité physique** à laquelle il accorde une importance primordiale : "ce développement tient essentiellement aux activités du sujet et, de l'action sensori-motrice [...]" (Piaget, 1969).

3- La transmission sociale, à savoir le fait de donner des informations, (et non l'interaction au sens vygotkien) qu'il ne considère pas comme essentielle.

Ces trois facteurs ne peuvent être efficaces sans un facteur d'ordre supérieur qui structure l'ensemble : le processus d'**équilibre** que Piaget considère comme prédominant le tout.

Le rôle de l'école est donc principalement d'organiser, de favoriser l'interaction sujet/objet et non uniquement de transmettre un savoir : "il va de soi que l'école se doit de développer et d'orienter de telles capacités pour en tirer une éducation de l'esprit expérimental et un enseignement des sciences physiques insistant sur la **recherche** et la **découverte** plutôt que sur la répétition." (Piaget, 1969).

Ainsi, l'enfant, initialement **égo-centré**, va se voir pousser grâce à l'interaction avec la réalité physique à se **décentrer** progressivement dans un long processus continu allant de soi vers l'extérieur

Cependant, nombreuses sont les critiques du paradigme piagétien (Johsua et Dupin, 1999) :

1- *La nature du contenu à enseigner influe sur le type de progrès cognitif (voir I.2.2.b)).*

2- *Le conflit **cognitif** n'a pas toujours lieu dans les termes exprimés par J. Piaget (Plé, 1995 ; Johsua et Dupin, 1999 ; voir aussi le paragraphe II.3.2)).*

3- *Les conditions du simple développement d'un schème donné sont abandonnées au profit d'une focalisation sur les basculements d'un schème à un autre.*

4- *Le rôle que joue le langage dans le développement cognitif serait fondamental (Vygotski, 1934).*

I.2.4.c) H.Wallon :

D'après l'article "Wallon" d'Emile Jalley (Jalley, 1995).

Baigné dans une culture à la fois marxiste et darwiniste, Wallon pose également une dialectique évolutionniste où intelligence et affectivité, où individu et milieu extérieur (successivement social (affectivité, personne), physique (acte moteur, connaissance)) interagissent sans cesse.

De la même façon, influencé par Freud et Piaget, Wallon propose une synthèse de leurs travaux en combinant la description du développement affectif élaborée par le premier avec celle de l'évolution cognitive du second.

Ainsi, Wallon envisage la succession des stades comme une série d'ensembles de variables en interaction, qui doivent être envisagés dans la totalité exhaustive de leurs composantes : héréditaire, sociale, affective, intellectuelle.

Il considère que le développement n'est pas continu et ne résulte pas d'une simple addition des progrès orientés dans le même sens, mais présente des oscillations, des rythmes, des crises, des changements de direction.

Trois lois fonctionnelles rendent compte de cette discontinuité :

① **La loi de succession de prépondérance** : d'un stade à l'autre, il y a une fluctuation plus ou moins périodique de la dominance de l'un ou l'autre des ensembles fonctionnels (affectivité, acte moteur, connaissance, personne).

② **La loi d'intégration** : réalisation d'un nouvel ensemble via une restructuration des significations.

③ **La loi d'alternance** : gouverne les changements de direction : centrifuge (tournée vers l'extérieur et les relations objectives, plutôt intellectuelle) et centripète (tournée vers la construction et l'assimilation de la personne, plutôt affective).

Wallon, à l'instar de Freud et à l'encontre de Piaget, pose le principe de l'antériorité de la vie affective sur l'activité cognitive.

"La transition d'un stade de la psychogenèse au stade ultérieur est marquée par une phase de conflit : "Par ce **conflit**, la vie psychique atteint à un équilibre nouveau et elle réagit par des enrichissements nouveaux". Par ailleurs, la succession de l'ensemble des stades est réglée par une **loi d'intégration** qui préside au maintien d'un tel équilibre à travers l'unité solidaire et diversifiée du développement : "comme le dynamisme des centres nerveux, l'équilibre de la vie psychique est réglé par l'intégration progressive des activités successivement apparues, mais avec plus de diversité, de dispersion, d'écarts éventuels" (Jalley, 1995).

I.2.4.d) Lev Vygotsky :

Vygotsky n'a pas élaboré de description du développement de l'individu qui se veuille aussi exhaustive que les auteurs précédemment cités. Toutefois, sa vision des causes de ce développement reste toujours d'actualité. D'autant qu'il a influencé certains psychologues comme Bruner. Ses écrits sont contemporains des premières publications de J.Piaget (1920/1934), et il apparaît que ces dernières l'ont sans doute influencé, notamment sur l'idée de stades de développement intellectuel.

Néanmoins, Vygotsky s'oppose très fortement à l'intuition piagétienne selon laquelle l'aspect affectif, social serait subordonné à l'assimilation cognitive, rejoignant ainsi Freud et donc Wallon. Pour lui, les grandes fonctions de l'individu ne sont accessibles à l'enfant que dans le cadre de **la communication avec l'adulte et dans la collaboration avec ses camarades** (ce pourquoi il a lancé la pédagogie par tutorat d'un pair), d'où l'importance du *langage* dans ce processus (Vygotski, 1934).

Il postule qu'il existe une interaction entre développement naturel (biologique, héréditaire) et processus d'acquisition culturelle (apprentissage).

« Il s'appuie sur un modèle *socio-constructiviste* qui repose sur une conception globale de l'apprentissage dans un mouvement qui va du social à l'individu » (Bronckart et Schneuwly, 1985).

Ainsi, l'apprentissage favorise le développement de l'enfant qui se fait par intériorisation progressive de l'action grâce au langage intérieur. Ainsi, chaque fonction psychique supérieure apparaît deux fois au cours du développement : au niveau social puis au niveau individuel, ce en quoi il se distingue de Piaget qui postule que l'apprentissage se fait par décentration progressive partant de l'égoïsme infantin vers le social.

Vygotsky ne minimise pas le rôle de l'action individuelle sur les objets dont il reconnaît le rôle fondamental dans l'apprentissage, mais il déclare que **"ce que l'enfant est en mesure de faire aujourd'hui à l'aide des adultes ou de ses camarades, il pourra l'accomplir seul demain"** (Vygotski, 1934).

Acceptant qu'il faille tenir compte de la maturation biologique de l'enfant, Vygotsky distingue ce que l'enfant peut accomplir seul ("développement actuel de l'enfant") de ce qu'il peut faire avec l'aide d'un adulte ou de pairs ("capacité potentielle de développement"). Entre ces deux niveaux, se constitue la **"zone proximale de développement"**, l'espace où le développement est en devenir (Vygotski, 1934).

Celle-ci "nous aide à connaître les pas futurs et la dynamique de son développement en prenant en considération non seulement les résultats déjà obtenus, mais aussi ceux en voie d'acquisition" (Vygotski, 1934).

La **médiation sociale** ne permet un véritable apprentissage que si elle se situe dans cette zone.

Ainsi, **"le seul bon enseignement est celui qui précède le développement"** (Vygotski, 1934).

C'est pourquoi, le rôle de l'enseignant est de comprendre quel est le "réseau interne, souterrain du sujet scolaire" et ensuite de le solliciter dans sa "zone" grâce à l'interaction avec des pairs via un débat à l'issue duquel l'élève se retrouvera dans une sorte de **"conflit socio-cognitif"** le forçant à s'adapter, à comprendre, à apprendre.

Vygotski insiste donc sur le rôle primordial de l'**interaction sociale** où le pair, l'adulte ne font pas que transmettre un savoir mais interagissent avec l'enfant pour l'aider à le construire.

Le vecteur fondamental du développement des fonctions supérieures implique l'**intériorisation des processus de relation sociale**, c'est le cas du langage, phénomène social par excellence, qui s'intériorise à partir de 5 à 6 ans alors qu'il reste encore très extériorisé ("audible") à l'école maternelle.

I.2.4.e) J.Bruner :

J.Bruner (Crahay, 1999) étend l'influence de cette interaction au fait que l'enseignant apprend lui aussi lorsqu'il enseigne et précise le rôle de l'enseignant, ou du tuteur dans la "tradition" Vygotskienne :

- ⇒ *L' enrôlement* : comportements du tuteur par lesquels il crée l'intérêt, la motivation chez l'enfant.
- ⇒ *La réduction des degrés de liberté* : le tuteur simplifie la tâche afin de ne pas "noyer" l'apprenant dans un flot de données.
- ⇒ *Le maintien de l'orientation* : le tuteur maintient l'apprenant dans la direction à suivre, il maintient le "cap".
- ⇒ *La signalisation des caractéristiques déterminantes* : le tuteur souligne les caractéristiques de la tâche qui sont pertinentes pour son accomplissement définitif.
- ⇒ *Le contrôle de la frustration* : le tuteur essaye d'éviter un sentiment d'échec qui pousserait l'élève à se désinvestir.
- ⇒ *La démonstration, la présentation des modèles* : le tuteur "stylise" les démarches qui facilitent la réussite.

Bruner souligne ainsi l'importance de l'activité méta cognitive qui sous-tend les démarches du tuteur efficace (Crahay, 1999).

A noter que ce tuteur peut être un autre enfant !

Et, finalement ?

A partir des travaux précédents, il s'agit à présent d'effectuer une **synthèse** tant des **démarches** (contenant) que des **contenus** d'enseignements.

De nombreuses recherches ont fait l'étude des représentations initiales (voir I.2.2.b) mais plus rares se sont intéressées à leur prise en compte dans la conception de dispositifs didactiques dont on testerait l'efficacité en classe. On peut citer à ce propos les travaux remarquables de Méheut, Chomat et Larcher (Méheut, Chomat et Larcher, 1988) sur les modèles particuliers, Chauvet (Chauvet, 1994) sur les couleurs et Merle (Merle, 1999) en astronomie qui inspirent en partie ce qui va suivre.

I.2.4.f) Les contenus : l'objectif-obstacle

Les conceptions initiales des élèves constituent des **obstacles** (Bachelard, 1938) aux **objectifs** d'apprentissage dont il est nécessaire de tenir compte.

C'est pourquoi J.L.Martinand a introduit l'idée *d'objectif-obstacle* (Astolfi et Develay, 1989), c'est à dire qu'au lieu de définir les objectifs d'une séance sur la seule base de l'analyse de la matière, et d'autre part les obstacles épistémologiques, il s'agit d'opérer une **sélection** des objectifs grâce aux attributs de ces obstacles.

Ainsi, ayant constaté, par exemple, que si on amène un enfant à travailler sur l'inclinaison de la Terre, celui-ci vous rétorquera que "mais si on penchait la Terre vers le Soleil, les gens **tomberaient** dans l'espace !!", on comprend qu'il est important de travailler le concept d'attraction gravitationnelle avant celui d'inclinaison pour éviter un rejet à moyen ou long terme. De même, si les enfants ne savent pas lier lumière et chaleur/énergie, l'explication des saisons ne peut être intégrée.

De fait, l'analyse des pré-requis conceptuels et factuels à travers l'étude des représentations induit un ordre chronologique relativement précis dans la liste des apprentissages.

Nous retiendrons ainsi :

- ⇒ Le Soleil est une grosse "boule de feu" très brillante et la Terre, plus petite, est une planète qui n'émet pas de lumière visible par elle-même.
- ⇒ La Terre est une quasi-sphère sur laquelle les êtres vivants se déplacent, "plaqués" au sol qu'ils sont par l'attraction gravitationnelle.
- ⇒ La Terre est **orientée** Nord/Sud (grâce à l'étude des boussoles).
- ⇒ Les journées succèdent aux nuits en un jour et il est possible de trouver des explications cohérentes (entre 4 et 5) intégrant la Terre et le Soleil, l'un tournant autour de l'autre selon des mouvements plus ou moins complexes (rotation et révolution).
- ⇒ Une analyse de calendrier et de graphique nous permet d'établir une **variation de durée** des journées et des nuits sur une période d'une année.

- ⇒ Cette étude permet de choisir parmi les 4 à 5 explications car elle introduit une nouvelle période (ce qui en fait deux : 1 jour, 1 année), ainsi **la Terre tourne nécessairement sur elle-même** en 1 jour.
- ⇒ De plus, **la Terre tourne autour du Soleil** dans le vide interplanétaire en 1 année sur une orbite quasi circulaire.
- ⇒ L'explication de la variation induit que **son axe de rotation (Nord/Sud) reste incliné**, de la même façon sur une année, d'environ 23° par rapport à la perpendiculaire au plan de l'écliptique qui passerait par son centre.
- ⇒ Il est possible de lier *chaleur et lumière*, température et rayons lumineux.
- ⇒ De plus, du fait de cet axe incliné, l'angle d'incidence des rayons solaires varient fortement, induisant une **variation de température**, donc le phénomène des saisons.

Si nous possédons une liste ordonnée de contenus, il faut à présent décrire le dispositif qui serait susceptible d'amener les enfants à assimiler (au sens piagétien) tous ces concepts.

I.2.4.g) Le contenant : le dispositif didactique

C'est donc ici que nous reprenons ce qui a été développé précédemment sur les différentes théories de l'apprentissage et sur les caractéristiques du public concerné.

Comment s'adresser à eux ?

Manifestement, Wallon, Piaget et Vygotsky dans une perspective assez rousseauiste (Rousseau, 1762) évoquant : "ne donnez à votre élève aucune espèce de leçon verbale ; il n'en doit recevoir que de l'expérience", s'accordent pour dire que l'apprentissage se fait par **conflit** entre les conceptions initiales (interne) et l'extérieur, dans une approche **constructiviste** où l'enfant est acteur, dans la mesure où il en est à un stade de développement biologique (maturation) lui permettant d'intégrer ces nouvelles données.

Selon Piaget, c'est dans une dialectique complexe entre la **structure interne** de l'individu et l'expérience **individuelle** acquise dans **l'action sur les objets** que se situe la genèse de l'apprentissage via un **conflit cognitif**. Les enseignants n'ont donc pas un rôle prépondérant (si ce n'est celui d'organiseurs de l'action).

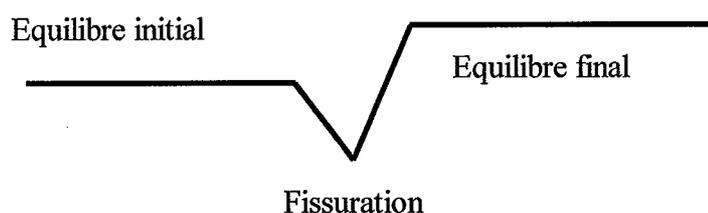
Selon Vygotsky, c'est surtout dans la communication avec l'adulte et dans la collaboration avec ses camarades que l'enfant sera sollicité dans sa zone proximale de développement. Ainsi, l'élève apprend principalement via une interaction **sociale** créant un **conflit socio-cognitif** qui le poussera à s'adapter. Les enseignants et les camarades ont donc un rôle primordial.

On le voit, ces deux théories s'opposent sur le rôle de l'expérience individuelle et de l'interaction sociale. Quel est le facteur le plus important ?

Même si nous sommes tentés d'adopter le point de vue de Vygotsky sur la prédominance du social, nous pensons qu'il est essentiel que les enfants puissent manipuler dans le cadre d'expérimentations (action sur les objets réels) ou de modélisations (action sur des objets représentant le réel).

Ainsi, l'enseignant veillera à mettre en place un dispositif didactique mêlant débats collectifs ou débats en groupes restreints et actions personnelles afin de créer ces fameux conflits, qu'ils soient d'origine sociale ou individuelle. De plus, il devra respecter les quelques principes énoncés par Bruner.

Ces obstacles épistémologiques étant très résistants, il s'agit d'élaborer une stratégie didactique intégrant dans une première phase leur **identification** ("le réseau interne, souterrain du sujet scolaire" selon Vygotsky (Bronckart et Schneuwly, 1985)), ensuite leur **fissuration** (déséquilibre selon Piaget (Dolle, 1974) et enfin leur **franchissement** (équilibre selon Piaget (Dolle, 1974) :



Cette fissuration peut se faire de diverses manières :

Selon A. Weil-Barrais (Weil-Barrais, 1993), il est possible d'envisager trois changements conceptuels : l'**éradication** (les conceptions sont fausses, les élèves doivent les abandonner pour adopter les savoirs savants), la **confrontation** (les enfants prennent conscience de leurs erreurs par la confrontation) ou l'**évolution** (en plein accord avec le constructivisme, le système cognitif se restructure progressivement en se modifiant lentement, l'erreur fait donc partie du processus d'élaboration des connaissances), c'est ce mode qui nous semble être le plus fréquent.

L'encadré qui suit nous semble définir ce que serait une approche s'inspirant du socio-constructivisme dans l'enseignement :

En résumé : le *modus operandi* serait le suivant:

- ⇒ **L'identification** : l'objectif de cette phase, pour l'enseignant, est de savoir ce que pense l'apprenant afin de l'aider à franchir l'obstacle. Mais ce n'est pas le seul !! En effet, il est tout aussi important que l'élève *prenne conscience* de ce qu'il croit car, dans le cas contraire, il ne sera pas *acteur* de son apprentissage. C'est la phase d'émergence des représentations selon De Vecchi et Giordan (De Vecchi, Giordan, 1996) ou Johsua et Dupin (Johsua et Dupin, 1999).
Cette émergence se fera généralement par l'intermédiaire d'une trace écrite (dessin, texte explicatif court) et/ou d'une manipulation oralisée devant un pair ou un adulte. C'est pourquoi, il est intéressant d'opérer également un compte-rendu après chaque manipulation.
- ⇒ **La fissuration** : Dans la mesure où l'enfant est réellement concerné par le problème formulé (Brousseau parle de *dévolution du problème* (Artigue, 1988)), cette phase cherche à montrer à l'élève la non pertinence du modèle explicatif qu'il a adopté précédemment. Cette fissuration se fera selon deux modes : lors d'une discussion (débat) et/ou lors d'une recherche (expérimentation, modélisation, documentation, observation). Il est nécessaire d'installer une atmosphère, dans la classe, où le droit à l'erreur est accepté. Aussi, les conceptions initiales seront discutées, critiquées en grand groupe (on pourra ainsi éliminer les argumentations du type finalistes). Elles formeront la base sur laquelle seront **formulées** les hypothèses, hypothèses qui seront soumises à vérification lors d'une **résolution** bien pensée.
Il est évident, et ce serait pêcher par excès de dogmatisme de ne pas le dire, qu'il peut arriver que l'enseignant guide fortement l'action des élèves si ceux-ci n'arrivent pas à élaborer par eux-mêmes un protocole expérimental « satisfaisant ». C'est pourquoi il n'est pas toujours facile de faire du « socio-constructivisme » pur et dur. Mais nous en reparlerons dans le paragraphe (III.5.2.1).
- ⇒ **Le franchissement** : Après le test des hypothèses, un *débat de preuve* permettra la validation des conceptions initiales. L'enfant devra alors reconstruire son propre modèle (accommodation de la structure interne après l'assimilation des nouvelles données). C'est pourquoi la **structuration** collective (institutionnalisation), de la séance, à partir de ce débat de preuve, est une phase importante car elle aidera l'enfant dans sa comparaison entre ce qu'il pensait et ce qu'il a constaté.

I.2.5) Quels maîtres pour quel rôle ? Qui s'adresse aux élèves et comment ?

Après avoir décrit le public visé, le contenu enseigné, la démarche d'apprentissage qui sera utilisée, il nous semble important de décrire les enseignants, leurs connaissances initiales, leur rôle éventuel en classe.

I.2.5.a) Quelles sont les conceptions initiales des enseignants du premier degré :

Pour répondre à cette question, nous avons fait passer un questionnaire auprès de 557 enseignants (244 professeurs des écoles première année, 103 professeurs des écoles deuxième année (stagiaires), 210 enseignants titulaires).

Ce questionnaire était distribué en introduction de séances de formation en Astronomie.

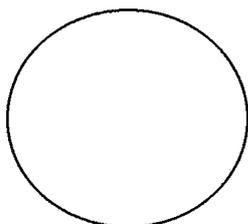
Voici le questionnaire :

Recueil de conceptions enseignants

1) Quelle est la forme de la Terre et du Soleil ?

2) Comment fonctionne une boussole ?

3) Dessiner Newton recevant une pomme sur la tête en France et en Australie



4) Pourquoi il y a des jours et des nuits ?

5) Pourquoi les journées durent plus longtemps en été par rapport à l'hiver ?

6) Expliquer le phénomène des saisons

Nous avons obtenu les résultats suivants : (PE : professeur des écoles)

	PE 1ere année (244)	PE 2eme année (103)	PE Titulaires (210)
Questions			
1) Forme Correct	97%	98%	100%
Non Correct	3%	2%	0%
2) Boussole Aimant	97%	98%	100%
Autre	3%	2%	0%
3) Gravitation			
Correct	74%	88%	72%
Perspective	22%	12%	11%
Haut/bas	4%	0%	2%
Rien	0%	0%	14%
4) Jour/Nuit			
Terre tourne sur elle-même	81%	98%	90%
Terre tourne autour du Soleil	10%	2%	10%
Soleil tourne autour de la Terre	5%	0%	0%
Lune cache le Soleil	3%	0%	0%
Nuage cache	0%	0%	0%
Rien	0%	0%	0%
5) Durée des jours			
Axe incliné	27%	52%	55%
Distance	28%	26%	17%
Vitesse de rotation de la Terre change	0%	0%	0%
?	0%	0%	0%
Rien	44%	21%	28%
6) Saisons			
Axe incliné	12%	30%	31%
Distance	60%	55%	37%
?	0%	0%	0%
Rien	28%	15%	32%

Comme on le constate, exceptées quelques réponses anecdotiques, les enseignants ont de bonnes connaissances pour les quatre premières questions. Heureusement !

Cependant, l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre et son implication sur la durée des jours et sur les saisons n'est pas une connaissance maîtrisée par la plupart des enseignants du premier degré.

Et pourtant, l'enseignement de cette connaissance est au programme, elle l'était d'ailleurs dans les années précédentes. **Il y a donc un manque de formation flagrant des enseignants sur ce sujet !**

De plus, l'enseignement usuel que dispensent ces enseignants, comme nous l'avons constaté, se rapproche de celui présenté page 43, donc plutôt « transmissif ».

Dans le cadre de cette recherche, les enseignants qui sont intervenus ont eu une formation en astronomie **uniquement via la lecture d'un texte** reprenant l'ensemble des connaissances à acquérir sur le sujet avant de commencer leur cours auprès des enfants. (Voir le document support en annexes)

On appréciera donc la légèreté du dispositif de formation des enseignants (seulement un texte de 22 pages fourni en annexe) susceptibles d'intervenir en Astronomie.

Toutefois, même si les enseignants sont au point avec les connaissances, il est important de définir la façon dont ils vont dispenser leurs cours, donc : quel est leur rôle en classe ?

I.2.5.b) Rôle des enseignants :

Plusieurs écueils se présentent : comment aider l'élève dans son investigation sans lui fournir la (les) réponse(s) de manière explicite ou implicite ? Ainsi, comment ne pas tomber dans la facilité via deux attitudes classiques :

⇒ **l'effet Topaze** qui consiste à fournir l'essentiel du travail (voir le film de Marcel Pagnol où l'instituteur exagère les pluriels "moutonsss" pour que les enfants accomplissent correctement la dictée).

⇒ **l'effet Jourdain** inspiré du Bourgeois Gentilhomme de Molière où là, l'instituteur exagère la portée des réponses des élèves en assimilant des bribes de compréhension à une maîtrise totale du concept (Astolfi, 1997; Dupin et Johsua, 1999).

C'est en cela que le contrat didactique peut se révéler être une imposture !

De plus, l'enseignant doit rendre accessible les connaissances en transposant le savoir savant en savoir à enseigner, c'est la fameuse problématique de la transposition didactique chère notamment à Yves Chevallard (cité par Dupin et Johsua (Dupin et Johsua, 1999)).

Ainsi, il doit identifier, prévoir les différents types d'erreurs susceptibles d'empêcher l'élève d'avancer (Astolfi, 1997), celles qui relèvent d'un dysfonctionnement du dispositif didactique ou celles inhérentes à la nature du savoir à enseigner, donc à la nature du savoir savant à partir duquel il fut transposé. Ainsi, nous vous présentons le tableau de ces erreurs et remédiations possibles qu'Astolfi a distinguées :

Nature du Diagnostic	Médiations ou Remédiations	Nature du Diagnostic	Médiations ou Remédiations
1. Erreurs relevant de la rédaction et de la compréhension des consignes	- Analyse de la lisibilité des textes scolaires - Travail sur la compréhension, la sélection, la formulation des consignes	5. Erreurs portant sur les démarches adoptées	- Analyse de la diversité des démarches "spontanées", à distance de la " stratégie canonique " attendue - Travail sur différentes stratégies proposées pour favoriser les évolutions individuelles
2. Erreurs résultant d'habitudes scolaires ou d'un mauvais décodage des attentes	- Analyse du contrat et de la coutume didactique en vigueur - Travail critique sur les attentes	6. Erreurs dues à une surcharge cognitive au cours de l'activité	- Analyse de la charge mentale de l'activité - Décomposition en sous-tâches d'ampleur cognitive appréhendable
3. Erreurs témoignant des conceptions alternatives des élèves	- Analyse des représentations et des obstacles sous-jacents à la notion étudiée - Travail d'écoute, de prise de conscience par les élèves et de débat scientifique en classe	7. Erreurs ayant leur origine dans une autre discipline	- Analyse des traits de structure et des traits de surface différentiels dans les deux disciplines - Travail de recherche des éléments invariants entre les situations
4. Erreurs liées aux opérations intellectuelles impliquées	- Analyse des différences entre exercices d'apparence proche, mais qui mettent en jeu des compétences logico-mathématiques diverses - Sélection plus stricte des activités	8. Erreurs causées par la complexité propre du contenu	- Analyse didactique des nœuds de difficulté internes à la notion insuffisamment analysées

Tiré de "l'erreur, outil pour enseigner" de J.P.Astolfi (1997)

Reprenons maintenant les propos de Bruner (cité par Crahay (Crahay, 1999)) sur le rôle de l'enseignant :

- ⇒ *L'enrôlement* : comportements du tuteur par lesquels il crée l'intérêt, la motivation chez l'enfant.
- ⇒ *La réduction des degrés de liberté* : le tuteur simplifie la tâche afin de ne pas "noyer" l'apprenant dans un flot de données.
- ⇒ *Le maintien de l'orientation* : le tuteur maintient l'apprenant dans la direction à suivre, il maintient le "cap".
- ⇒ *La signalisation des caractéristiques déterminantes* : le tuteur souligne les caractéristiques de la tâche qui sont pertinentes pour son accomplissement définitif.
- ⇒ *Le contrôle de la frustration* : le tuteur essaye d'éviter un sentiment d'échec qui pousserait l'élève à se désinvestir.
- ⇒ *La démonstration, la présentation des modèles* : le tuteur "stylise" les démarches qui facilitent la réussite.

Cette démarche a de l'intérêt si l'enseignant veille à ne pas fournir l'essentiel du travail c'est à dire si il veille à "mettre en danger" l'élève, à le déstabiliser. L'élève a une tâche, un effort à accomplir : apprendre (Dupin et Johsua, 1999). L'enseignant ne peut se substituer à lui dans cette activité. Et tout le problème est là !!

Le rôle de l'enseignant est donc, en résumé :

- ⇒ De **conduire** la classe à travers un dispositif didactique cohérent **sans "vendre la mèche"** trop tôt (effet Topaze), **sans s'écarter du "chemin"**, en éveillant l'intérêt.
- ⇒ De **ne pas se laisser abuser** par des remarques d'élèves qui semblent être proches de ce que l'on cherche à obtenir alors qu'on en est encore loin (effet Jourdain).
- ⇒ De mettre en place **diverses médiations et remédiations** susceptibles de lutter contre les erreurs des élèves (Astolfi, 1997).
- ⇒ De **simplifier** les tâches pour ne pas entraîner de surcharge (Bruner (Crahay, 1999)).
- ⇒ **D'identifier les obstacles** dus aux conceptions alternatives (Martinand, 1992).
- ⇒ **D'institutionnaliser**, de structurer les connaissances (Dupin et Johsua, 1999) et **faire prendre conscience** aux élèves des démarches employées (Martinand, 1992).
- ⇒ **D'évaluer** les acquisitions.

Un problème important qui se pose en situation réelle est *le contrôle de la part du transmissif* issu de l'enseignant dans les phases de construction du savoir par l'élève.

Deux façons d'agir (pouvant se compléter) sont possibles :

❶ L'enseignant guide en tant qu'animateur et concepteur des situations d'apprentissage (voir précédemment) mais n'apporte pas de connaissances nouvelles. Cela est faisable dans le cas de concepts peu complexes dont la construction est possible par l'unique interaction entre pairs et avec l'environnement (*la boussole est un aimant, par exemple*). L'enfant est donc réellement acteur de son apprentissage au sens « idéal » dans la mesure où l'enseignant ne fait qu'initier la situation d'apprentissage en limitant au maximum ses interventions.

❷ L'enseignant guide mais parfois *transmet* mais uniquement dans les conditions qui suivent. Cela peut fonctionner dans le cas où on se situe dans la zone proximale de développement de Vygotski, si cela répond à une question que se pose l'enfant et surtout si la connaissance transmise est mise en œuvre et enrichie par la suite (Chomat, Larcher et Méheut, 1988).

Ainsi, l'enfant doit de réinvestir la connaissance acquise dans d'autres situations afin qu'il puisse intégrer la nouvelle connaissance dans sa structure cognitive. Ce type d'apprentissage correspond aux cas où le concept à acquérir est bien trop complexe pour que l'enfant puisse de lui-même inventer les expériences, modélisations susceptibles d'accéder à la compréhension du phénomène. On peut citer les cas du comportement des particules (Chomat, Larcher et Méheut, 1988 ; Séré, 1985), du changement de référentiel (Merle, 1999).

Chapitre II : Analyse a priori :

L'analyse préalable nous a permis d'exposer les différents points de vue et choix qui entourent une situation d'apprentissage en classe. Quels sont les implications cognitives et didactiques de ces choix et analyses ?

II.1) Quels sont nos choix ?

II.1.1) Aspects généraux :

II.1.1.a) Rendre l'élève actif :

A partir des résultats de la recherche en didactique et du rôle de l'enseignant défini dans l'analyse préalable, on cherchera à faire en sorte que l'enfant soit actif dans sa construction de ses connaissances en tenant compte de ses conceptions initiales en lui demandant de les formuler par écrit et oral, en confrontant son point de vue avec ses pairs et en le faisant manipuler dans la mesure du possible.

II.1.1.b) Utiliser une démarche scientifique :

L'enseignant cherchera à développer chez l'élève l'esprit d'initiative en le poussant à formuler lui-même des hypothèses et à élaborer lui-même des modes de vérification basée sur l'expérience, la modélisation, l'observation ou la documentation (ce dernier mode en dernier recours).

II.1.1.c) Tenir compte du développement cognitif de l'élève :

Vygotski (Vygotski, 1934) et Piaget (Piaget, 1969, 1977) soulignent l'importance du développement cognitif de l'élève quant à l'efficacité de l'apprentissage d'un concept nouveau. C'est pourquoi nous nous proposons d'utiliser des tests piagétiens afin de faire état de ce développement et de voir si nous pouvons établir des liens entre la réussite à ces tests et la compréhension de la séquence.

Ainsi, il serait possible de déterminer un « seuil » de développement cognitif à partir duquel on se situerait dans la « zone proximale de développement » (Vygotski, 1934) permettant l'apprentissage de ces nouveaux concepts liés à l'astronomie et donc une modification durable des structures cognitives.

II.1.2) Aspects liés aux concepts abordés :

II.1.2.a) Réponses attendues des élèves et modes de résolution imaginés:

A travers l'analyse préalable et notre expérience du terrain, nous pouvons d'emblée imaginer les réponses des enfants lors des différentes séances :

- **Forme de la Terre** : Les enfants connaissent déjà que la Terre est une « boule », il s'agit donc de leur confirmer (via diapositives) qu'ils ont raison.
- **Boussole** : Les enfants ont de multiples idées (froid, vent, aimant) sur ce sujet, il s'agit d'exploiter leur différents points de vue et de les soumettre à l'expérience.
- **Gravitation** : Via l'utilisation d'un modèle concret (globe aimanté), les élèves pourraient modifier leurs points de vue par rapport à leurs conceptions initiales.
- **Alternance journée/nuit** : Les enfants ont de multiples idées (Terre tourne, Soleil Tourne, Lune agit, ...) sur ce sujet. Il s'agit donc de les faire manipuler des modèles concrets (boules, lampes) afin d'affiner leur point de vue.
- **Durée des journées et des nuits** : Les réponses des enfants seront moins importantes étant donnée la difficulté de la question, à l'instar des enseignants (page 64), et c'est pourquoi la manipulation d'un modèle concret (boules avec un axe de rotation, lampes) permettra de répondre aux conceptions initiales qui privilégient la distance au détriment de l'inclinaison.
- **Saisons** : Les réponses des enfants tourneront, sans doute, surtout autour de la distance et de la brillance et sachant que les élèves ne peuvent pas savoir que la Terre est plus loin du Soleil en été (Hémisphère Nord), on apportera cette information et on répondra au questionnement de ces élèves via des modélisations concrètes privilégiant le lien inclinaison / variation de température et non le lien inclinaison et course apparente du Soleil comme l'a fait Merle (Merle, 1999). En effet, nous pensons que les élèves assimileront (au sens piagétien) mieux la notion d'inclinaison s'ils font le lien avec la variation de température plutôt qu'avec la course apparente du Soleil dans la mesure où ce qui importe dans les saisons, c'est la différence de chaleur.

II.1.2.b) Implications sur la séquence :

On s'intéressera donc moins aux problèmes liés à la représentation en perspective (représentation elliptique de la trajectoire de la Terre autour du Soleil), qui nécessiterait une thèse en soi, pour se focaliser sur l'inclinaison de la Terre par rapport au Soleil et son implication en termes de variation de température. Les séances précédant celle sur les saisons sont considérées comme des pré-requis. De plus, on favorisera les interactions et les manipulations (voir page 76).

Ainsi, nous pouvons dès lors exposer les hypothèses qui basent notre travail :

II.2) Aspects psycho-cognitifs :

Le résumé page 12 nous indique qu'il est possible d'identifier trois stades de développement psycho-cognitifs IIb, IIIa et IIIb qui correspondent à des stades cruciaux quant à la capacité d'un enfant à comprendre une séquence autour de l'Astronomie, notamment sur l'acquisition de l'espace projectif, par exemple.

Nous considérons que le *niveau de développement cognitif* est un facteur important dans l'impact d'une séquence sur une population donnée en accord avec les thèses de J.Piaget, L. Vygotski, H.Wallon et J.Bruner. On ne peut apprendre tout à tous les enfants de tous âges.

Ainsi, on peut faire l'hypothèse suivante :

Hypothèse 1 :

Dans les classes testées , il pourrait apparaître plusieurs groupes d'enfants :

- *un groupe plutôt égo-centré (ayant 8,9 ou 10 ans mais n'ayant pas encore accédé complètement au stade opératoire concret) ayant de grosses difficultés à voir et représenter des objets dans l'espace sans l'appui de supports très concrets,*
- *un groupe capable de se décentrer mais éprouvant de la difficulté dans la représentation et l'argumentation de leurs points de vue et enfin,*
- *un groupe très à l'aise dans la décentration et dans l'argumentation (proche de l'opérateur formel).*

Ces trois groupes se caractériseraient également par leur aptitude ou non à résoudre des problèmes liés à la vision dans l'espace à trois dimensions (espace projectif), à la conservation du poids et à la classification périodique.

Ainsi, on pourrait établir un chemin cognitif différent le long de la séquence d'enseignement en fonction du profil cognitif correspondant et de cette façon éventuellement envisager des moyens de remédiation adaptée (voir les aspects didactiques et les conclusions de ce travail).

Pour ce faire, les recueils de conceptions individuelles tout au long de la séquence et la mise en perspective de ces recueils comparés à différents tests piagétiens sur les capacités logico-mathématiques liées à la structuration de l'espace, à la conservation du poids et à la classification périodique permettront de créer un corpus susceptible d'établir des formes de chemins cognitifs différents.

De plus, on pourra éventuellement établir des relations entre la réussite aux tests et les résultats aux évaluations finales. On s'attend, par exemple, à ce qu'un enfant situé dans le stade IIIb aura plus de chances de réussir la séquence qu'un enfant situé dans le stade IIb/IIIa.

II.3) Aspects didactiques :

II.3.1) Choix et Hypothèses :

En conclusion de l'analyse préalable et des points évoqués dans l'analyse à priori, nous nous proposons de nous appuyer sur une démarche s'inspirant en partie du socio-constructivisme reposant sur les postulats suivants :

- ⇒ Les enfants ont acquis majoritairement un développement cognitif suffisant pour aborder les concepts liés à la séquence (nous verrons que ce n'est pas le cas de tous).
- ⇒ Les enfants sont capables de se représenter et d'interpréter leur environnement grâce à l'action sur celui-ci via des modélisations et des expérimentations et à des systèmes symboliques comme les langages parlés et écrits.
- ⇒ Les enfants sont capables de se référer au passé et d'anticiper le futur de la séquence.
- ⇒ Les enfants sont capables d'observer et écouter leurs pairs et le maître, et d'en tirer des conclusions pour eux-mêmes.

Ainsi, ces postulats intègrent l'approche constructiviste de Piaget à travers le rôle de la maturation et de l'action sur l'environnement et l'approche socio-cognitive de Vygotski, Wallon et Bruner à travers l'interaction avec les autres via l'observation, l'écoute et le langage.

A partir de ces postulats, on peut donc s'interroger sur la pratique habituelle des enseignants de l'école primaire qui abordent l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre via un travail basé uniquement sur la documentation et la schématisation. En effet, si le rôle de l'action de l'enfant sur son environnement est mis en valeur dans les démarches d'apprentissage issues des recherches récentes en didactique, pourquoi ces enseignants ne cherchent-ils pas à faire manipuler les enfants ?

On peut d'ailleurs citer à ce propos les travaux effectués sur la modélisation dans de nombreux domaines dans le livre de J.L.Martinand et de l'équipe du LIREST (1992) et ASTER No 7.

C'est pourquoi, à partir de ces réflexions et de l'analyse préalable des conceptions des élèves, nous nous proposons de faire les hypothèses complémentaires suivantes :

Hypothèse 2 :

De façon cohérente avec ce qui a été développé pages 61 et 62, nous choisissons de faire émerger et de tenir compte des conceptions initiales des élèves afin, à la fois, de les motiver et surtout de les amener à soumettre leur point de vue à l'avis des autres lors de confrontation (conflit socio-cognitif proposé par Vygotski).

Ainsi, on espère un meilleur apprentissage (modification durable des structures cognitives) de la part des élèves que dans le cas d'un enseignement usuel à « dominante transmissive » sans recueils de conceptions ni manipulations.

Cette hypothèse indique qu'il est nécessaire en début de séance de faire s'exprimer à l'écrit et à l'oral les élèves afin que l'on puisse tenir compte de leur point de vue lors de discussions ce qui n'est pas le cas dans un cadre purement transmissif.

Hypothèse 3 :

Piaget a montré l'importance du rôle de l'action de l'élève sur son environnement et c'est pourquoi nous pensons que l'enfant doit passer par des phases de modélisation en manipulant concrètement et en observant des objets ayant des propriétés proches des objets réels au regard des concepts abordés afin d'en acquérir une meilleure compréhension.

On abordera cette modélisation via les concepts suivants : propriétés gravitationnelles de la Terre, rotation propre de la Terre sur elle-même pour expliquer l'alternance journée / nuit, révolution autour du Soleil et inclinaison de l'axe de rotation de la Terre pour expliquer la variation de durée des journées et des nuits et le phénomène des saisons, ceci en cohérence avec les aspects cognitifs précédemment évoqués.

Ainsi, on espère un impact important de cette séquence sur l'acquisition de la part des élèves des nouvelles connaissances.

Cette hypothèse indique que, non seulement il faut tenir compte des conceptions initiales, mais qu'il faut aussi les soumettre au principe de réalité via l'action sur l'environnement.

Afin d'évaluer l'impact de la manipulation sur l'efficacité de la séquence, nous nous intéresserons aux classes repères et également nous analyserons les compte-rendus d'expériences après l'action ainsi que les évaluations finales.

Aparté : quelle modélisation ?

Il nous semble important ici de préciser ce qu'on entend par modèle en s'appuyant sur le texte de J.P.Astolfi et A.-M.Drouin (Astolfi et Drouin, 1992). Ces auteurs distinguent trois modèles possibles :

- ⇒ **Image, schéma ou maquette** : C'est un objet concret (au sens piagétien), une analogie concrète, c'est « un modèle pour penser avec » qui permet à l'enfant de donner corps au phénomène qui n'est pas accessible au perçu d'emblée.

- ⇒ **Théorie, loi, modèle ... et réalité** : Ce type de modèle établit une distance entre réalité et discours scientifiques. C'est une reconstruction abstraite de la réalité dans un objectif de prédiction, d'analyse.

- ⇒ **Mathématisation** : C'est la formalisation des théories de l'item précédent. Ce type de modèle est le niveau le plus abstrait de la modélisation et n'est accessible à l'enfant qu'à partir de 11/12 ans.

De fait, étant donné le niveau des enfants auxquels on s'adresse, c'est le modèle dans le sens d'une image, d'un schéma ou d'une maquette qui est retenu ici. C'est un modèle concret qui sera utilisé pour aider l'enfant à comprendre un phénomène physique. Nous sommes, ne l'oublions pas, au stade de « l'opérateur concret » selon Piaget.

II.3.2) Séquence : Quel doit être le squelette de la séquence ?

Si on reprend le résumé de la page 62 et les hypothèses de la page 72 (profils) et 74 (modélisation) :

⇒ Formulation du problème :

- ⇒ Emergence et prise de conscience des conceptions (individuellement).
- ⇒ Discussion de ces conceptions (collectivement).
- ⇒ Hypothèses de travail à partir de ces conceptions (collectivement).

⇒ Résolution du problème :

- ⇒ Recherche : (manipulations ciblées) Expérimentation, modélisation, documentation, observation, en groupe restreint ou individuellement.
- ⇒ Compte-rendu d'expérimentation, de manipulation (individuellement).
- ⇒ Débat de preuve autour de la validation des hypothèses (collectivement).

⇒ Structuration, institutionnalisation (collectivement).

⇒ Evaluation individuelle , retour éventuel si difficulté (pédagogie de la maîtrise).

Evidemment, il ne faudrait pas pécher par excès d'optimisme (ou dogmatisme) en imaginant réussir à tous les coups avec tous les apprenants.

En effet ceux-ci peuvent fuir le conflit de manière très surprenante en niant les faits (Chauvet, 1994 ; Plé, 1995), en intégrant ceux-ci dans un domaine qui leur évite la déconstruction (la magie, par exemple).

Ils peuvent ne pas être tout à fait conscient de la contradiction entre les faits et leurs conceptions. Ils semblent alors intégrer les résultats de la séance par adhésion (économique d'un point de vue intellectuel) aux leaders, qu'ils soient élèves ou enseignants, par absence de motivation par rapport au sujet traité. Malheureusement ceux-ci ne font que glisser sur leur "surface cognitive" sans remettre en cause leurs conceptions.

Une évaluation ultérieure (à long terme) permet de visualiser cet état de fait.

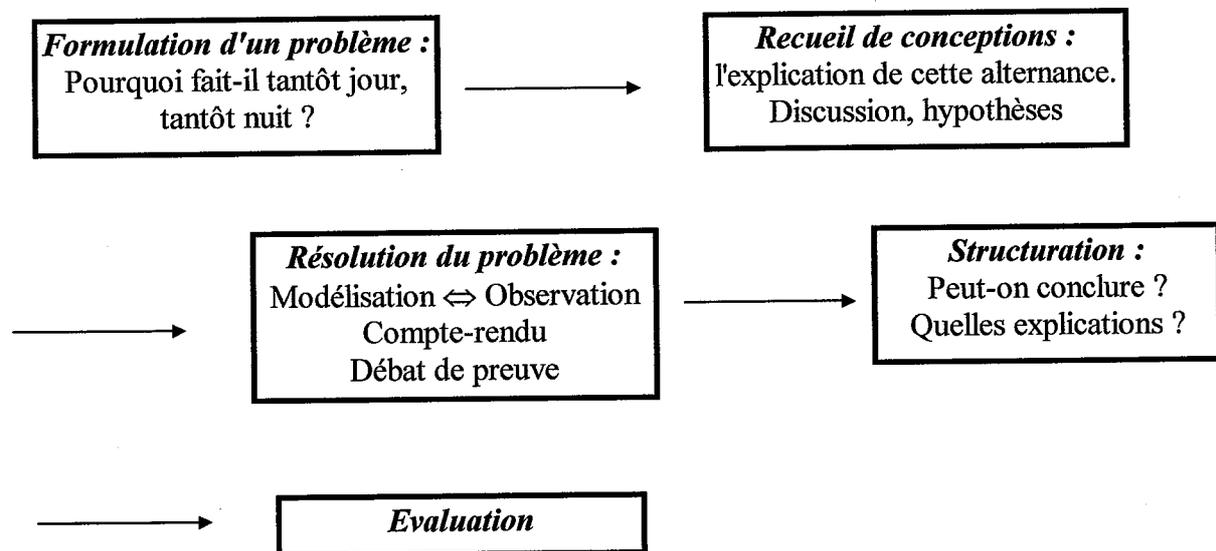
Il est donc nécessaire de varier les angles d'attaque pour ne pas laisser une partie de la classe sur le bord du chemin, d'où l'importance d'appliquer les préceptes de la pédagogie de la maîtrise béhavioriste (voir page 50).

Toutefois, cela ne marche pas toujours ! L'enfant n'est alors pas prêt à s'investir !

Voilà ce que l'on peut obtenir finalement :

Le **format général de chaque séance** sera donc : Formulation, recueil de conceptions, résolution du problème, structuration, évaluation.

Par exemple : l'alternance journée/nuit



II.3.3) Protocole expérimental, méthodologie:

Afin de tester les hypothèses, nous avons établi un protocole expérimental en fonction de l'hypothèse testée.

Hypothèses 1/2/3 : Recueil de conceptions et manipulations

De 1999 à 2002, 21 classes tests (436 élèves) ont suivis un enseignement dans le cadre théorique de la pensée de Piaget et Vygotski avec prise en compte des conceptions initiales, discussion, action sur l'environnement via expérimentation et modélisation que nous appellerons, pour faire bref, « **classes expérimentales** ».

Au risque de nous répéter : dans ces classes expérimentales, l'enseignement est basé sur les conceptions initiales des élèves en prenant en compte celles-ci, en les confrontant aux avis des pairs, en les testant via des modélisations ciblées, des expérimentations, des observations et parfois de la documentation. Ainsi, les formes de travail varient également, l'enfant travaillera successivement seul, en collectif et en groupe restreint. L'enfant est donc acteur de son apprentissage puisqu'il part de son idée. Il doit se remettre éventuellement en cause via les discussions et les manipulations. Mais, nous sommes conscients qu'il n'y a pas que cela et que parfois l'enseignant guidera l'action et transmettra des données ce qui module le caractère socio-constructiviste via l'action du maître.

Ces 21 classes ont été divisées en deux groupes :

⇒ **1999/2001** : 11 classes du CE2 au CM2 (43 CE2, 156 CM1, 27 CM2 soit : 226 élèves) ayant eu un enseignement pratiqué par le chercheur avec comme prise d'indices : recueils de conceptions, évaluations.

⇒ **2001/2002** : 10 classes du CE2 au CM2 (53 CE2, 120 CM1, 35 CM2 soit 210 élèves) ayant eu un enseignement dispensé par dix professeurs des écoles stagiaires (PE2) avec comme prise d'indices : traces écrites lors des phases de recueils de conceptions, de discussions, de comptes-rendus d'expériences ou de manipulations, et enfin de structuration, plus les trois tests piagétiens ainsi que quelques prises vidéo des séances en classe.

Hypothèse 2/3 : Ni recueil, ni manipulations

Deux classes repères de CM1 (58 élèves), appelées « **classes repères I** », public plutôt favorisé, ont suivi un enseignement à « dominante transmissive » comme indiqué page 43 à base d'étude documentaire *sans prise en compte des conceptions initiales et sans manipulations*. Mais là aussi, nous sommes conscients que si la dominante est transmissive, il peut s'y glisser d'autres aspects dans la mesure où on ne totalement peut interdire à un enfant d'intervenir en classe, par exemple.

Ainsi, deux enseignants titulaires ont bien voulu se plier à la procédure.

Il n'y a pas de travaux en groupes, il n'y a pas de présentation de modèle en trois dimensions.

De fait, nous analysons donc les limites de la seule étude documentaire transmissive. Dans quelle mesure est-elle susceptible d'amener un enfant de CM1 à la compréhension de concepts astronomiques et donc si la prise en compte des conceptions initiales est importante.

Nous sommes conscients que cette étude ne permet que d'obtenir un point de repère et non une comparaison stricte dans la mesure où le nombre de classes repères est insuffisant.

Hypothèse 2/3 : Recueil

Deux autres classes repères de CM1 (45 élèves), classes appelées « **classes repères II** » également plutôt favorisées ont suivi une séquence d'enseignement du même type que celle suivie par les deux classes précédentes mais avec cette nuance importante : *les enseignants ont fait émerger et ont intégrés les conceptions initiales des enfants* dans les séances en les confrontant par la suite à une étude documentaire du même type que celle suivie par les deux classes précédentes.

Ainsi, les enfants ont discuté entre eux collectivement leur différents points de vue mais ils n'ont pas travaillé en groupe restreint. Ils ont répondu à leurs questions via l'étude de documents, individuellement, sans qu'ils n'aient eu la possibilité de voir un modèle en trois dimensions. Il est à noter que la durée de cette séquence est quasiment la même que les classes repères I et expérimentales, avec le même découpage de séance.

Cette phase s'intéresse uniquement à l'impact de la prise en compte des conceptions initiales sur la séquence sans manipulations ni modèle concret.

Deux enseignants professeurs des écoles troisième année (PE3) se sont chargés de cette tâche.

Ainsi, par comparaison avec les classes expérimentales, nous pourrions éventuellement déceler les écarts de réussite et ainsi voir l'importance de la modélisation.

Profils des enseignants :

1) Dans les deux classes repère I, 2001-2002:

Les deux enseignants sont issus des écoles normales, mais ils ont poursuivi leurs études en sciences de l'éducation afin de passer le concours de professeur des écoles. Ils ont environ 20 ans de travail dans l'enseignement.

Leur formation scientifique est assez faible en Astronomie mais grâce au document que je leur ai fourni, ils se sont perfectionnés sur ce domaine. Ceci dit, dans leur carrière, ils ont eu souvent l'occasion d'enseigner les sciences en cours moyen.

2) Dans les deux classes repères II, 2001-2002 :

Nous entendons par « repères II » des classes où l'enseignant tient compte des conceptions avant enseignement des élèves, contrairement aux classes repères I, mais ne les fait pas manipuler, contrairement aux classes expérimentales.

Les deux enseignants ont une formation scientifique (licence de sciences) et sont « experts » en astronomie, car ils ont eu l'occasion de l'enseigner l'année précédente dans le cadre d'un travail de mémoire pendant qu'ils étaient stagiaires.

Ils ont une bonne connaissance des différents principes des sciences de l'éducation.

3) Onze classes expérimentales, 1999-2001 :

Ces classes ont eu un enseignement prodigé par le chercheur : agrégé de physiques, DEA en didactique et formation en sciences de l'éducation.

4) Dix classes expérimentales, 2001-2002 :

Dix professeurs des écoles stagiaires, 4 licenciés de sciences de l'éducation, 3 licenciés d'histoire-géographie et 3 licenciés de sciences physiques.

Au cours de leur formation à l'IUFM, ils ont eu des cours de sciences de l'éducation, ils connaissent, notamment, les travaux auxquels nous faisons référence (Piaget, Vygotski, Bruner, Wallon, etc.), ainsi que les différences entre transmissif, behaviorisme et socio-constructivisme.

La majorité de ces enseignants ont eu pour formation principale en astronomie un document d'une vingtaine de pages, présenté en annexe I, reprenant les principales connaissances de bases et décrivant une séquence d'enseignement pratiquée par le chercheur.

Nous insistons sur la légèreté du dispositif de formation de ces professeurs : seul un document écrit de vingt pages (voir annexes) a été distribué à tous les enseignants ayant participé à cette expérimentation (« repères I et II, et expérimentales »). Il n'est pas nécessaire de faire une formation lourde pour atteindre des résultats intéressants comme on le verra dans la suite de ce travail. *Ceci dit, ce sont des enseignants volontaires, ce qui est inévitable.*

Traces écrites : Dans les classes expérimentales, qu'ont écrit les enfants ?

- 1) **Rappel de la question** de la séance précédente pour veiller à ce que la notion soit bien acquise (et faire un rappel ensuite)
- 2) Petite introduction orale sur le thème de la séance sans faire trop parler les enfants afin de ne pas « vendre la mèche »
- 3) **Recueil de représentations initiales** : poser la question de la séance et laisser les enfants répondre individuellement par un dessin et/ou un écrit (**Ce que je pense**)
- 4) **Discussion collective**, on écrit au tableau les différents avis de la classe (quitte à en rajouter artificiellement si la bonne réponse n'est pas présente) et on essaye de trouver un moyen de résoudre le problème
- 5) **Nouveau recueil** : reposer la question individuellement pour voir l'influence de la discussion (**Ce que je pense après la discussion**)
- 6) **Résolution** : expériences (boussoles), observations, documentations, modélisation (Alternance jour/nuit), cela dépend du sujet
- 7) **Résultat de la résolution** : compte-rendu de résolution individuellement ou par groupe (**Ce que j'ai vu**)
- 8) Discussion collective sur les résultats
- 9) **Structuration** : collective (**Ce que j'ai appris**)

Voilà ce qu'on obtenait dans le classeur de l'élève:

Titre de la leçon	
Nom de l'enfant	1) Rappel
ce que je pense	2) Question du jour (dessin et phrases)
ce que je pense après la discussion	3) Question du jour
ce que j'ai vu	4) Compte-rendu d'observation, expérimentation, documentation, modélisation
ce que j'ai appris	5) Réponse trouvée par la classe à la question

Donc, si on résume, grâce à ce protocole on est amené à éclairer les différents points suivants :

⇒ **Le rendement d'un enseignement usuel (classes repères I) :**

Grâce aux classes repères I et aux classes repères II.

⇒ **L'importance de la prise en compte des conceptions initiales :**

Grâce aux classes repères II.

⇒ **L'importance de l'action sur l'environnement :**

Grâce aux classes repères II, aux classes expérimentales et aux traces écrites.

⇒ **Le rendement de la séquence dans les classes expérimentales s'inspirant d'une approche socio-constructiviste mais pas seulement :**

Grâce aux évaluations internes.

⇒ **Quels sont les différents niveaux de développement cognitif (IIb, IIIa et IIIb) et leur impact sur la réussite à la séquence :**

Grâce aux tests piagétien, à l'évaluation des conceptions avant enseignement et aux évaluations internes.

⇒ **Y a-t-il un lien entre un type de conceptions initiales et le niveau de développement cognitif :**

Grâce aux tests piagétien en liaison avec le parcours individuel d'un enfant via ses différentes conceptions avant enseignement au cours de la séquence.

⇒ **Quel est le rôle de l'oral et de l'écrit ?**

Grâce aux traces écrites et à la prise vidéo (voir le paragraphe sur l'argumentation).

A noter que ces prises vidéos permettent aussi de contrôler en partie l'action des stagiaires et de vérifier qu'ils s'intègrent bien dans la démarche.

Chapitre III : Expérimentations : Séquence d'enseignement :

Cette séquence présente la chronologie de ce qui a été effectué en classe avec une analyse à la fin de chaque séance des réactions d'élèves et des difficultés rencontrées.

Il se trouve qu'Hélène Merle (Merle, 1999) a travaillé assez largement sur l'enseignement de l'astronomie au cycle III et il nous semble donc important de voir ce qui distingue notre travail de celui-ci :

⇒ L'objectif d'Hélène Merle est *avant tout* d'aider les enfants à transférer leur compréhension sur l'alternance Journée/ Nuit vers **le changement d'un référentiel fixe vers un référentiel tournant** en passant de la conception que le Soleil tourne, vers la rotation propre de la Terre afin de transférer et réinvestir cette compréhension de la rotation apparente du Soleil, le jour, vers l'explication de la rotation apparente des étoiles, la nuit.

⇒ Le dispositif principal utilisé par Mme Merle est **un planétarium gonflable** coûteux et peu généralisable à l'ensemble des classes de cycle III.

⇒ Afin d'aborder l'inclinaison de l'axe (qui semble être un objectif secondaire d'Hélène Merle) et dans un souci de cohérence, elle utilise les positions du Soleil par rapport à l'horizon au midi solaire via la fabrication et l'utilisation de **théodolites** (donc en abordant nécessairement la mesure d'angles qui n'est pas au programme de l'école primaire), ce qui implique également des mesures mensuelles tout au long de l'année et donc de transférer l'explication des valeurs changeantes à la fin de l'année scolaire.

⇒ Le **cadre socio-constructiviste** est réel mais essentiellement **implicite**.

Notre travail se différencie dans les points suivants :

⇒ Notre objectif principal est la **compréhension de l'inclinaison de l'axe de rotation** de la Terre par rapport au plan de l'écliptique et non le problème de changement de référentiel, ainsi la rotation nocturne n'est pas abordée.

⇒ Notre dispositif principal passe par la modélisation à travers la **manipulation de boules en polystyrène traversées par des bâtonnets et de lampes ou ampoules**, dispositif moins coûteux et plus facilement gérable en classe et donc généralisable.

⇒ Nous abordons l'inclinaison de l'axe à travers la **variation de durée des journées et des nuits** que les enfants connaissent même si ils n'en évaluent pas l'importance (du simple au double en France quasiment) et grâce aux **saisons** plutôt que par l'utilisation de théodolites et la position du Soleil par rapport à l'horizon. Ainsi, un simple calendrier des postes (avec heures de lever et de coucher du Soleil) permet d'initier ce travail sans avoir à attendre la fin de l'année comme c'est le cas chez Hélène Merle.

⇒ Le **cadre socio-constructiviste** est **explicité** et ainsi les aspects cognitifs et didactiques qui y sont liés.

Nous avons exposé page 43 le squelette des différentes séances des classes repères I et page 80 la structure des séances pratiquées dans les classes repères II. Les résultats de ces séances seront présentés plus tard dans ce document. Ces quatre classes repères ne constituent pas le cœur de l'expérimentation mais des points de repères externes afin d'analyser les différentes méthodes, étant entendu que le corpus (4 classes comparées aux 21 classes tests) n'est pas suffisant pour réellement « prouver » mais plutôt donner à réfléchir (Weisser, 1998).

Cette partie a donc pour objectif d'exposer les différentes séances accomplies en classe dans les **classes expérimentales**, dans le détail, avec les réactions écrites et orales des élèves et leur analyse. Ainsi, nous serons amené à présenter de nombreuses productions d'élèves qui nous semblent plus parlantes qu'un long discours et également quelques situations de discussions collectives intéressantes dont nous tirerons quelques considérations générales sur la structure de **l'argumentation orale** au cycle III.

Les sujets abordés sont les suivants :

- ① La Terre est une sphère éclairée par le Soleil plus grand qu'elle.
- ② La Terre possède des propriétés magnétiques qui orientent les aiguilles des boussoles.
- ③ La Terre possède des propriétés gravitationnelles qui plaquent les gens au sol.
- ④ **La Terre tourne sur elle-même** en 1 jour, d'où l'alternance journée/nuit, d'où divers problèmes de référentiel.
- ⑤ **La Terre tourne autour du Soleil** dans le vide interplanétaire en 1 année sur une orbite quasi circulaire.
Son **axe de rotation reste incliné**, de la même façon sur une année, d'environ 23° par rapport à la perpendiculaire au plan de l'écliptique qui passerait par son centre.
- ⑥ Cet axe incliné dont l'inclinaison est constante impose une **variation de la durée des journées et des nuits**, donc une variation de la durée de réchauffement au cours de l'année.
De plus, du fait de cet axe incliné, l'angle d'incidence des rayons solaires varie fortement au cours de l'année, induisant une **variation de température**, donc le phénomène des saisons.

Attention, nous commenterons, plus précisément, les discussions et les dessins principalement dans l'analyse a posteriori, surtout dans le chapitre IV)1.

III.1) Séance 1 : Forme de la Terre et du Soleil : 45 minutes

NOUS ALLONS PRESENTE LES RESULTATS DES CLASSES DE 1999/2001

(séances menées par le chercheur),

ET DE 2001/2002

(séances menées par les enseignants stagiaires).

Cette séance est la première. En général, les enfants savent déjà qu'elle est la forme de la Terre et du Soleil. Cette séance sert surtout de remise à niveau général pour l'ensemble des élèves et elle permet aussi d'introduire quelques rapports de taille entre le Soleil et la Terre. Elle permet de construire l'idée que la Terre n'émet pas de lumière visible par elle-même et donc, qu'elle est éclairée par le Soleil.

III.1.1) Recueil de conceptions : Quelle est la forme de la Terre ?

Classes 1999/2001	Sphère/ « Cercle »	Plate
CE2 (43)	95%	5%
CM1 (156)	100%	0%
CM2 (27)	100%	0%

Classes 2001/2002	Sphère/ « Cercle »	Plate
CE2 (53)	98%	2%
CM1 (120)	100%	0%
CM2 (35)	100%	0%

Comme on le constate, l'énorme majorité des enfants assimilent la Terre à une Sphère/ « Cercle », c'est à dire à un ballon selon leur dire. Les enfants qui dessinent une Terre plate dessinent surtout l'horizon et non la Terre vue de l'espace. Lorsqu'on demande à ces enfants comment est la Terre, ils n'hésitent pas à dire qu'elle est ronde.

Exemple de production d'élèves :

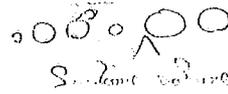
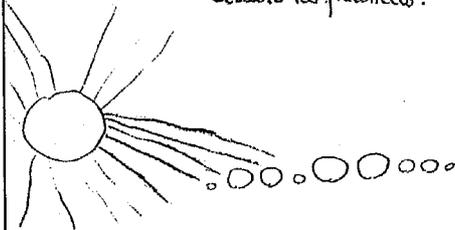
Amam M

1) Qu'est-ce que la Terre ?

La terre est une des planètes du système solaire.

Qu'est-ce que le Soleil ?

Le soleil est une boule de gaz incandescente qui éclaire les planètes.



2) Quelle est la forme de la Terre :

La terre est une sphère.

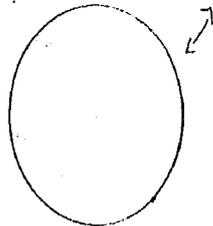
Quelle est la forme du Soleil :

Le soleil est une boule de feu.

1) Qu'est-ce que

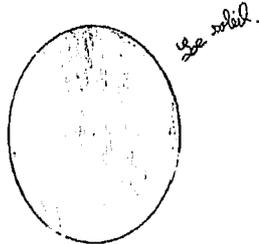
la terre ? La terre est une planète ronde.

la planète terre



2) Qu'est-ce que

le soleil ? Le est un rond brûlant qui nous réchauffe en été et parfois en hiver il a aussi de puissants rayons.



2) Quelle est la forme

de la terre : elle a la forme d'un cercle.

du soleil : d'un rond et aussi d'un cercle.

CMI/CST2 OTI MARSHÉIN

III.1.2) Confrontation, discussion collective

Les enfants sont souvent d'accord entre eux sur la rotondité de la Terre.

III.1.3) Documentation : Séance diapositives

Cette séance permet de montrer les tailles respectives du Soleil et de la Terre et de confirmer ce que les élèves savent déjà sur la sphéricité de la Terre et du Soleil. On leur montre des diapositives des différents astres en comparant les tailles respectives. De plus, à travers la vision de diapositives, les enfants constatent que la Terre peut-être à moitié éclairée et donc que la lumière (visible) n'est pas produite par elle.

III.1.4) La structuration est alors aisée :

La Terre et le Soleil sont des sphères, le Soleil éclaire la Terre. La Terre n'émet pas de lumière visible par elle-même.

III.2) Séance 2 : Boussole, 1h15min

Cette séance permet « d'orienter » la sphère Terre du Nord au Sud et ainsi d'introduire deux points importants : le Pôle Nord et le pôle Sud en utilisant une coïncidence : les pôles magnétiques sont assez proches des pôles géographiques.

III.2.1) Recueil de conceptions : Pourquoi l'aiguille de la boussole est attirée par le Nord ?

Classes 1999/2001	Rien ou incompréhensible	Vent	Piles	Froid	Aimant
CE2 (43)	50%	10%	12%	18%	8%
CM1 (156)	60%	6%	3%	12%	10%
CM2 (27)	70%	0%	0%	10%	20%

Classes 2001/2002	Rien ou incompréhensible	Vent	Piles	Froid	Aimant
CE2 (53)	60%	8%	16%	8%	8%
CM1 (120)	77%	3%	3%	7%	10%
CM2 (35)	66%	3%	0%	10%	20%

Par exemple :

SILLES

Pourquoi l'aiguille de la boussole est attirée par le nord
ce que je pense c'est qu'il y a un pôle Nord. 
il faut peut-être savoir
Comment on pourrait faire pour le savoir?
Il faut avoir une boussole pour le savoir. Il faut
de la place pour le savoir

On a vu que

- les aimants ne font pas tourner la boussole.
- les aimants non plus
- le aimant fait tout tourner
- les aimants aussi



La terre est un aimant qui attire les
aiguilles des boussoles

ERIEM

CTM WOLT (PARTENAI)
OCT 99

à que
le pense

Comment fonctionne une boussole? Comment
ça marche
Elle est attirée vers le Nord parce que
dans le nord il y a très très très
très fort.

que
l'ai appris

La boussole fonctionne grâce aux
aimants.
La terre est un aimant et les boussoles
sont attirées vers le Pôle Nord

ce que je pense	Comment fonctionne une boussole? Comment ça marche? Elle fonctionne en tourbillon. Elle est attirée par le Nord car c'est l'axe du vent.
ce que j'ai appris	La boussole fonctionne grâce aux aimants de la Terre est un aimant et les boussole sont attirés vers le Nord Pôle

III.2.2) Confrontation : Les enfants sont très intéressés par le sujet, ils veulent savoir ce qu'est le mode de fonctionnement de la boussole, ainsi, les hypothèses découlent naturellement de la discussion .

III.2.3) Expérimentations : On teste les différents points de vue en manipulant soi-même et on constate que la boussole est un aimant.

III.2.4) Structuration : L'aiguille de la boussole est attirée par le nord car la Terre est aussi une boussole.
Il existe deux points particuliers sur la Terre au Nord et au Sud où on trouve les pôles magnétiques. La Terre possède donc une certaine orientation.

Remarques :

On constate que le taux d'abstention est très élevé. En effet, si les enfants connaissent les boussoles, rares sont ceux qui ont une idée à propos de leur fonctionnement (entre 40 et 30%). Mais un bon tiers s'expriment.

Dans la littérature, il n'est pas fait état des différentes conceptions avant enseignement (le froid, la chaleur) des enfants concernant le fonctionnement des boussoles alors qu'elles sont plutôt fréquentes.

La production de Gilles montre qu'il est possible de demander aux enfants d'élaborer eux-mêmes l'expérimentation qui permettra de savoir s'ils avaient raison.

En effet, dans quelques classes, nous avons demandé aux enfants d'écrire un protocole expérimental pour valider leur conceptions (« comment faire pour le savoir »). Les enfants, lorsque le sujet n'est pas trop complexe conceptuellement se prête facilement à ce jeu d'anticipation (Chomat, Larcher et Méheut, 1988).

On constate que pour des enfants, les deux pôles de la Terre ou d'un aimant peuvent être séparés :

ROBERT

Pourquoi l'aiguille de la boussole est attirée par le Nord ?

ce que je pense :

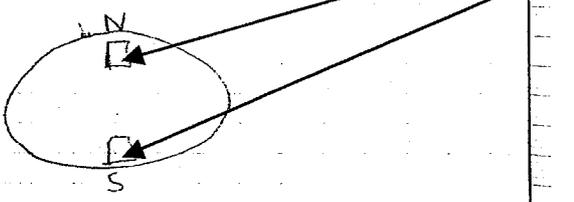
Sur Nord il fait froid .

Comment on pourrait faire pour le savoir ?

On a vu que :

- les glaciers ne font pas tourner la boussole,
- les photos, non plus,
- l'aimant fait tourner,
- les ciscaux aussi .

Donc, la boussole est un aimant .



La terre est un aimant qui attire les aiguilles des boussoles .

Deux pôles

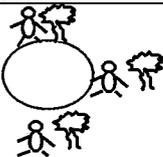
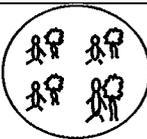
Cette conception est assez fréquente mais nous n'avons pas approfondi le sujet. Il semblerait qu'une recherche pourrait se faire sur cette séparation des pôles magnétiques.

Cette séance ne pose pas trop de problèmes pour les enfants tant la force de l'aimant sur la boussole est telle que les enfants se rallient massivement à l'idée que la boussole est un aimant.

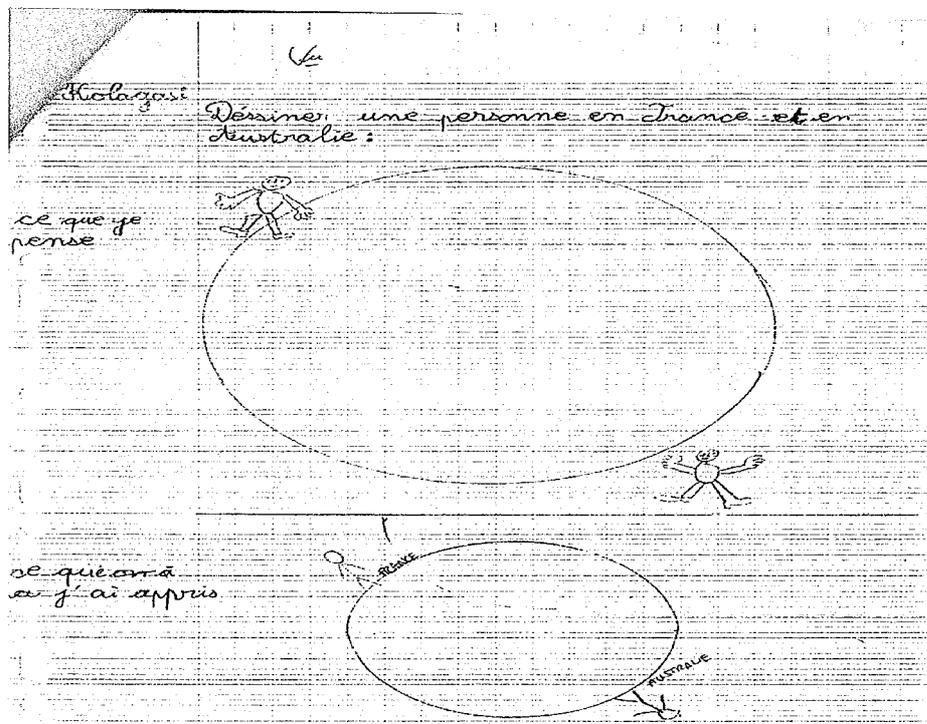
III.3) Séance 3 : Gravitation 1h15min

Cette séance a pour but de montrer qu'il n'y a pas de haut ni de bas dans l'espace au sens strict. Certains enfants ont une conception assez forte qu'il existe une sorte d'orientation absolue dans l'espace (voir conception 1) qui se rapproche des idées newtoniennes d'un espace absolu indépendant de la matière.

III.3.1) Recueil de conceptions : Dessine un bonhomme en France et en Australie ?

Classes 1999/2001 2001/2002	 1	 2	 3
CE2 (96)	28%	38%	32%
CM1 (276)	26%	40%	33%
CM2 (62)	20%	14%	66%

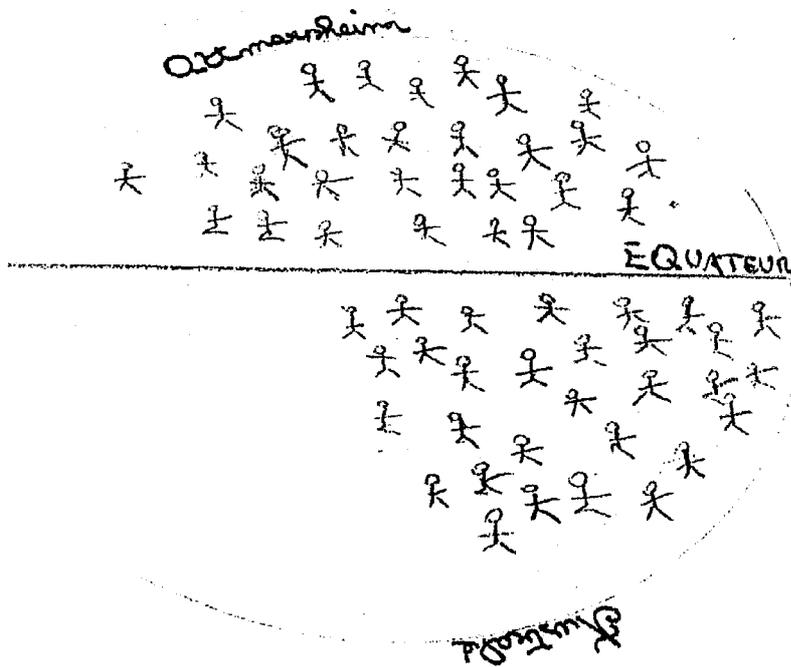
Par exemple :



Quelle est la forme
de la terre : un cercle
du soleil : un cercle solaire



Comme Otmarsheim s'est en haut j'ai fait les hommes à l'envers
et Australie s'est en bas alors j'ai fait les hommes à l'envers

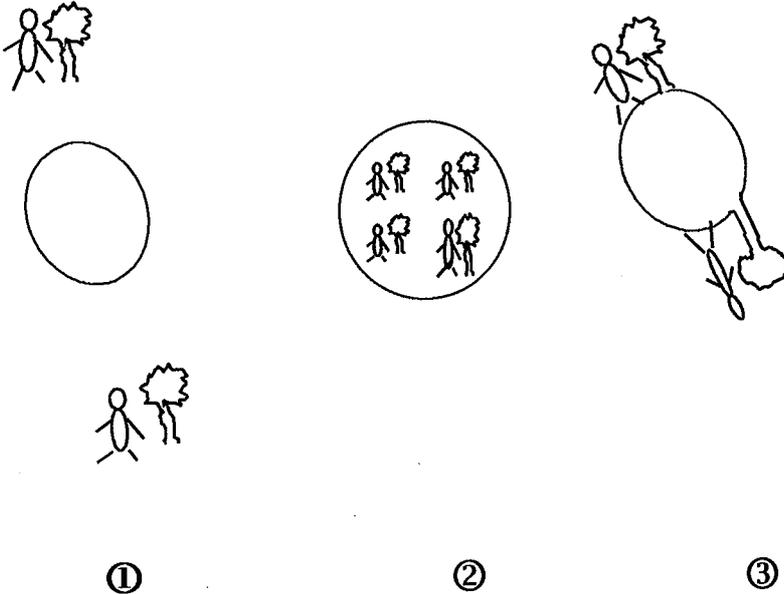


III.3.2) Confrontation, discussion : Voici un exemple de discussion dans une classe de CM1 :

Cette discussion commence après que les élèves aient « dessiné » leurs représentations initiales.

NB : Les phrases en caractères gras correspondent aux phrases reprises dans le chapitre IV.1.4.a .

Maître (M) : Voici les trois idées trouvées par les élèves de la classe pour répondre à la question « dessine un bonhomme en France et en Australie » :



Laquelle vous préférez : la ①, la ② ou la ③ ?

Justifiez vos réponses.

Nathan1 : Je pense que c'est la ② et on peut vérifier sur un globe pour le savoir.

M : Oui, mais pourquoi tu penses que c'est la ② et pas la ① ou la ③ ?

Nathan1 : Parce que sur une carte chez moi j'ai fait les bonhommes à l'intérieur et pas sur la surface, c'est à l'intérieur.

M : Qui n'est pas d'accord ?

Grégoire : Oui, mais vu de l'espace, on ne voit pas l'intérieur de la Terre et ce n'est pas obligé que l'on voit les gens.

Nathan1 : Oui, il y a l'atmosphère, on est protégé par l'atmosphère euh, non, par la couche d'ozone.

M : Oui d'accord, on est trop petit pour être vu de l'espace. Mais on imagine, ce sont de très grand bonhomme et on les voit de côté.

Est-ce qu'on verrait la ①, la ② ou la ③ ?

Jordan : C'est la ② parce que les gens sont sur la Terre et pas dans l'espace.

Ou alors c'est la ① puisqu'on les voit de côté.

M : Qui n'est pas d'accord ?

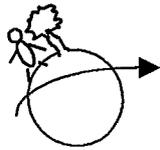
Bruno : Pour moi, c'est la ③ parce que ça ne peut pas être la ② car on dirait que la Terre est plate et ça ne peut pas être la ① parce qu'on a l'impression que les gens sont dans le ciel et ça m'étonnerait, alors que sur la ③ c'est tout à fait normal à part qu'il y a un petit gars qui se balade la tête en bas.

Arnaud : Moi, ça me paraît possible que les gens aient la tête en bas comme cela.

Marine : Oui, parce que la Terre tourne.



Fille1 : Oui mais la Terre tourne comme cela donc ça ne change rien



Gars1 : La Terre tourne mais les gens restent toujours debout.

M : Debout par rapport à quoi ?

Gars1 : Par rapport à un phénomène.

Grégoire : Au Sud, il y a des pays et il y a des gens et ils ne tombent pas, ils peuvent pas tomber, c'est impossible car ils sont attirés par la Terre.

C'est grâce à un aimant qu'ils ne tombent pas.

M : Grâce à un aimant, c'est à dire ?

Grégoire : L'aimant attire les gens, c'est ce qui fait qu'on ne peut pas tomber.

M : Alors, c'est laquelle ?

Grégoire : J'avais dessiné la ① mais maintenant je pense plutôt que c'est la ③.

Benjamin : Oui, mais, tu le mettrais où l'aimant ? Dehors ou dedans ?

Grégoire : Dedans, au centre.

Benjamin : Oui au centre de la Terre ? Donc, ils nous attirent pour pas qu'on décolle, donc les astronautes qui sont super loin ça aimante pas, ça n'aimante plus ?

(Discussion globale de la classe, ils ne sont pas d'accord entre eux).

Galianne : Ils ont des habits spéciaux.

M : C'est pas la question, laquelle est la bonne ? (on voit ici que le maître « recadre » le débat).

Juliette : Moi, j'ai fait la ② la surface de la Terre est ronde et sur la ① ou ③ on a l'impression que la France est au pôle Nord.

M : Oui, mais le pôle Nord est plus vers là, tu vois ?

J'aimerais rebondir sur ce qu'a dit Bruno, qu'est-ce que tu voulais dire tout à l'heure ?

Bruno : Sur la ① on a l'impression que les gens sont en l'air .

M : Est-ce que les Australiens ont la tête sur le sol et les pieds en l'air comme cela ?

La classe : non, non !

Nathan2 : Non, car il y a la gravité peut-être et ça fait que l'on reste sur Terre et sur d'autres planètes, la gravité est beaucoup moins forte.

Moi je dirais plutôt la ②, plus la gravité est forte, plus les gens restent sur Terre.

Bruno : Ceux qui ont fait la ② est-ce qu'ils voulaient dire que les personnages venaient vers nous comme cela où alors ils touchaient le sol ?

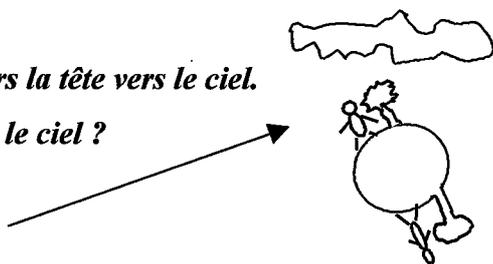
La classe : Ils touchent le sol.

Benjamin : Ce que je comprends dans la ② c'est si un aimant attire tout au centre, pourquoi il attirerait pas un vers la haut et un vers la bas.

Jordan : Moi je ne suis pas du tout d'accord avec la ③ parce que la Terre tourne et on a pas la tête en bas !

On a toujours la tête vers le ciel.

M : Il est où le ciel ?



Jordan : Là .

La classe : N'importe quoi !! Et les Australiens ?

Jordan : Alors, je suis d'accord que l'autre en bas a la tête en haut mais ils doivent être dans la Terre , le ciel est en haut, c'est plutôt la ②.

Romain : Je ne suis pas d'accord avec Jordan car les gens ne peuvent pas être dans la Terre.

M : On voit bien qu'on a un problème, comment on va faire pour le savoir.

Fille 2 : On va regarder sur un globe.

M : Oui, d'autres enfants ont des idées ?

Nathan2 : C'est pas sûr que ce soit suffisant car on sait que la Terre tourne et on ne sait pas si le globe sera dans la bonne direction.

Jordan : C'est peut-être impossible de le faire mais la meilleure solution est d'aller dans l'espace.

Marine : On peut aller en Australie ou sur un globe. On voit que l'enfant anticipe la suite.

III.3.3) Modélisation : *Le maître montre un globe terrestre sur lequel sont scotchés deux bonhommes en France et en Australie.*

Suite de la discussion :

M : *Voici le globe, qu'est-ce qu'on peut faire ?*

Grégoire : *On fabrique un bonhomme et on regarde comment il se place.*

M : *Très bien, j'ai justement deux bonhommes, on va regarder comment ils se placent.*

(démonstration par Marine)

A quoi cela ressemble ?

La classe : *la @ !!*

M : *Ca vous paraît juste ?*

Benjamin : *Non parce que on a jamais la tête en bas.*

Grégoire et Fille1 : *oui mais les australiens ils pensent que eux ils ont la tête en haut et nous la tête en bas.*

M : *Vu de l'espace, y'a pas vraiment de haut et de bas car la Terre est une boule.*

Lucille : *C'est la @ qui est la bonne, les australiens ne volent pas.*

M : *Qu'est-ce qui attirent les gens vers le centre ?*

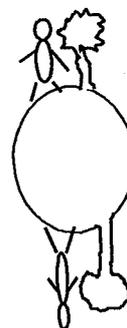
La classe : *C'est un aimant, c'est comme un aimant.*

Nathan2 : *La gravité c'est comme un aimant ?*

M : *Ca ressemble.*

III.3.4) Structuration : *Les gens marchent sur le sol quelque soit l'endroit où on se place sur Terre.*

« La Terre attire les gens comme un aimant, c'est la gravité »



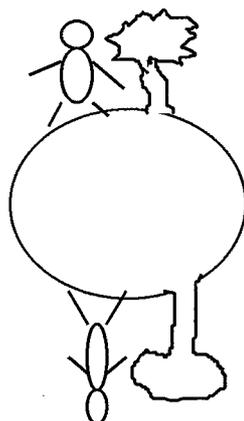
On constate que les enfants trouvent d'eux-mêmes des analogies entre la gravitation et l'aimantation (Nathan2, par exemple). Dans toutes les classes, les enseignants m'ont rapporté que les enfants évoquent fréquemment cette comparaison entre magnétisme et gravitation.

Remarques

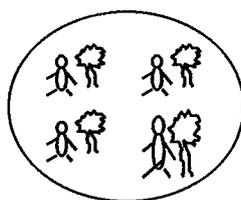
Cette séance pose de nombreux problèmes conceptuelles aux enfants :

- L'orientation absolue (Aristote) de haut en bas.
- Se mettre à la place d'autrui.
- Inverser le sens haut/bas.

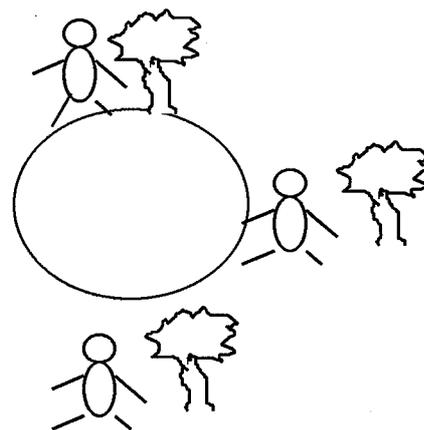
C'est pourquoi, on obtient ces types de réponses :



1)



2)



3)

Ces représentations avant enseignement se répartissent assez inégalement dans la classe : la représentation 1) est d'ordinaire peu fréquente mais toujours présente, certains enfants évoquant d'ailleurs l'idée que la Terre est comme un aimant, la 2) est souvent majoritaire et la 3) relativement importante (1/3).

La représentation 2) peut être interprétée comme une vue en perspective. Si on interroge les élèves, il est souvent évident pour eux que les Australiens marchent sur la Terre.

Heureusement, lors de la discussion collective, beaucoup d'enfants basculent vers la "bonne" représentation 1). La maquette est très utile pour offrir une représentation visuelle alternative aux enfants.

Même si l'interprétation est séduisante, le sens de l'écriture ne suffit peut-être pas à expliquer les dessins du type 2) ou 3), et il arrive fréquemment que ces enfants aient du mal à comprendre pourquoi les gens "d'en bas" ne tombent pas.

Malheureusement, on ne peut pas faire d'expériences, seule une activité de documentation est réalisable.

Ensuite, il est possible de prendre un globe terrestre aimanté et de faire circuler un bonhomme.

Cette séance est **inévitabile** sous peine de voir la question "pourquoi les gens d'en bas ne tombent-ils pas ?" faire son apparition quand on abordera l'inclinaison de l'axe terrestre lors de l'explication de la variation de la durée des journées et des nuits.

C'est ce qu'il m'était arrivé avec la classe de Françoise Jegoux (CM1). Des enfants ne comprenaient pas que l'on puisse incliner la Terre car « sinon on tomberait dans l'espace ».

Il ne me semble pas pertinent d'évoquer la force d'attraction entre les masses qui est à l'origine de l'attraction gravitationnelle : c'est un peu difficile.

Rappel : $F = \text{Constante} \times (\text{Masse de la Terre} \times \text{Masse de l'objet}) / (\text{distance entre l'objet et le centre de la Terre au carré})$.

Bref : même si cette séance intéresse les enfants, sa difficulté conceptuelle est grande du fait de la nécessité de la décentration au sens piagétien.

III.4) Séance 4 : Alternance jour/nuit : 1h30min

C'est à partir de cette séance que l'on aborde réellement tout ce qui concerne les mouvements de la Terre et ses conséquences. On doit donc veiller aux problèmes de référentiels (Merle, 1999) qui peuvent faire leur apparition. C'est aussi une séance où les disparités de niveaux entre les différents élèves se révèlent particulièrement évidentes au regard de la nature des conceptions émergées.

III.4.1) Recueil de conceptions : Pourquoi fait-il jour, Pourquoi fait-il nuit ?

Classes 1999/ 2001	Terre tourne sur elle- même	Terre tourne (sans précision)	Soleil tourne autour de la Terre	La lune fait la nuit et le Soleil le jour	Le Soleil éclaire puis La Lune cache le Soleil	Le jour c'est pour l'école et la nuit, c'est fait pour dormir (égocentré)	Rien ou incompréh ensible
CE2 (43)	13%	22%	36%	11%	2%	27%	5%
CM1 (156)	23%	28%	20%	13%	2%	8%	4%
CM2 (27)	51%	37%	4%	0%	6%	0%	0%

Classes 2001/ 2002	Terre tourne sur elle- même	Terre tourne (sans précision)	Soleil tourne autour de la Terre	La lune fait la nuit et le Soleil le jour	Le Soleil éclaire puis La Lune cache le Soleil	Le jour c'est pour l'école et la nuit, c'est fait pour dormir (égocentré)	Rien ou incompréh ensible
CE2 (53)	6%	26%	14%	2%	0%	46%	6%
CM1 (120)	36%	30%	13%	2%	5%	5%	9%
CM2 (35)	38%	32%	22%	0%	0%	6%	0%

On constate que les enfants savent en majorité que la Terre tourne en CM et non en CE2. On remarque également l'importance de l'explication égocentrée (« le jour c'est fait pour l'école, la nuit pour dormir ») chez les enfants de CE2. C'est chez ces élèves que l'on identifiera peut-être le plus de stade piagétien IIb.

On voit bien ici que le stade de développement cognitif général (Piaget) doit sans doute jouer un rôle tant les différences de conceptions initiales entre les CE2 et les CM2 sont criantes !

En effet : en moyenne, 10% (13 et 6%) des CE2 déclarent que la Terre tourne sur elle-même, ils sont 45% (38 et 51%) en CM2. De plus, 35% (46 et 27%) en moyenne des CE2 ont une vision égocentrée alors que cette vision est quasi inexistante en CM2.

C'est pourquoi, les tests piagétiens pourront peut-être nous renseigner sur le pourquoi de ces différences.

On peut noter que cette question est « parlante » pour les enfants dans la mesure où ils sont très peu nombreux à ne pas s'exprimer sur ce sujet. C'est, de mon point de vue, une question que les enfants se posent déjà d'eux-mêmes sans que l'enseignant ou l'adulte soit là pour les pousser à y réfléchir.

Voici quelques productions d'élèves symboliques :

Egocentrés

Ercan

ce que
je pense

↓
Pourquoi il fait nuit ? Pourquoi il fait jour

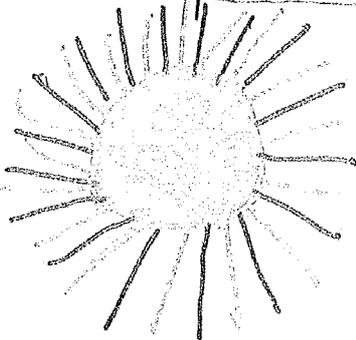


Pour aller à l'école

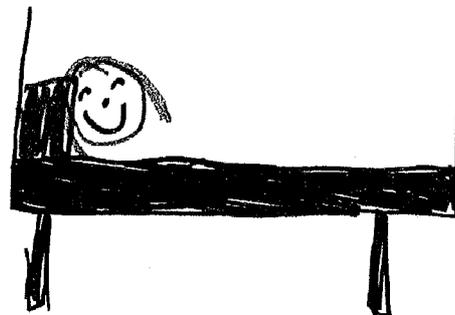
Pour se reposer^m

Acellle

Pourquoi il fait jour et nuit ?

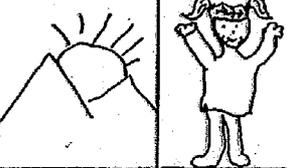
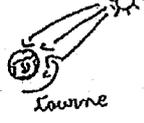
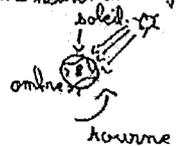


" la nuit, c'est
fait pour
dormir "



Trois élèves différents, du plus égocentré à « l'expert » :

Classe de CM1 de Daniel Riber

	ce que MOI je pense	ce que MOI je pense	ce que MOI je pense
<p>Pourquoi fait-il jour ?</p>	<p>Le soleil se lève comme nous, le jour (le matin) et après il éclaire le monde.</p> <p>le soleil se lève moi je me lève</p> 	<p>Je pense que quand il fait jour c'est que le soleil est devant la Terre donc il nous éclaire.</p>	<p>la terre tourne et il fait jour parce que le soleil nous éclaire mais 12 heures après il fait nuit</p> 
<p>Pourquoi fait-il nuit ?</p>	<p>Le soleil va se coucher, ça nous permet de dormir et ça lui permet aussi de dormir c'est une boule de feu qui va bouler dans le ciel le matin pour nous éclairer. Et le soir il va dans presque dans la terre pour nous lever pour dormir. Il va dans les autres pays pour les éclairer.</p>	<p>Je pense que quand il fait nuit c'est que le soleil n'est pas devant la Terre donc il ne nous éclaire pas.</p>	<p>il fait nuit parce que le soleil ne nous éclaire pas et la terre tourne mais 12 heures après il fait jour</p> 

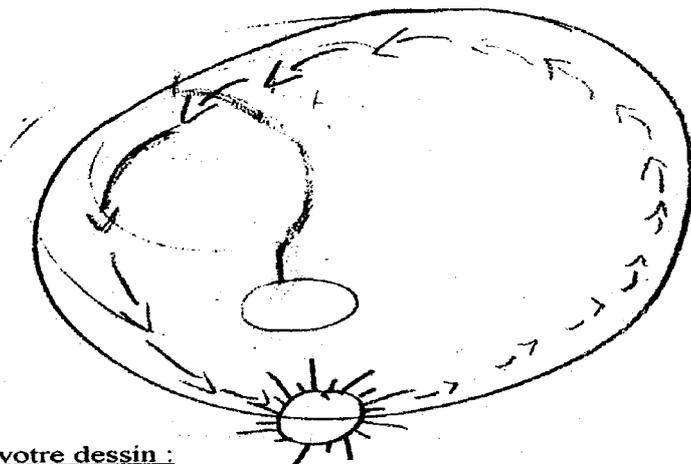
Le Soleil tourne :

**Astronomie,
Classe de CM2 de Wittelsheim, M^{me} Kempf**

Nom et prénom : Nadia Souag

1) Expliquez pourquoi il fait tantôt jour, tantôt nuit sur la Terre :

Dessin :



Expliquez votre dessin :

La terre est fixe et le soleil tourne autour d'elle. le soleil fait 1 an ^{pour} faire un tour complet. quand la...

La Lune cache le Soleil :

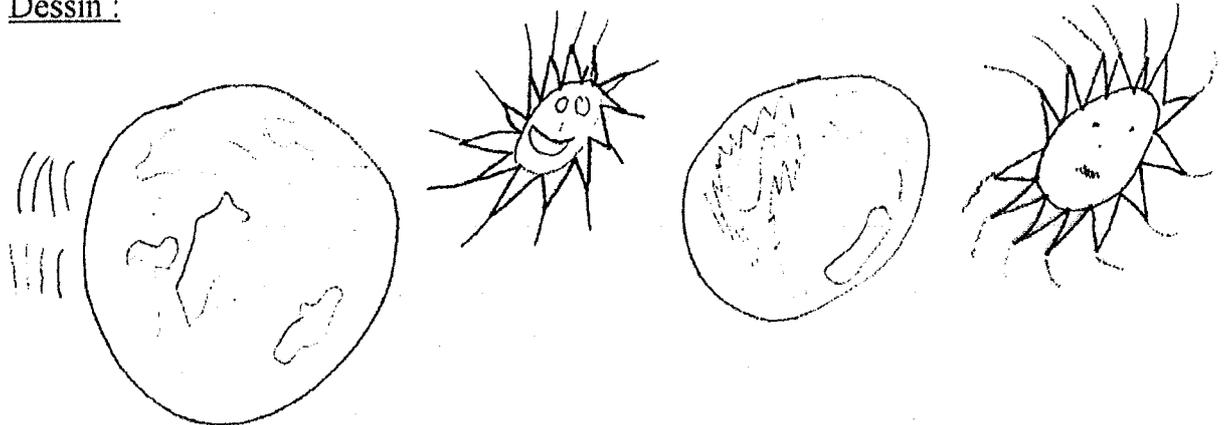
**Astronomie,
Classe de CM1 d'Ottmarsheim, M.Weisser**

Nom et prénom :

Benner Priscilla

1) Expliquez pourquoi il fait jour, pourquoi il fait nuit sur la Terre :

Dessin :



Expliquez votre dessin :

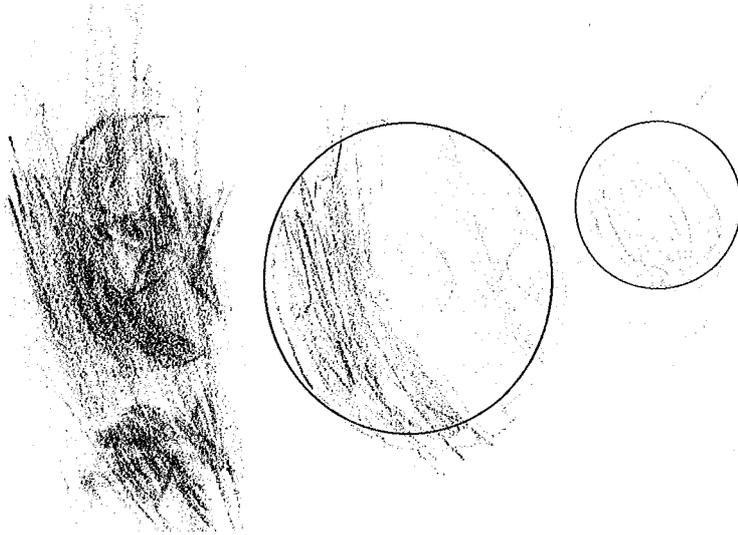
j'ai dessiné un soleil avec un sourire
sur dir qu'il fait jour et un soleil avec les yeux en
sint pour
expliqué la nuit.

autour du soleil
La terre tourne ce qui fait qu'il fait jour.
La lune est à la place du soleil il fait nuit.

Le Soleil fait le jour, la Lune fait le nuit :

Clair

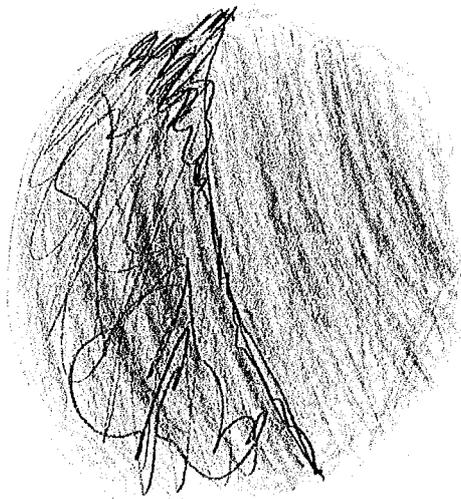
Pourquoi il fait jour et nuit?



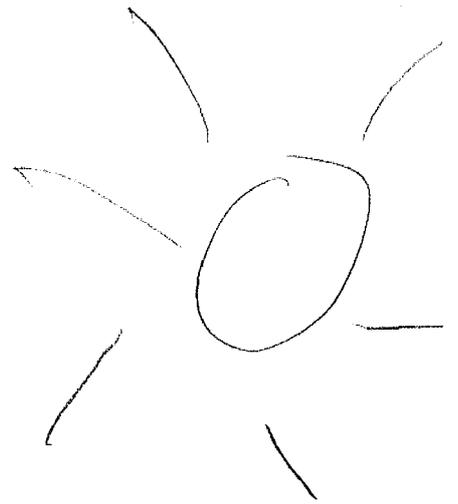
La Terre tourne sur elle-même :

EMRE

Pourquoi il fait jour et nuit



La terre
tourne



On voit la grande diversité des conceptions initiales, allant de l'enfant très égocentré jusqu'à « l'expert ».

III.4.2) Discussion, confrontation :

Cette discussion commence après que les élèves aient « représenté » leurs conceptions avant enseignement. (Elèves de CM1)

L'enseignante est passée dans les rangs lors du recueil et interroge certains élèves ...

Maître : *Comment on pourrait expliquer pourquoi il fait tantôt, pourquoi il fait tantôt nuit ?*

David ?

David : *Parce que d'un côté de la Terre, y'a le Soleil, de l'autre côté y'a pas de deuxième Soleil, c'est ce qui fait qu'il fait nuit.*

Maître : *Est-ce que cela veut dire que la Terre elle tourne ?*

David : *Oui, quand il y a un côté de la Terre où il fait jour, l'autre côté il fait nuit, et ensuite c'est ainsi de suite.*

Maître : *D'accord, c'est ça que tu veux nous dire. Bon là, j'écris ce que vous me dites, j'écris pas obligatoirement ce qui est juste ou faux.*

Donc, la Terre tourne sur elle-même et le Soleil reste fixe.

Bon, Bah, qui pense comme David pour le moment ? Ophélie ?

(une dizaine de mains se lève)

Ophélie : *Je suis d'accord avec David, bah, en fait, la Terre, elle tourne en 24h , pendant 12h il y a le Soleil d'un côté puis ensuite de l'autre côté.*

Maître : *Bon, mais elle tourne comment : sur elle-même ou autour du Soleil en 24h ?*

Ophélie : *Sur elle-même.*

Maître : *C'est comme ce qu'on a dit là en fait.*

Florent : *En fait, la Terre recouvre le Soleil pendant la nuit.*

Maître : *La Terre elle tourne ou pas dans ce que tu me dis ?*

Florent : *Bah la Terre elle recouvre le Soleil.*

Maître : *Donc, la Terre bouge autour du Soleil ?*

Florent : *Non, c'est le Soleil qui tourne.*

Fille 1 : *Moi je suis pas très d'accord avec Florent.*

Maître : *Alors dis nous ce que tu penses ...*

Fille 1 : *Parce que quand la Terre elle tourne, quand chez nous il fait nuit, dans un autre pays il fait jour.*

Je sais pas lequel mais y'a un autre pays.

Maître : *L'Australie, par exemple ?*

Fille 1 : *Quand là-bas il fait nuit, chez nous il fait jour.*

Maître : *Qu'est-ce que tu as écrit ?*

Fille 1 : Parce que le Soleil tourne.

Maître : C'est ça que je demande, lisez ce que vous avez écrit, par exemple *Andréa*.

Andréa : La Terre tourne aussi autour du Soleil et la Lune prend la place du Soleil.

Maître : La Lune prend la place où la Lune cache.

Andréa : La Lune prend la place.

Maître : Et quand la Lune cache, c'est quoi ?

Andréa : C'est une Eclipte.

Charlène : Y'a un côté éclairé par le Soleil et l'autre par la Lune.

Maître : Y'a jamais la Lune dans la journée ?

Charlène : Non, Non.

Certains autres : Bah si, des fois on la voit le matin.

Bertrand : Moi je ne suis pas d'accord avec *Ophélie*, parce que j'ai écrit la Terre tourne sur elle-même et le Soleil il éclaire.

David : Par exemple, si tu mets ta lampe de poche et que tu mets ta boule devant, il fait nuit derrière.

On prend une boule de polystyrène.

Maître : Ce que j'aimerais savoir, c'est si tout le monde m'a bien dit toutes les différentes explications.

Nicolas : Et bien moi, j'ai marqué que le Soleil ne bouge pas et que la Terre tourne

Maître : Autour du Soleil ?

Les enfants : Non, si, les deux.

Nicolas : Autour du Soleil.

Charlène : Moi je suis pas d'accord avec *Nicolas*, parce que si la Terre tourne autour du Soleil sans tourner sur elle-même eh bien il ferait jour tout le temps du même côté.

Thiebault : En fait le Soleil tourne pas parce que c'est le Soleil le centre de notre galaxie.

Charlène : C'est la Terre qui tourne sur elle-même en 24h et aussi autour du Soleil.

Maître : Ah ! Mais ça personne ne l'avais dit encore : la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil.

Florent : Moi, je pense que toutes les planètes tournent autour du Soleil et de la Terre.

Amandine : La Terre est placée devant le Soleil et elle tourne et 7 heures il fait jour et 7 heures il fait nuit .

Fille2 : Je suis pas d'accord avec *Florent*, le Soleil ça sert à rien qu'il tourne parce qu'il éclaire partout.

Maître : Tu penses que le Soleil ne peut pas tourner.

Fille2 : Peut-être mais ça servirait pas à grand chose.

Claire : Moi je comprends pas, on dit que la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil mais comment elle peut tourner sur elle-même et en même temps autour du Soleil, c'est compliqué.

Amandine : En fait, les jours durent 12h et la nuit 12h parce que cela fait 24h, je m'étais trompée tout à l'heure.

Maître : Donc, on a toutes les idées : la Terre tourne ou sur elle même ou autour du Soleil, ou les deux, le Soleil tourne ou la Lune tourne.

III.4.3) Résolution, modélisation :

Maître : Comment on pourrait vérifier les différentes idées ?

Thiebault : On peut regarder dans les documents, on peut voir ce que disent les astronautes.

Maître : Oui dans les documents, il n'y a pas d'autres moyens ?

Amandine et David : Avec une lampe et une boule de polystyrène, la lampe c'est le Soleil, la boule c'est la Terre.

Passage de consignes, distribution du matériel:

« chercher deux moyens pour que la croix sur la boule soit tantôt éclairée, tantôt non éclairée »

Travail en groupe de deux :

Manipulations, discussion

Les enfants s'accordent lors de la manipulation sur une explication (la Terre tourne sur elle-même) mais ils hésitent à produire une autre solution (La Lune passe devant ou le Soleil tourne).

Seule la manipulation leur montre que cela est possible même si ils n'en sont pas convaincus.

Exemple :

Fille 1 : On a essayé la Terre qui tourne, ça marche (elle montre).

Maître : Tu as une autre idée ?

Fille 1 : La Terre bouge pas et le Soleil tourne, mais c'est pas juste.

Maître : Oui mais ça marche ou pas ?

Fille 1 : Oui, mais c'est pas juste.

Fille 3 : On a essayé la Terre qui tourne, ça marche (elle montre).

Maître : Tu as une autre idée ?

Fille 3 : La Terre tourne autour du Soleil (Elle montre).

Maître : Oui mais ça marche ou pas ?

Fille 3 : Oui.

III.4.4) Structuration :

Mise en commun des résultats

On présente les idées devant tout le monde, pas de discussion, tout le monde semble d'accord.

Une autre discussion dans une autre classe de CM1 :

Maître : Voici les idées trouvées pour expliquer l'alternance jour/nuit :

- 1- La Lune fait la nuit, le Soleil fait le jour .*
- 2- Le Soleil tourne autour de la Terre.*
- 3- La Terre tourne sur elle-même.*
- 4- La Terre tourne autour du Soleil.*
- 5- La Terre tourne autour du Soleil et la Terre tourne sur elle-même.*

Benjamin : Moi j'ai mis que quand il fait jour ici, alors de l'autre côté, il fait nuit dans d'autres pays et si il fait jour de l'autre côté, il fait nuit ici.

Maître : Comment faire pour le savoir ?

Gars1 : On peut demander à un astronaute.

Fille1 : On prend un globe terrestre et une lampe de poche, le globe c'est la Terre et la lampe représente le Soleil

Maître : On peut utiliser une lampe de poche, mais le Soleil, il éclaire que d'un côté où il éclaire dans tous les sens ?

La classe : Il éclaire dans tous les sens.

Gars2 : Pour moi, c'est la Lune qui fait la nuit, et le Soleil fait le jour.

Fille 2 : On peut remplacer par une ampoule.

Grégoire : On peut pas faire une expérience car si on prend une boule et une lampe, les deux peuvent marcher parce que ça éclaire de toute façon, moi je pense que c'est le Soleil qui tourne autour de la Terre parce que si c'est le Soleil qui tourne, c'est pour cela qu'il y a des éclipses parce que sinon il pourrait pas y avoir d'éclipses.

Maître : On va essayer pour voir si tu as raison, avec une ampoule et des boules ...



Modélisation

Les enfants font tourner la boule sur elle-même ...

Petits groupes (1,2,3) :

1) **Grégoire** : *Le Soleil tourne et il va passer derrière et là on verra une éclipse avec la Lune.*

Fille2 : *Mais les éclipses c'est tous les millénaires et la Terre elle a des jours et des nuits et elle met un an pour bouger, alors ça ne marche pas, on aurait des éclipses tout le temps.*

2) **Fille1** : *Voilà, la croix est dans le jour, puis après (elle fait tourner la boule sur elle-même), elle est dans la nuit, donc, ça marche.*

3) **Bruno** : *Alors moi je croyais que c'était la Terre qui tournait autour du Soleil.*

Maître : *Bah, essaye pour voir si ça marche !*

Bruno : *(Il essaye) Ah ouais, ça marche !*

Maître : *La lune agit, on essaye.*

Félix : *Si, ça peut marcher, imagine que la Lune passe sur la trajectoire entre le Soleil et la Terre et bien la Terre est cachée.*

Benjamin : *Oui, mais c'est une éclipse.*

Maître : *Oui, mais on cherche à expliquer quoi ? Les éclipses ou les jours et les nuits ?*

La classe : *Les jours et les nuits.*

Maître : *Et c'est tous les jours qu'il y a des éclipses ?*

La classe : *Bah, non.*

Bruno : *Tous les quatre ans.*

Benjamin : *En fait les nuages ils font un peu comme la Lune, ils cachent parfois le Soleil.*

Maître : *Là dehors, il y a des nuages ?*

Benjamin : *Oui.*

Maître : *Et il fait jour ?*

Benjamin : *Oui !*

Maître : *Donc ?*

Benjamin : *Les nuages, ça marche pas.*

Maître : *Bon, revenons à la Lune, si je la fais tourner comme cela autour de la Terre, est-ce qu'on a de l'ombre partout ? est-ce que ça marche ?*

La classe : *Non.*

Maître : *Le Soleil qui tourne, ça peut marcher ?*

La classe : *Non, oui.*

Maître : *Marie-Souria, toi tu penses que ça peut marcher, montres-nous.*

(elle prend le Soleil elle tourne autour de la Terre).

Donc, ça marche ?

La classe : *Oui.*

Grégoire : *Non, ça peut pas marcher,*

Maître : *Mais la croix là elle est éclairée ?*

La classe : *Oui.*

Maître : *Et là ? (après que Marie-Souria ait tourné)*

La classe : *Non.*

Maître : *Alors ?*

Grégoire : *Mais ça peut pas marcher, parce que si le Soleil tourne, la Lune peut pas tourner.*

Maître : *Pourquoi ?*

Grégoire : *Je sais pas mais elle ne peut pas tourner et c'est pas possible ...*

Marina : *Mais si Grégoire, ça marche, pourquoi tu dis que ça marche pas ?*

Maître : *Alors, ça peut marcher ?*

La classe : *Oui !!*

Grégoire : *.....(il n'est pas convaincu) !*

Maître : *La Terre tourne sur elle-même, ça peut marcher ?*

Juliette : *(Elle montre) ça peut marcher.*

Maître : *La Terre tourne autour du Soleil sans tourner sur elle-même.*

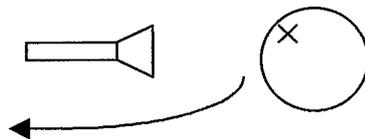
Benjamin : *(Il montre) ça marche.*

La classe : *Ca marche !*

Jordan : *Non, ça marche pas, il y a toujours un côté qui reste dans la nuit.*

Maître : *Jordan, viens ici et Benjamin explique lui.*

Benjamin : *Regarde, là la croix elle est éclairée, il fait jour, elle est toujours vers le maître et là elle tourne autour de la lampe, elle commence à devenir noire, c'est la nuit (il montre Jordan).*



Jordan : *Ok, d'accord.*

Maître : *Super Benjamin, c'est bien expliqué. Valorisation de l'élève.*

Maître : *La Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil, est-ce que cela peut marcher ?*

La classe : *Oui !*

(on essaye, c'est bon).

Grégoire : *En fait, je me dis que le Soleil qui bouge pas ça peut marcher parce que pendant une éclipse, on voit le Soleil fixe mais la Lune bouge.*

Maître : *C'est vrai, mais là on explique les jours et les nuits !*

Benjamin : *Je suis pas d'accord avec Grégoire ça change rien si le Soleil bouge ou la Lune.*

Structuration

On a quatre explications possibles, on abandonne la Lune (voir pages suivantes).

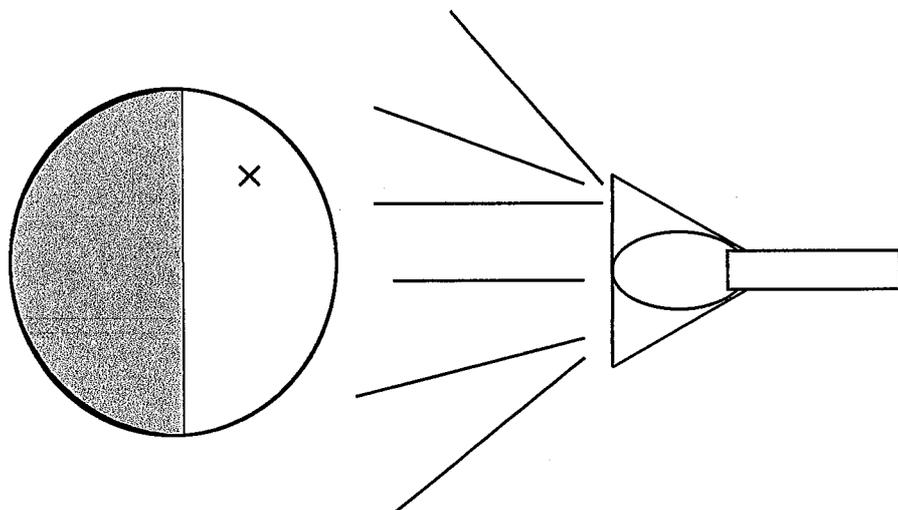
Remarques :

On constate que l'explication : « la Terre tourne » devient vite majoritaire dans la discussion, toutefois, **la Lune est souvent présente** (à ce propos, dans la deuxième classe le cas de **Grégoire** est très intéressant : il ne peut imaginer une explication des jours et des nuits sans un rôle pour la Lune). Beaucoup d'enfants pensent qu'elle a un rôle dans l'alternance jour/nuit et ils ont du mal à considérer qu'elle n'a pas de rôle.

Modélisation : par groupe de deux (matériel : 2 boules, une lampe)

<i>Réalité</i>	<i>Modèle</i>
Soleil	Lampe ou ampoule,
Terre (sans axe),	Boule de polystyrène
Lune	// // //
Colmar	Croix sur la boule.

On transforme la question initiale en "trouver au moins deux moyens pour que la croix sur la boule soit tantôt éclairée, tantôt non éclairée par l'ampoule".



Compte-rendu de manipulation

Structuration : mise en commun, la discussion permet de rayer certaines propositions "fantaisistes" en les confrontant aux observations réelles, ainsi il reste :

- ① La Terre tourne autour du Soleil fixe sans tourner sur elle-même,
- ② La Terre tourne sur elle-même sans tourner autour du Soleil fixe,
- ③ Le Soleil tourne autour de la Terre fixe,
- ④ La Terre tourne sur elle-même et le Soleil tourne,
- ⑤ La Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil.

Résultats :

Plusieurs questions se posent : Pourquoi modéliser ? Pourquoi **deux** moyens ? Pourquoi garde-t-on les cinq possibilités lors de la structuration ?

La modélisation (remplacer les objets réels par des objets qui leur ressemblent) permet aux enfants de manipuler et donc de participer activement à la recherche d'explications sachant que l'expérimentation (manipuler les objets réels) est impossible.

Leur demander de rechercher deux cas les obligent à penser autrement et ainsi de constater qu'il est possible de trouver plusieurs explications au même phénomène.

La seule constatation de l'alternance jour/nuit ne permet pas de choisir parmi ces cinq explications car elle ne contient pas *assez d'informations*, il faudra donc en apporter par la suite.

Pour ce qui concerne cette séquence, voici les **explications** les plus fréquentes :

- ⇒ La Terre tourne autour du Soleil et/ou tourne sur elle-même.
- ⇒ Le Soleil tourne autour de la Terre.
- ⇒ La Lune cache la Terre, la lune fait la nuit.
- ⇒ Les nuages cachent la Terre.
- ⇒ Le jour, c'est fait pour jouer, la nuit, pour dormir.

La dernière proposition correspond souvent aux enfants égocentrés qui restent dans l'égocentrisme radical piagétien.

Dans les recherches en didactiques précédentes, il n'a pas été fait état de ces enfants égocentrés qui représentent pourtant une part importante du corpus. Cela vient sans doute du choix fait par ces chercheurs de faire un QCM à priori, sans interviews initiales, qui limite la variété des réponses. Il nous semble fondamental de ne pas négliger ces enfants qui sont représentatifs d'un développement cognitif marqué encore par un égocentrisme radical.

La confrontation avec les autres leur fait parfois prendre conscience de leur "erreur".

Les explications du type « interrupteur » ou « nuages » sont vite abandonnées lorsque l'on fait la liaison avec la réalité (on ne voit pas le Soleil s'éteindre, les nuages ne sont pas présents tous les jours et on voit le Soleil "disparaître" sous l'horizon). On constate que ces conceptions ne réapparaissent pas lors des évaluations ultérieures, qu'elles soient intermédiaires ou finales.

La Lune pose plus de problème car pour eux, elle est toujours présente la nuit, donc elle doit servir à quelque chose !! Fort heureusement, on ne voit pas d'éclipse tous les jours !

Ainsi, après la modélisation, la mise en commun permet de choisir entre trois ou quatre explications cohérentes. La proposition où la Terre tourne sur elle-même et le Soleil tourne autour de la Terre est rarement évoquée.

A noter que beaucoup d'enfants savent que la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil. Mais si ils le savent, ce n'est pas sûr qu'ils le comprennent !!

Sur le rôle de l'enseignant, on constate que celui-ci distribue la discussion, valorise les élèves et parfois « **maintient le cap** » (Bruner) afin de ne pas trop dévier du sujet, enfin il structure à partir des propositions des élèves.

Quelques indications du mode opératoire :

Conseils : - Distribuer le matériel **après** avoir énoncé la consigne (trouver deux moyens),

- Le groupe de deux permet la confrontation en comité réduit des points de vue,
- Le niveau sonore augmente : ce n'est pas grave tant que les enfants parlent du sujet !!

Si ce n'est pas le cas, vous recadrez la classe en leur demandant de poser le matériel et en lançant une discussion sur ce qu'ils ont déjà compris. Si ce n'est pas suffisant, on relance l'activité en reformulant la consigne (en montrant un exemple) et en demandant à un élève faible de dire ce qu'il faut faire.

- Pour assurer une bonne mise en commun, on récupère le matériel avant la discussion, sinon vous risquez d'avoir des boules qui roulent !!
- Attention aux "batailles lasers" avec les lampes de poche !!
- Si on ne dispose pas d'assez de lampes de poche, même après avoir demandé aux élèves d'en apporter, on peut mettre une lampe au milieu de la classe disposée en U. Sachant que dans ce cas on risque de favoriser des explications de type héliocentrique (Soleil au centre).

III.5) Séance 5 : Durée des jours et des nuits (2 séances d'1h30min)

Dans la droite lignée de ce qui a été fait précédemment, la mise en évidence de la variation de la durée des jours et des nuits permet ce fameux apport d'informations supplémentaires qui permet d'éliminer quelques-unes des explications de l'alternance jour/nuit.

Dans cette phase, il s'agit tout d'abord de prouver que les jours (comprendre journées) et les nuits n'ont pas la même durée au cours de l'année (III.5.1) et ensuite de trouver une explication de ce phénomène (III.5.2)).

III.5.1) Mise en évidence : objectifs :

- Mettre en évidence la variation de durée des jours et des nuits,
- Maîtriser la soustraction de durée,
- Construire un graphique,

Déroulement : Deux séances d' 1 h 30 mn.

Introduction : rappel dans le but de s'assurer que les enfants ont bien assimilé les connaissances précédentes.

III.5.1.1) Recueil de conceptions : (Est-ce que les jours et les nuits ont la même durée au cours de l'année ?),

III.5.1.2) Discussion collective

III.5.1.3) Documentation : calendrier de la poste (lever et coucher du Soleil (en temps universel, c'est à dire l'heure de Greenwich), travail individuel :

Calculer la durée du jour pour chaque mois de l'année à partir du calendrier de la poste.

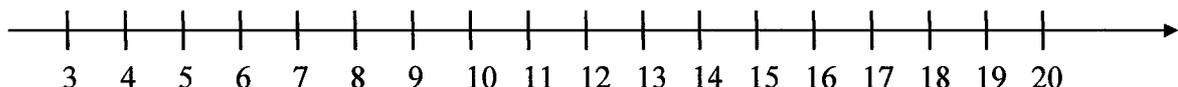
Mois	Lever du Soleil	Coucher du Soleil	Durée
21 janvier	7 H 30 minutes	16 H 30 minutes	
21 février	6 H 45 minutes	17 H 15 minutes	
21 mars	6 H 00 minutes	18 H 00 minutes	
21 avril	4 H 45 minutes	18 H 45 minutes	
21 mai	4 H 00 minutes	19 H 30 minutes	
21 juin	3 H 45 minutes	20 H 00 minutes	
21 juillet	4 H 15 minutes	19 H 45 minutes	
21 août	5 H 00 minutes	19 H 00 minutes	
21 septembre	5 H 30 minutes	17 H 45 minutes	
21 octobre	6 H 30 minutes	16 H 45 minutes	
21 novembre	7 H 15 minutes	16 H 00 minutes	
21 décembre	7 H 45 minutes	16 H 00 minutes	
21 janvier	7 H 30 minutes	16 H 30 minutes	

La soustraction se fera alors ainsi :

On ne peut pas mélanger les heures et les minutes, donc la soustraction se fait entre les minutes et entre les heures :

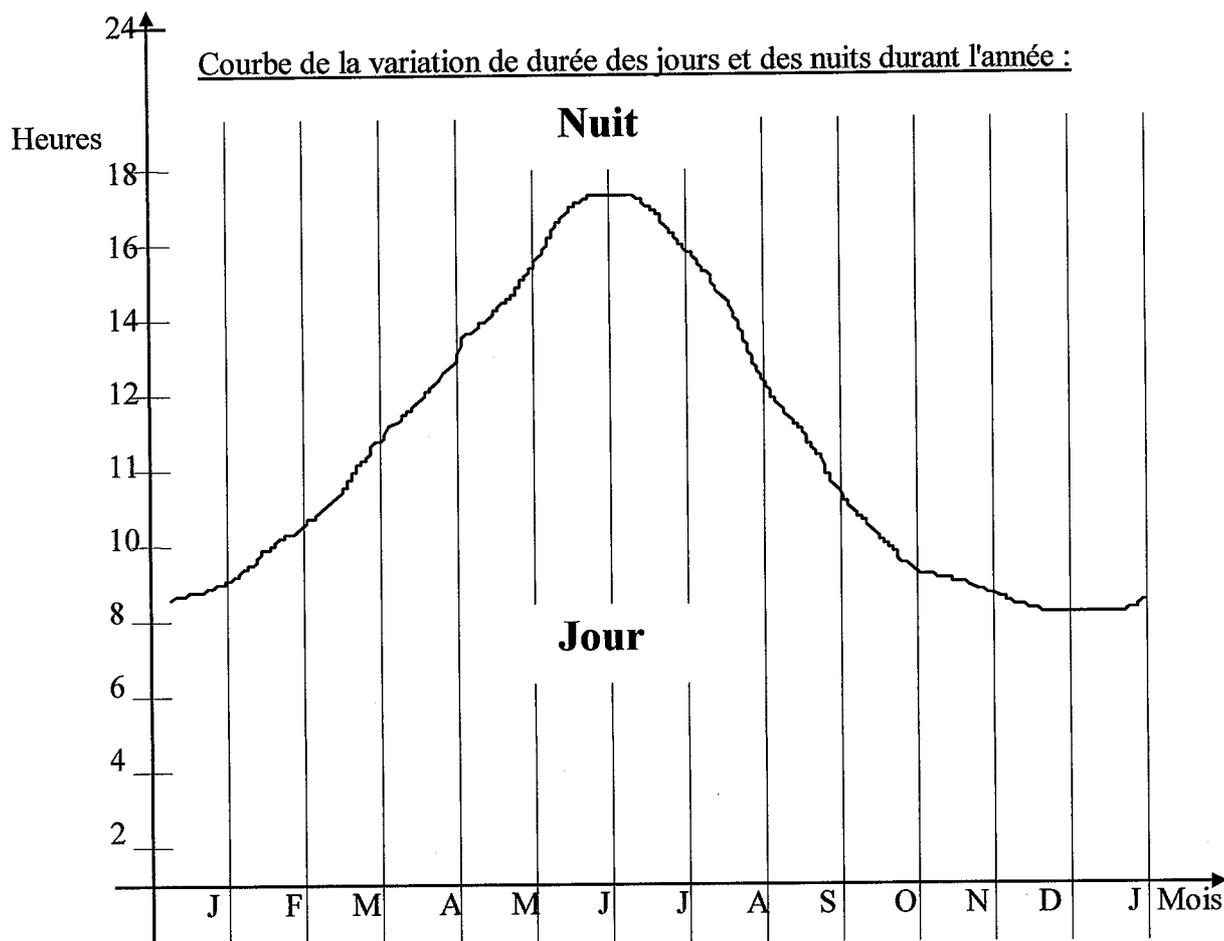
	A)	ou		B)	
16h45			20h00	19h60	
- 6h30			- 3h45	- 3h45	
10h15mn				16h15mn	
Facile			(impossible) ⇒	Difficile	

On peut également faire le calcul en utilisant une **flèche horaire** :



On pointe l'heure de lever et on additionne les heures et les minutes jusqu'au coucher.

A partir du tableau rempli, il est possible de construire un graphique :



III.5.1.4) Structuration :

Le graphique nous a permis de montrer que les journées duraient plus longtemps en été qu'en hiver (16h15mn en été et 8h15mn en hiver) et de montrer que pour la nuit, c'est l'inverse.

III.5.2) Explication : objectifs :

- Montrer que la Terre tourne sur elle-même en tournant autour du Soleil.
- Expliquer la variation de durée des jours et des nuits.

Déroulement : 1 h 30 mn.

"Démonstration" de la rotation et de la révolution de la Terre :

Nous avons deux informations : Le jour dure 24h,
 La variation (graphique) s'étale sur 365 jours,

Les enfants, avec l'aide de l'enseignant, doivent donc éliminer les explications qui ne contiennent pas deux mouvements pour expliquer ces deux périodes, ce qui se fait très aisément, contrairement à ce qu'on pourrait penser. Il reste donc :

④ *La Terre tourne sur elle-même et le Soleil tourne autour de la Terre,*

⑤ **La Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil.**

En fait, les deux points de vue sont équivalents (cela dépend où on se trouve). On ne voit l'intérêt d'une solution par rapport à une autre que par recoupement avec les trajectoires des planètes Vénus et Mars. Cette explication n'est pas à la portée des élèves de cycle III et c'est pourquoi, ici, il est nécessaire d'apporter un argument "d'autorité" : les astronautes ont vu que la dernière était la bonne explication. Donc, on choisit de ne garder qu'une seule solution, cela nous apparaît comme une étape « obligée » du développement de l'enfant. Ce n'est que plus tard que l'on introduira la relativité galiléenne.

Heureusement, comme cela a été dit, la proposition ④ est rarement évoquée. Ce qui simplifie largement le travail.

Structuration : La Terre tourne sur elle-même en 24h et autour du Soleil en 365 jours.

Comment expliquer cette variation de durée ?

Une fois que l'on a « montré » que la Terre tourne sur elle-même et que l'on a « affirmé » qu'elle tourne autour du Soleil (héliocentrisme), il s'agit à présent d'expliquer pourquoi les durées des journées et des nuits varient au cours de l'année.

III.5.2.1) Recueil de conceptions : Pourquoi les journées durent plus longtemps en été qu'en hiver ?

Classes conduites par le chercheur :

Classes 1999/ 2001	Axe incliné	La Terre est plus près du Soleil	La Terre tourne moins vite en été	Rien ou Incompréhensible
CE2 (43)	0%	0%	16%	84%
CM1 (156)	5%	10%	17%	68%
CM2 (27)	11%	11%	14%	64%

Classes conduites par les stagiaires :

Classes 2001/ 2002	Axe incliné	La Terre est plus près du Soleil	La Terre tourne moins vite en été	Rien ou Incompréhensible
CE2 (53)	0%	8%	10%	81%
CM1 (120)	3%	4%	4%	88%
CM2 (35)	3%	3%	6%	86%

La proportion des élèves qui ne s'expriment pas ou peu sur la question est très importante, on constate ici ce qu'on avait constaté également avec les adultes (page 64), à savoir que cette question est difficile ! Faire le lien entre distance ou inclinaison de l'axe avec la durée demande déjà des capacités de réflexion assez développées. Le contraste avec la question sur l'alternance jour/nuit est flagrant. On rencontre, ici, la nécessité d'une intervention de l'enseignant qui pourra être efficace que si elle se situe dans la « zone proximale de développement » telle que définie par Vygotski. Cette démarche est alors renforcée par l'interaction avec des pairs et par l'action manipulatoire (Piaget). Ainsi, c'est en réinvestissant la nouvelle connaissance que l'enfant va se l'approprier (A. Chomat, C.Larcher, M.Méheut, 1988 ; Séré, 1985).

En résumé : Il est possible, selon nous, de leur « transmettre » des informations qu'ils auront à soumettre à une modélisation / manipulation qui leur permettra de saisir le sens exact de la problématique et c'est en réinvestissant cet apprentissage qu'ils l'assimileront, au sens piagétien. Faute de cette démarche, on aurait affaire à de la transmission pure qui n'affecterait pas de façon durable les structures cognitives des élèves et dont l'effet s'effacerait avec le temps. Cette transmission pondère le caractère « socio-constructiviste » pur et dur de la démarche mais ne l'annihile pas, à notre sens, dans la mesure où l'élève doit intégrer cette nouvelle donnée dans son schème et la réinvestir.

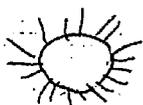
Suivent quelques exemples de conceptions avant enseignement d'élèves de cycle III :

Distance : la Terre est plus loin en hiver

W

Pourquoi les jours sont plus longs en été et plus courts en hiver ?

Enfin Parce que quand la terre tourne et elle est au milieu s'est en été et quand elle tourne sur elle même et autour du soleil que je pense et elle est plus loin du soleil s'est en hiver



hiver



été

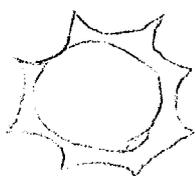
La vitesse de rotation de la Terre change

Astronomie,
Classe de CM1 d'Ottmarsheim, M. Weisser

Nom et prénom : Jaffré Quentin

1) Expliquez pourquoi la durée des jours et des nuits change au cours de l'année :

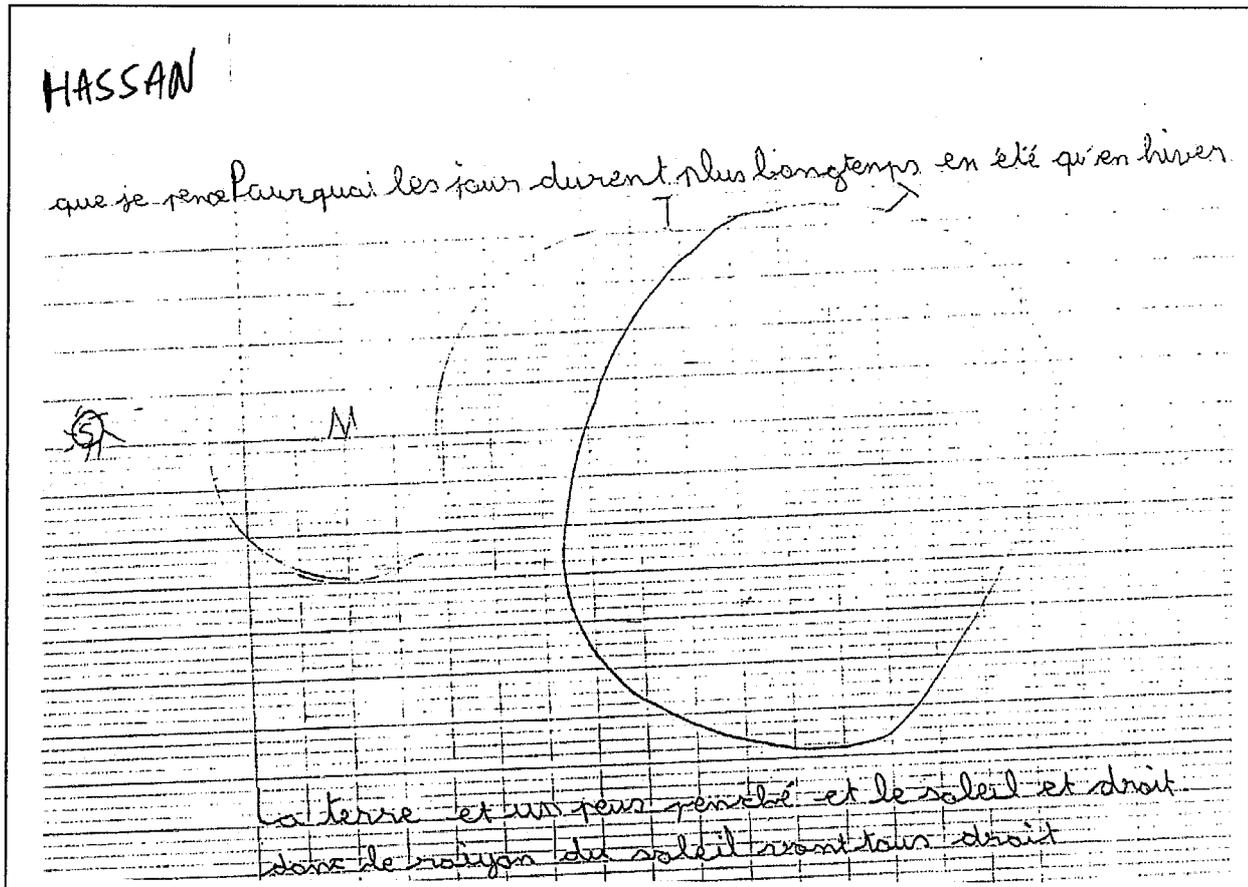
Dessin :



Expliquez votre dessin :

Parce que la terre me tourne presque par parce que le Soleil est très fort et ça fait ralentir la terre et s'est sa nuit le jour.

La Terre est penchée



III.5.2.2) Discussion : Classe de CM1 de ZEP

Cette discussion commence après que les élèves aient dessiné leurs conceptions initiales.

Maître : voici les différentes idées de la classe :

- 1- La Terre est plus loin du Soleil en hiver.
- 2- La lumière va plus vers l'hémisphère Nord en été qu'en hiver.
- 3- La Terre tourne moins vite en été qu'en hiver.
- 4- La Terre est penchée.

Qui est d'accord, qui n'est pas d'accord ?

Benjamin : Moi je ne suis pas d'accord avec la 3) parce que si la Terre tournait plus ou moins vite, on aurait des jours de 6 heures et des jours de 48 heures et c'est pas vrai. La 3) est fausse. On aurait plus les 24 heures.

Maître : Très bien Benjamin, on peut donc éliminer la 3).

Hassan : Moi je ne suis pas d'accord avec la 2) car en hiver on a aussi de la lumière du Soleil, sinon, ce serait toujours la nuit.

Maître : Bravo Hassan, effectivement la 2) ne va pas non plus. Ici, l'enseignant sort peut-être de son rôle en validant tout de suite la remarque d'Hassan. Il aurait été préférable de ne pas conclure d'emblée.

III.5.2.3) Résolution, modélisation :

Suite de la discussion

Maître : Comment on pourrait choisir entre la 1) et la 4) ?

Hassan : On a qu'à essayer avec une lampe et des boules de polystyrène. Ici, encore, on remarque que c'est bien l'élève qui anticipe la suite des événements en cohérence avec les hypothèses de la Thèse.

Ils essayent par groupe de deux en faisant tourner la boule régulièrement

Eric : Elle reste près du Soleil, il y a plus de lumière, les jours sont plus longs.

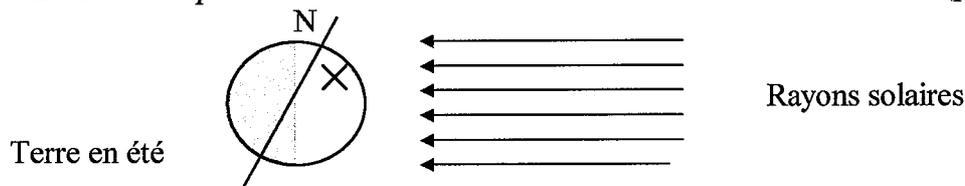
Hassan : Il faut pencher la Terre, la lumière reste plus longtemps si la Terre est penchée vers le Soleil. [...].

Benjamin : La distance, ça ne marche pas car la lumière est moins forte si on est loin mais cela dure aussi longtemps.

L'ensemble de la classe décide de tester l'hypothèse de l'inclinaison de l'axe de rotation, on constate effectivement que cela peut influencer sur la durée d'ensoleillement.

III.5.2.4) Structuration :

« La Terre est penchée vers l'extérieur en hiver et vers le Soleil en été. » (plus dessins).



III.5.2.5) Précisions sur cette séance :

Modélisation : on peut à présent mettre un axe de rotation dans les boules,

Modélisation : par groupe de deux (matériel : 1 boule par groupe, une lampe pour tout le monde)

Réalité

Soleil

Terre

(avec axe),

Colmar

Modèle

Lampe ou ampoule,

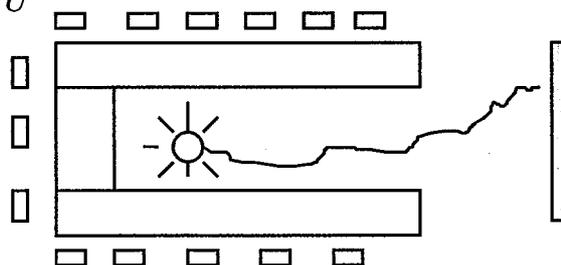
Boule de polystyrène

Croix sur la boule.

On transforme la question initiale en "trouver un moyen pour que la croix sur la boule soit plus longtemps éclairée que non éclairée par l'ampoule".

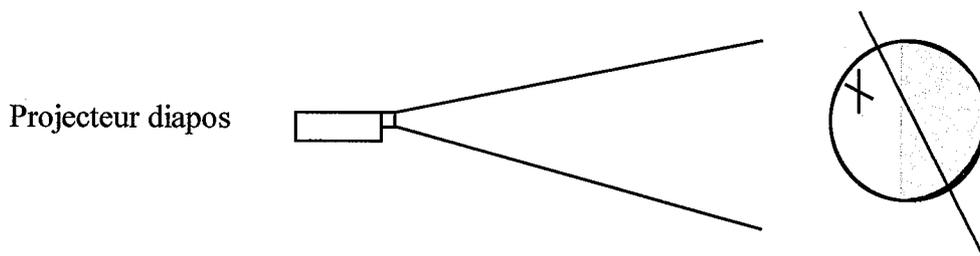
Disposition de la classe en U

Avec quelques difficultés (dont on parlera dans l'analyse), on constate que le meilleur moyen possible consiste à **pencher l'axe** de la boule vers l'ampoule.

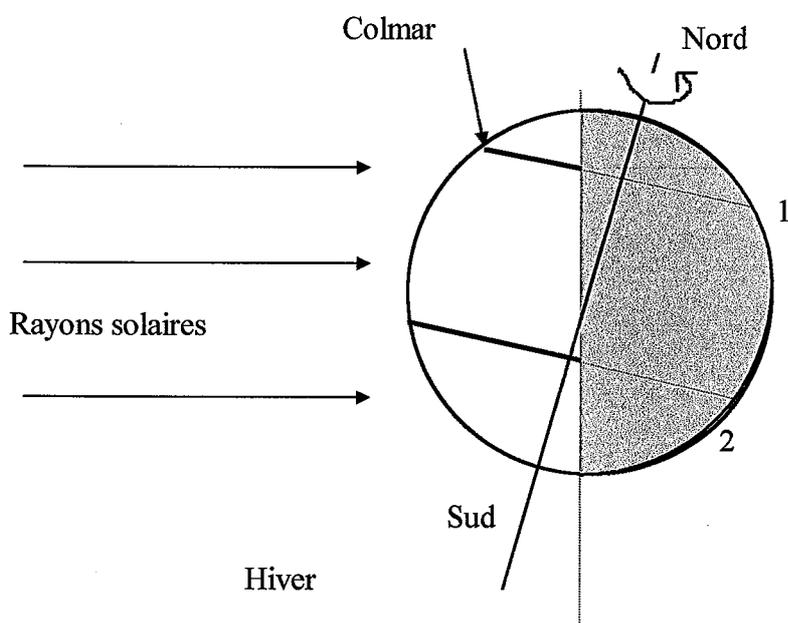


Compte-rendu de la manipulation,

Mise en commun : on prend un grand globe terrestre et on le fait tourner lentement mais régulièrement sur lui-même et on compare les durées de passage de la croix dans la partie éclairée par rapport à la partie non éclairée.



Structuration :



Si on met en parallèle la trajectoire 1 (hémisphère Nord en hiver) et la trajectoire 2 (hémisphère Sud en été), on constate que plus de la moitié de la deuxième trajectoire appartient à la partie éclairée. Ainsi les journées sont plus longues que les nuits. Et inversement pour la première trajectoire.

L'axe de la Terre est penché d'environ 23° par rapport à la verticale, en été vers le Soleil, en hiver vers l'extérieur. Ainsi, en été, la ville de Colmar reste plus longtemps éclairée qu'en hiver.

Résultats obtenus :

Mise en évidence de la variation de durée :

En général, les enfants savent que les journées sont plus longues en été qu'en hiver. Mais ils ne savent pas que cette différence varie du simple au double. De plus, cette activité permet de consolider ce savoir.

La première partie (le calcul de durée et la construction de graphique) présente quelques difficultés, principalement sur la question de la soustraction. C'est pourquoi il est nécessaire de passer du temps (au moins 3h) sur cette phase.

Si la systématisation (via de nombreux exercices de soustraction de durées) peut être nécessaire pour faciliter l'apprentissage, il ne faut pas oublier de donner du sens à ces activités. Ainsi, il est préférable de poser le problème de la variation de durée des jours et des nuits et ensuite d'apprendre à soustraire des durées et non de faire le contraire.

Dans le cas où les enfants éprouvent des difficultés pour soustraire des durées, il est possible de travailler à partir d'une flèche horaire (voir page 118) où il suffit d'additionner les heures et les minutes en partant de l'heure de lever du Soleil jusqu'au coucher (voir page 118).

Contrairement à ce qu'on pourrait penser, les enfants arrivent assez facilement à réaliser le graphique.

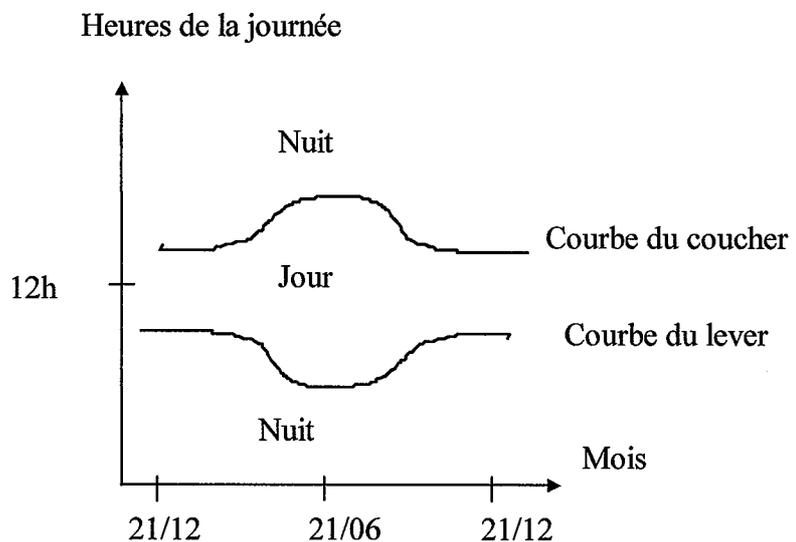
Toutefois, certains d'entre eux ont du mal à comprendre la différence entre en-dessous (durée du jour) et au-dessus de la courbe (durée restante = durée de la nuit).

Ils confondent souvent les nombres sur l'axe vertical avec les heures du jour.

Si tel était le cas, le graphique ressemblerait aux courbes ci-contre.

Seul un retour sur le tableau en liaison avec le graphique permet de leur faire prendre conscience de leur confusion.

Courbe de variation des heures du lever et coucher du Soleil au cours de l'année.



Démonstration de la double rotation :

L'intérêt de mettre en relation les deux périodes (24h et 1an) avec les explications de l'alternance jour/nuit est principalement d'éviter d'apporter un argument d'autorité pour expliquer la rotation de la Terre sur elle-même.

Les enfants comprennent très bien la démarche et trouvent sans problème les explications qui cadrent avec ces deux périodes.

Modélisation :

C'est sans doute la séance la plus difficile, conceptuellement, de toute cette progression.

En effet, les élèves n'ont pas ou peu d'idées pour expliquer la variation de la durée des jours et des nuits.

Le résultat du recueil de conceptions le montre bien.

En général :

- ⇒ Distance plus grande en hiver entre la Terre et la Soleil.
- ⇒ Variation de la vitesse de rotation de la Terre.
- ⇒ Les saisons (?!).
- ⇒ L'axe est incliné (rare).

Dès que l'idée de distance est évoquée, de nombreux enfants semblent y adhérer assez facilement. C'est sans doute la plus facile à comprendre.

La modélisation montre très bien (avec une lampe assez forte (75 à 100W)) que la distance ne joue pas.

Comme les enfants savent que le jour dure toujours 24h, la variation de la vitesse de rotation de la Terre leur semble après discussion peu crédible.

Il est également possible de travailler sur le cadran solaire pour montrer la régularité de la rotation terrestre ($15^\circ/1h$).

III.6) Séance 6 : Les saisons (2 heures)

Cette séance conclut la séquence, elle demande aux enfants des efforts conceptuels importants qui nécessitent l'apport d'informations, des expérimentations plus ou moins imposées par l'enseignant. Une nouvelle fois, comme la séance précédente, on applique une démarche d'enseignement proche de celle de A. Chomat, C. Larcher et M. Méheut, en 1988 où les enseignants apportent les bases et les enfants doivent inférer les résultats.

III.6.1) Recueil de conceptions initiales : Pourquoi fait-il plus chaud en été qu'en hiver ?

Classes 1999/ 2001	Axe incliné	La Terre est plus près du Soleil	Le Soleil brille plus	Sinon, on ne pourrait pas vivre	Rien ou incompréhensible
CE2 (43)	16%	19%	2%	11%	52%
CM1 (156)	16%	17%	12%	4%	51%
CM2 (27)	26%	26%	3%	0%	45%

Classes 2001/ 2002	Axe incliné	La Terre est plus près du Soleil	Le Soleil brille plus	Sinon, on ne pourrait pas vivre	Rien ou incompréhensible
CE2 (53)	4%	13%	17%	11%	54%
CM1 (120)	17%	24%	3%	3%	62%
CM2 (35)	13%	32%	6%	3%	45%

De même que pour la séance sur la variation des durées des journées et des nuits, la proportion des élèves qui ne s'expriment pas ou peu sur la question reste encore très importante, on constate ici ce qu'on avait constaté également avec les adultes (page 64), à savoir que cette question est difficile ! Faire le lien entre distance ou inclinaison de l'axe avec la température demande déjà des capacités de réflexion assez développées. Le contraste avec la question sur l'alternance jour/nuit est flagrant.

Les remarques précédentes page 121 sont également valables ici.

Exemples de productions d'élèves :

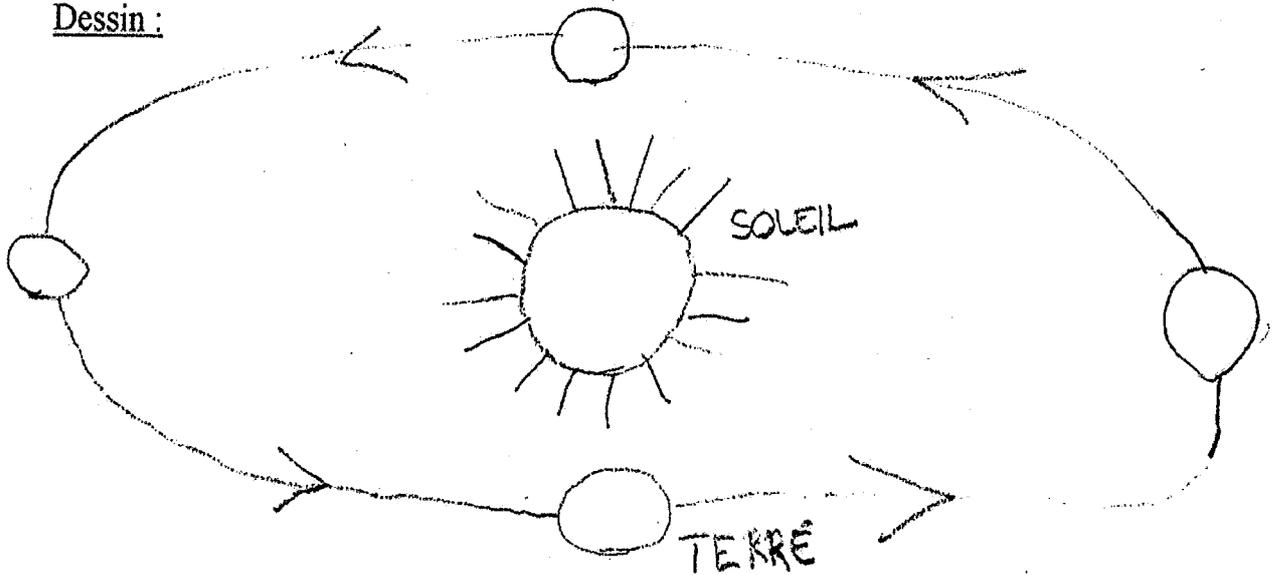
Distance :

**Astronomie,
Classe de CM2 de Wittelsheim, M^{me} Kempf**

Nom et prénom : EPPLIN Guillaume

1) Comment expliquer les saisons ?

Dessin :



Expliquez votre dessin :

Le trajet que fait la terre est ovale.
Donc la terre s'approche plus ou moins du soleil

Inclinaison de la Terre :

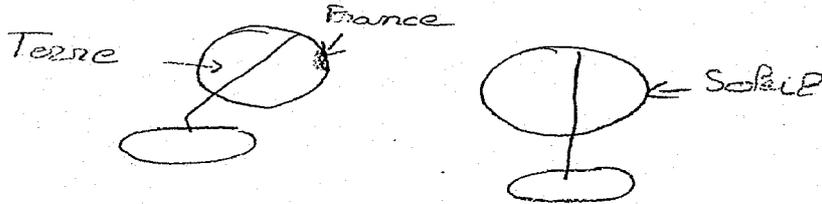
Elève de CM1 (Hélène)

Astronomie, Classe de CM1 de Colmar, M^{me} Jegoux

Nom et prénom : Hélène Greigent

1) Expliquez le phénomène des saisons :

Dessin :



Expliquez votre dessin :

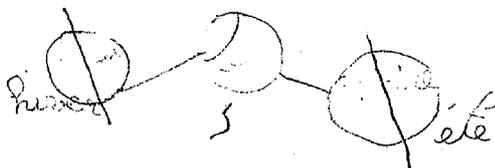
Quand on est en été la terre est inclinée vers le
Soleil donc elle est plus proche et il fait plus
chaud. (Soleil haute de l'été)

Quand il fait plus froid (hiver) elle la terre est
plus inclinée vers le Soleil

Elève de CM2

Ce que je pense :

Explique pourquoi il y a des saisons. Tu peux faire un dessin commenté par des phrases.



en hiver l'axe est dans l'extérieur

en été l'axe est dans l'intérieur

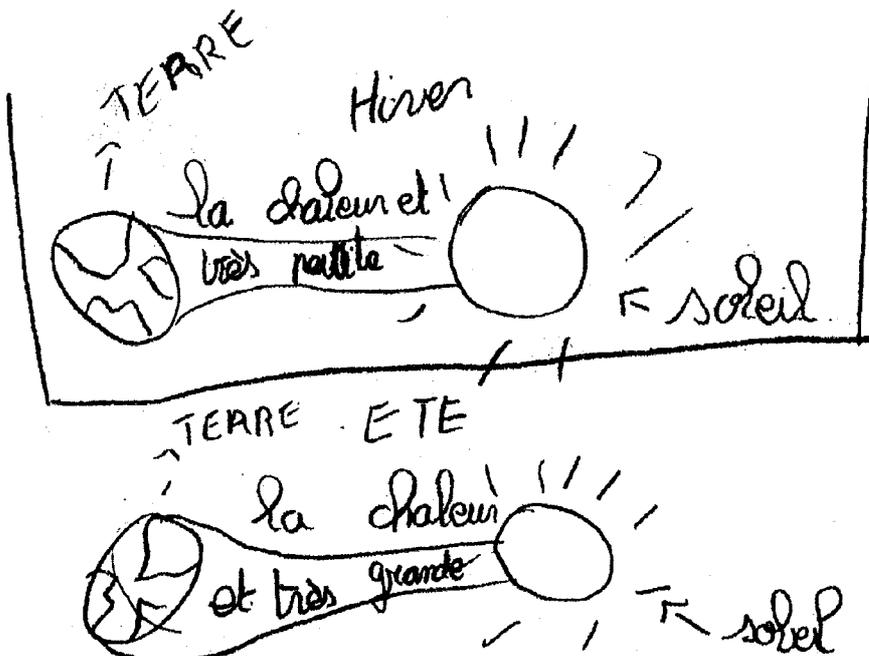
Soleil trop fort

**Astronomie,
Classe de CM1 de Colmar, M^{me} Jegoux**

Nom et prénom : Charlotte Schwenzer-Fauré

1) Expliquez le phénomène des saisons :

Dessin :



Expliquez votre dessin :

En hiver le soleil chauffe moins la terre,
en été le soleil chauffe beaucoup plus la terre

III.6.2) Discussion :

Cette discussion commence après que les élèves aient représenté leurs conceptions initiales.
(Elèves de CM2).

Maître : Alors, après ces rappels, expliquez-moi pourquoi il y a des saisons, pourquoi il fait plus chaud en été qu'en hiver ?

Christian : En hiver la Terre est plus loin du Soleil et en été, c'est de l'autre côté.

Maître : Vous avez été plusieurs à penser cela (elle écrit au tableau).

Est-ce que vous avez d'autres explications ?

Gaëtan : Sans les saisons il ferait toujours trop chaud ou trop froid.

Maître : Il fait toujours trop chaud ou trop froid .

(elle écrit au tableau).

Est-ce que vous avez d'autres explications ?

Christian : C'est mieux comme cela .

(en plaisantant).

Silence.

Pauline, Axel : La même chose que Christian.

Silence.

Chloé : En hiver, l'axe est vers l'extérieur et en été l'axe est vers l'intérieur, vers le Soleil.

Maître : Toi, tu penses que cela explique le phénomène des saisons ?

Chloé : Apparemment !

Maître : Est-ce qu'il y a d'autres possibilités ?

Non ? Bon ...

Comment pourrait-on savoir laquelle de ces propositions est exacte ?

Les enfants : Consulter des scientifiques, regarder dans les livres.

Apports d'informations du maître :

Maître : C'est ce que j'ai fait, alors voilà ce que j'ai trouvé : Argument d'autorité :

« La Terre est située à 152 millions de Km en été et 147 millions de km en hiver » !

Quel est le plus grand ?

Les enfants : 152 millions de Km !

Maître : C'est quelle saison ?

Christian : En hiver.

Maître : Oh le beau choc cognitif !

Maître : Regardez bien là, c'est quelle saison ?

Pauline : En hiver.

Maître : Regardez bien ce qui est marqué ?

Les enfants : En été !!

Maître : Donc, la Terre est plus loin du Soleil en été, est-ce que c'est ce que tu pensais Christian ?

Christian : Bah, non !

Maître : Donc on est plus près du Soleil en hiver !

Les enfants : Euh ! Hein !

Maître : Donc, est-ce que la distance joue dans les saisons ?

Les enfants : Non.

Maître : Donc, on va l'effacer. Que pensez-vous de la deuxième explication : Sans les saisons il ferait toujours trop chaud ou trop froid ?

Christian : On peut pas vraiment dire qu'elle est juste, on peut pas vraiment dire qu'elle est fausse, ça explique rien, je crois pas que ce soit la bonne.

Maître : Gaëtan, est-ce que cela explique comment ça marche les saisons ton explication ?

Gaëtan : Non (avec la tête).

Maître : Il faut que tu comprennes que lorsque tu dis que cela nous permet de vivre, que comme cela il fait ni trop chaud ni trop froid, c'est une constatation mais pas une explication, tu dis pas comment cela marche !

Il faut regarder comment est le Soleil ou la Terre.

Maître : Bon, maintenant vous remplissez la partie : ce que je pense après la discussion.

Maître : Donc, qu'est-ce qui nous reste ?

Axel : La Terre est penchée.

Maître : Bien, donc, on va faire des expériences par atelier pour voir si c'est vrai.

III.6.3) Résolution, expériences :

Passage de consignes, distribution du matériel, voir ateliers

Les enfants font les trois ateliers tournants: exemples :



Maître : *La lampe est censée représenter quoi ?*

Fille1 : *le Soleil.*

Maître : *Et la feuille ?*

Fille 1 : *La Terre, le sol.*

Maître : *Laquelle des tâches brille le plus ?*

Fille 1 : *Le cas 1.*

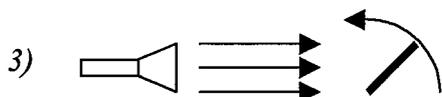
Maître : *Lequel chauffe le plus ?*

Fille 1 : *le cas 1.*



Maître : *Essaye de pencher la photopile.*

Garçon 1 : *Ca tourne plus du tout.*



Maître : *Qu'est-ce qui chauffe le plus ?*

Gaëtan : *Quand le thermomètre est penché vers la lampe.*

Maître : *Et alors ?*

Gaëtan : *Quand on est penché, c'est l'été.*

Tout le monde remplit les feuilles et change d'ateliers.

Mise en commun des résultats et discussion :

Maître : *On va commencer par l'atelier lampe de poche : quelqu'un peut me dire ce qu'il a constaté ?*

Axel : *Le premier cas, la lampe était plus éclairée que la deuxième.*

Maître : *Attends on va expliquer cela clairement.*

Dans quel cas cela brille le plus ?

Axel : *La première, la plus petite.*

Maître : *Et dans quel cas cela chauffe le plus ?*

Stéphane : *La 1.*

Maître : *La 1 aussi, là où il y a le plus de lumière, cela chauffe le plus.*

C'est bon ? Si on prend le groupe thermomètre, qu'as-t-on vu ?

Fille 1 : *Quand on la met à plat c'est l'hiver, c'est plus loin et quand c'est penché, c'est l'été parce que c'est plus près.*

Maître : *C'est plus près ?*

Fille 1 : *Non, c'est plus incliné.*

On montre que quand c'est incliné c'est la même distance car ce n'est pas très clair.

Maître : *Attention, on ne se rapproche pas en été, on est plus loin !!*

Maître : *Quand on est incliné vers le spot, il fait plus ou moins chaud ?*

Maxime : *plus chaud !*

Maître : *Pour les groupes photopiles, qu'a-t-on remarqué ?*

Maxime : *Ca tournait plus vite quand on la rapprochait.*

Frédérique : *Quand on la laissait droite ça tournait plus vite que si on l'incline.*

Maître : *Quel est le rapport avec les saisons ?*

Pauline : *Quand c'est droit, c'est l'été.*

Maître : Pourquoi il y a des saisons ? Qu'est-ce qu'on a vu dans ces trois expériences ?

Gaëtan : La Terre ... euh ...

Axel : Je sais, la température change.

Maître : Pourquoi les températures changent ?

Louise : Euh ... la Terre est plus éloignée du Soleil, ... non c'est pas ça.

Stéphane : L'axe de la Terre est penchée.

Maître : Oui mais pourquoi cela joue sur les températures ?

Maxime : Quand c'est penché vers le Soleil cela va chauffer et sinon, cela va pas tellement chauffer.

Car les rayons tapent fort et droit sur Colmar quand c'est penché.

Maître : On va regarder avec un globe et le retro.

Comment les rayons tombent en été ?

Christian : Les rayons tapent droit.

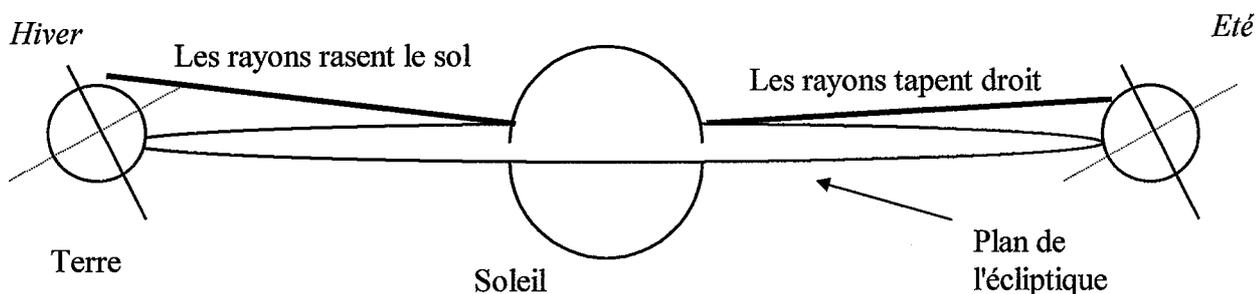
Maître : Maintenant la Terre est penché vers l'extérieur, les rayons tapent comment ?

Les enfants : Les rayons tapent moins droits, c'est moins lumineux, il fait plus froid, c'est l'hiver.

III.6.4) Structuration

Dessin et phrases : cette structuration, guidée par l'enseignant, est issue des comptes-rendus d'expériences des trois ateliers.

« En été, la Terre est penchée vers le Soleil, les rayons « tapent » droit, il fait chaud et en hiver la Terre est penchée vers l'extérieur, les rayons rasent le sol, il fait froid ».



III.6.5) Précisions sur cette séance :

On voit bien dans cette discussion un conflit cognitif, les enfants ont du mal à accepter que la Terre est plus près du Soleil en Hiver, la notion de distance est une conception très forte chez les enfants.

Lors de la discussion collective, l'enseignant apporte des informations supplémentaires:

- ☑ Début janvier : la distance Terre/Soleil = 147 000 000 km,
Début juillet : la distance Terre/Soleil = 152 000 000 km,
 - ☑ Les saisons sont inversées entre l'hémisphère Sud et l'hémisphère Nord
- ⇔ **La Terre est plus loin du Soleil en été comparé à l'hiver,**
⇔ **La distance n'explique pas les saisons !!**

Expérimentations : Les élèves accomplissent les trois ateliers présentés page 141/146 :

Travail en atelier tournant : 3 fois 4 groupes de 2,

- ☑ Thermomètres (ateliers I),
- ☑ Lampes de poche (ateliers II),
- ☑ Photopiles (ateliers III),

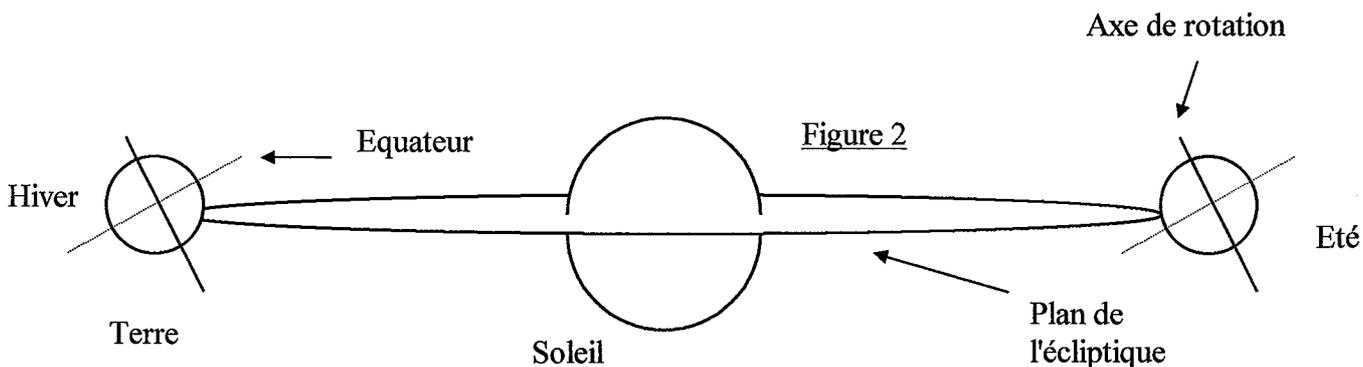
Les enfants doivent suivre un protocole expérimental mettant en évidence l'équivalence entre :

- ☑ Lumière et chaleur,
- ☑ Distance et inclinaison,

Ensuite ils répondent aux questions liées aux différents ateliers, ce sont les comptes-rendus d'expériences :

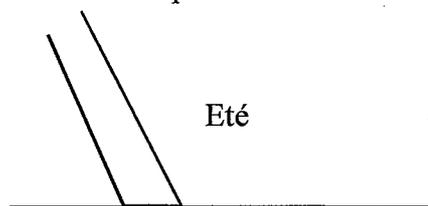
Mise en commun des comptes-rendus au tableau.

Structuration :

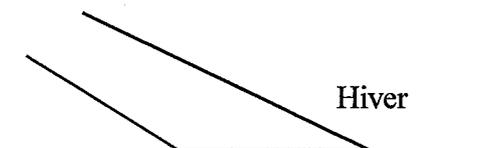


L'axe de rotation de la Terre reste penché de la même façon tout au long de l'année pour quelqu'un qui regarde le système Terre/Soleil de loin (voir dessin ci-dessus).

Ainsi, en été, l'axe de la Terre est penché vers le Soleil, et donc les rayons solaires frappent "fort", il fait chaud :



En hiver, l'axe de la Terre est penché vers l'extérieur par rapport au Soleil, et donc les rayons solaires "rasent", il fait froid :



Résultats obtenus :

Les conceptions les plus fréquentes sont les suivantes :

- Rien (majoritaire),
- Le Soleil brille plus,
- Distance Terre/Soleil plus grande en hiver qu'en été (fréquent),
- Axe incliné (peu fréquent),

L'exemple de la production d'Hélène (page 131) est très intéressante à ce propos puisqu'elle évoque l'inclinaison comme explication mais il reste un reliquat de distance qu'elle n'élimine pas : « *la Terre est inclinée vers le Soleil en été et donc elle est plus près* ». On peut se demander, dès lors, si il n'y a pas une hiérarchisation des conceptions initiales, on penserait d'abord à la distance puis on viendrait à l'inclinaison ? (Closset, 1992). D'autant plus que ce type de réponses apparaît également assez fréquemment chez les adultes comme on le constate page 64 où des enseignants répondant juste sur la durée des jours et des nuits, parlent de distance par la suite pour expliquer les saisons (voir les pourcentages).

De la même façon qu'en ce qui concerne la variation des jours et des nuits, l'idée de distance variable séduit une grande partie des élèves dès qu'elle est évoquée par les élèves qui ont eu cette idée, quand bien même l'inclinaison de l'axe Nord/Sud a été vu précédemment dans l'explication de la variation de la durée des jours et des nuits.

Plusieurs obstacles se dressent dans la tête des enfants pour qu'ils puissent faire le lien entre inclinaison et saisons :

- ⇒ La distance correspond a un vécu quotidien : lorsqu'on s'éloigne d'une source de chaleur, on a plus froid.
- ⇒ Le lien entre inclinaison de l'axe et inclinaison des rayons n'est pas immédiat.
- ⇒ Et surtout le lien entre rayons et chaleur n'a pas été mis en évidence.

C'est pourquoi il convient de leur montrer le lien entre inclinaison et température via l'expérimentation.

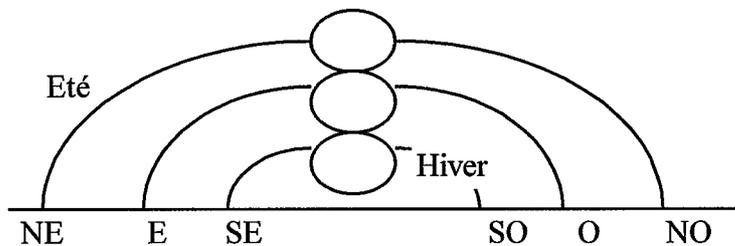
Il ne suffit pas de donner l'information " **La Terre est plus loin du Soleil en été comparé à l'hiver**" aux enfants pour que ceux-ci l'acceptent d'emblée et surtout acceptent l'idée d'inclinaison.

Etant en plein conflit cognitif, il est nécessaire de leur apporter des **expérimentations** suffisamment bien pensées pour les aider à intégrer un **modèle explicatif de remplacement** qui leur conviennent.

Cette séance s'organise de la façon suivante :

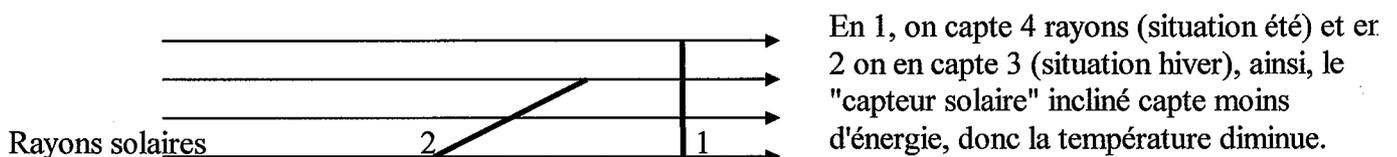
- ⇒ 2h30mn : Ateliers tournants (chaque élève fait les trois ateliers) et mise en commun.

Lors de la structuration, on évoque également les différentes trajectoires du Soleil en fonction de l'époque de l'année :



Le Soleil est plus haut en été et donc les rayons "frappent plus fort" la surface terrestre.

Rappel : Pourquoi l'inclinaison des rayons ⇒ baisse de température ?



En 1, on capte 4 rayons (situation été) et en 2 on en capte 3 (situation hiver), ainsi, le "capteur solaire" incliné capte moins d'énergie, donc la température diminue.

(Dans les pages suivantes, sont présentées les fiches d'expériences que les enfants ont utilisées).

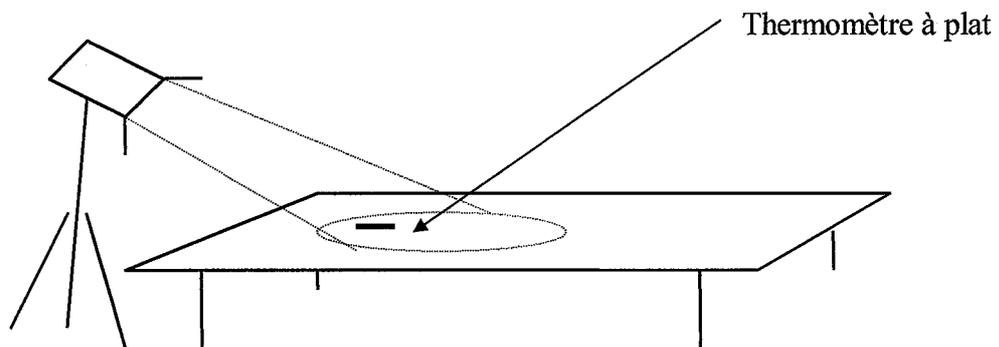
Ateliers I

Groupe Thermomètre

Matériel : un thermomètre, un spot de 500W ou la lumière du Soleil au printemps !

Voici ce que vous devez faire :

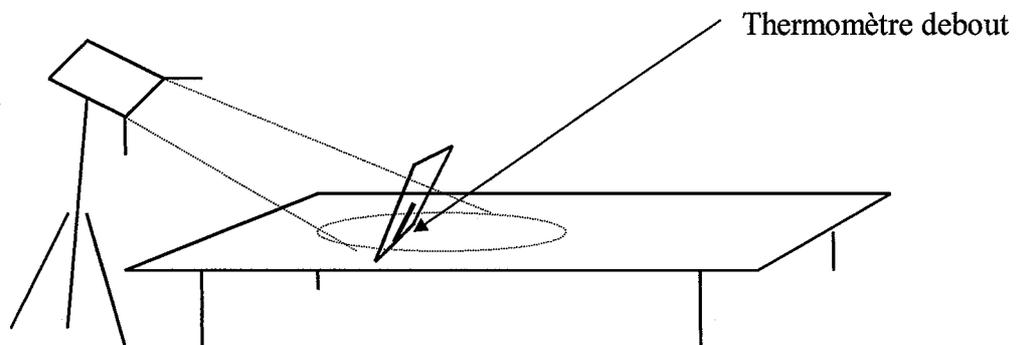
1) Faites cette expérience (voir le dessin ci-dessous), quelle est la température ?



Placer le thermomètre sur la tâche de lumière, sur la table. Attendre que le liquide rouge ne bouge plus.

Température :

2) Faites cette expérience (voir le dessin ci-dessous), quelle est la température ?



Attention : Incliner le thermomètre vers le spot et attendre 5 minutes !!!

Température :

3) Expliquez la différence entre les deux mesures ?

4) Quel rapport avec les saisons ?

Ateliers II

Groupe Lampe de poche

Matériel : une lampe de poche, une feuille blanche !

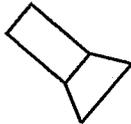
Voici ce que vous devez faire :

1) Faites cette expérience (voir le dessin ci-dessous), quelle est la taille de la tâche ?

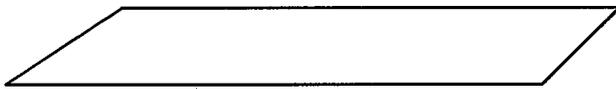
La lampe doit être bien au-dessus de la feuille.

Avec un crayon, dessinez les contours de la tâche de lumière sur la feuille

blanche !



Faire le dessin de la tâche

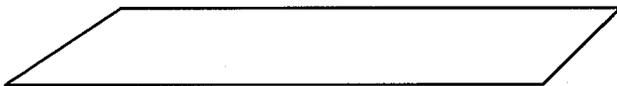
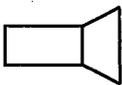


2) Faites cette expérience (voir le dessin ci-dessous), quelle est la taille de la tâche ?

La lampe doit être positionnée en lumière rasante (un peu au dessus).

Avec un crayon, dessinez les contours de la tâche de lumière !

Faire le dessin de la tâche



3) A votre avis, si la lampe était le Soleil, dans quelle expérience cela chaufferait le plus sur la feuille blanche ?

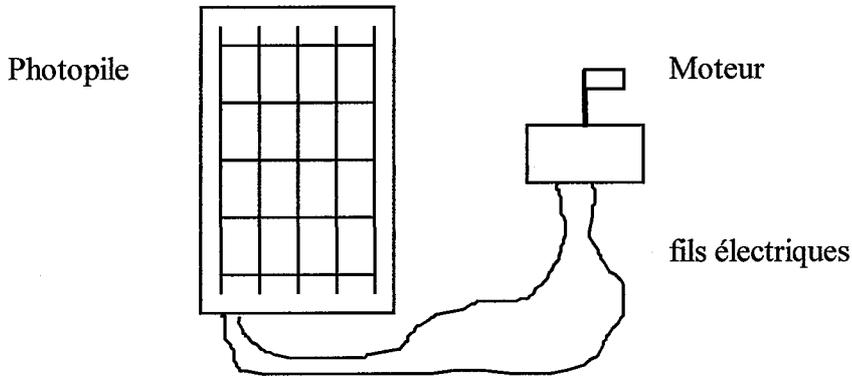
4) Si la lampe était le Soleil, et la feuille le sol de la Terre, à quelle saison correspondrait l'expérience 1, et ensuite l'expérience 2 ?

Ateliers III

Groupe Photopile

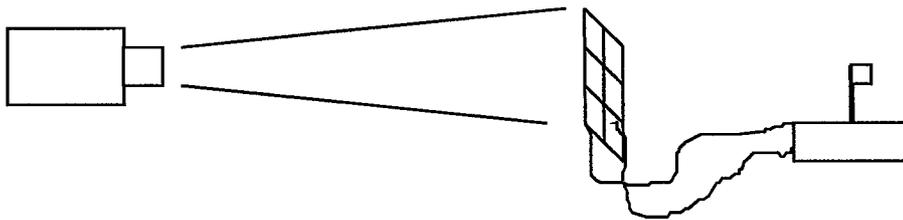
Matériel : Un moteur relié à une photopile (fournisseur : Opitec) !

Une photopile transforme la lumière en électricité,
le moteur permet de "voir" si l'électricité est grande ou pas.

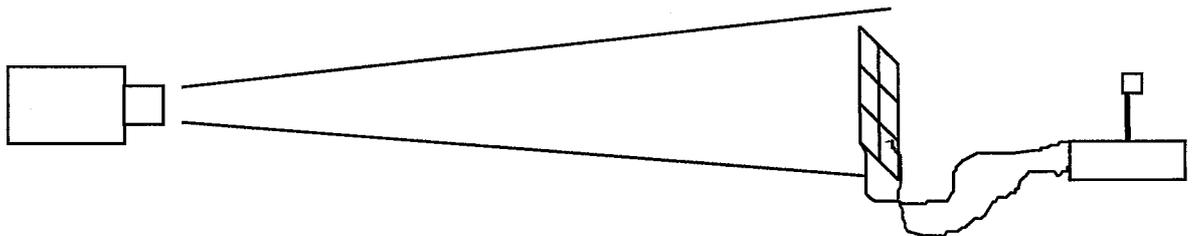


Voici ce que vous devez faire :

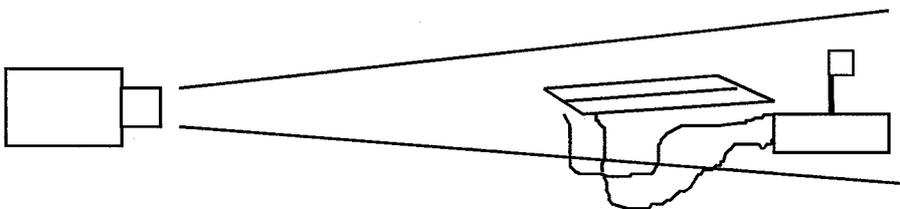
1) Présenter la photopile face à la lumière du projecteur diapos, que se passe-t-il ?



2) Que se passe-t-il si vous vous éloignez du projecteur diapos ?



3) Si vous inclinez la photopile (voir dessin ci-dessous), que se passe-t-il ?



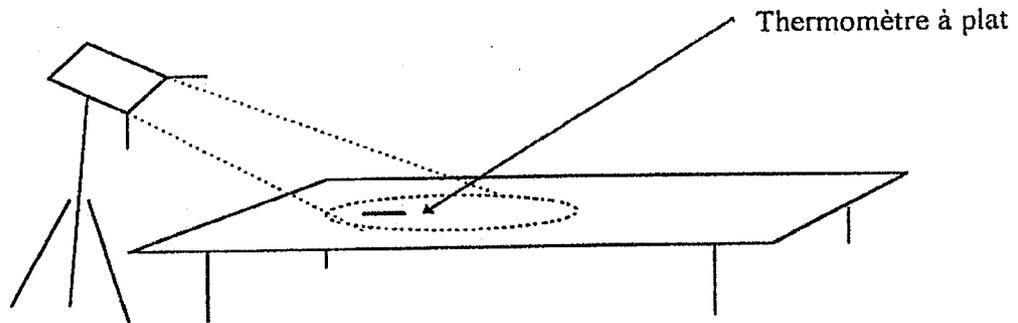
4) Quel est le rapport avec les saisons ?

Voici quelques exemples de comptes-rendus d'élèves :

Matériel : un thermomètre, un spot de 500W ou la lumière du Soleil au printemps !

Voici ce que vous devez faire :

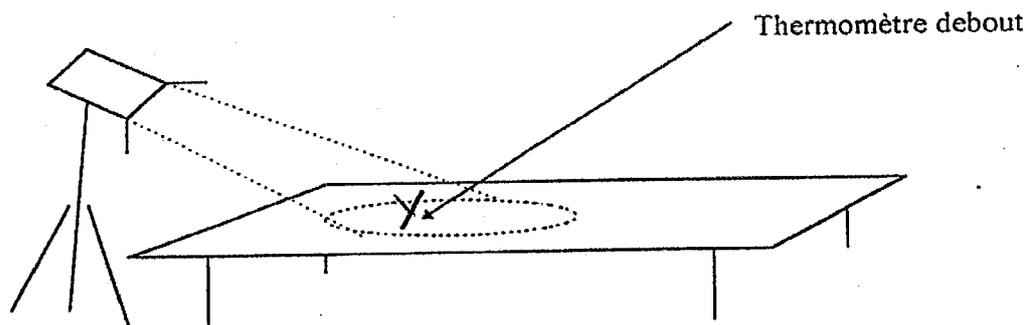
1) Faites cette expérience (voir le dessin ci-dessous), quelle est la température ? *43*



Placer le thermomètre sur la tâche de lumière, sur la table. Attendre que le liquide rouge ne bouge plus.

Température :

2) Faites cette expérience (voir le dessin ci-dessous), quelle est la température ? *46*



Attention : Incliner le thermomètre vers le spot et attendre 5 minutes !!!

Température :

3) Expliquez la différence entre les deux mesures ?

2eme experience à 2 degré de +

4) Quel rapport avec les saisons ?

La terre est inclinée, en ETE

Groupe Lampe de poche

Matériel : une lampe de poche, une feuille blanche !

Voici ce que vous devez faire :

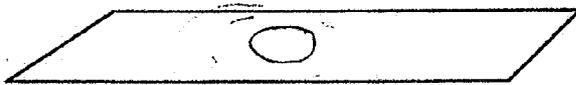
1) Faites cette expérience (voir le dessin ci-dessous), quelle est la taille de la tâche ?



La lampe doit être bien au-dessus de la feuille.

Avec un crayon, dessinez les contours de la tâche de lumière sur la feuille blanche !

Faire le dessin de la tâche



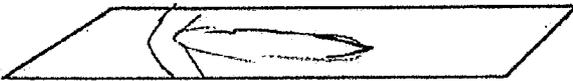
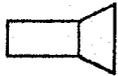
Le n°1 explique l'été parce que la lumière est plus forte.

2) Faites cette expérience (voir le dessin ci-dessous), quelle est la taille de la tâche ?

La lampe doit être positionner en lumière rasante (un peu au dessus).

Avec un crayon, dessinez les contours de la tâche de lumière !

Faire le dessin de la tâche



La n°2 explique l'hiver la lumière est moins forte.

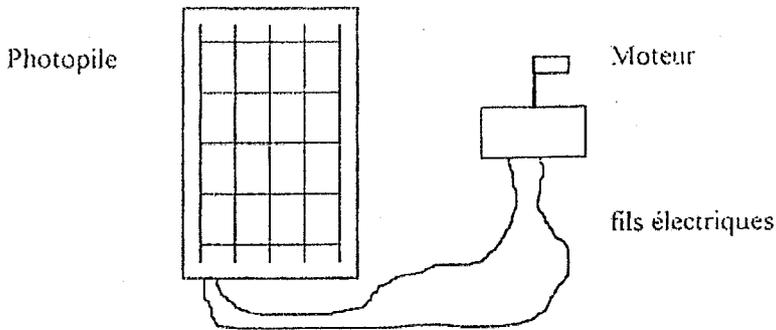
3) A votre avis, si la lampe était le Soleil, dans quelle expérience cela chaufferait le plus sur la feuille blanche ? dans l'expérience n°1.

4) Si la lampe était le Soleil, et la feuille le sol de la Terre, à quelle saison correspondrait l'expérience 1, et ensuite l'expérience 2 ? la n°2 explique l'hiver et la n°1 explique l'été.

Groupe Photopile

Matériel : Un moteur relié à une photopile (fournisseur : Opitec) !

Une photopile transforme la lumière en électricité,
le moteur permet de "voir" si l'électricité est grande ou pas.

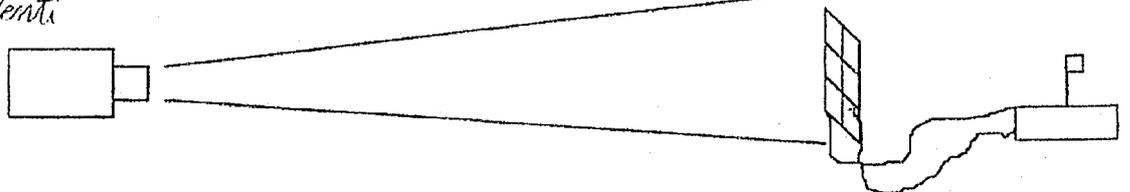


Voici ce que vous devez faire :

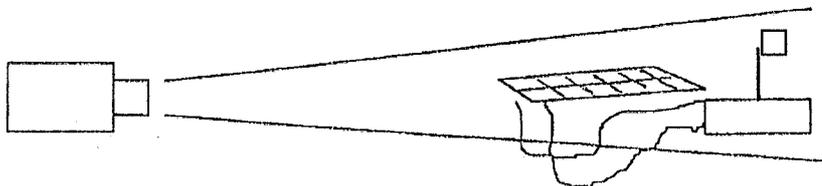
1) Présenter la photopile face à la lumière du projecteur diapos, que se passe-t-il ? *Ça va très vite*



2) Que se passe-t-il si vous vous éloignez du projecteur diapos ? *Ça ne va plus aussi vite*
Ça ralentit



3) Si vous inclinez la photopile (voir dessin ci-dessous), que se passe-t-il ? *Ça ne tourne plus*



4) Quel est le rapport avec les saisons ?

Quand c'est incliné c'est l'hiver
Quand c'est en face c'est en été

Chapitre IV : Analyse a posteriori :

Résultats et analyse, retour sur les hypothèses.

IV.1) Aspects didactiques :

Du point de vue de l'ingénierie didactique, la validation des hypothèses ne peut se faire qu'en interne (au sein des classes expérimentales) en mettant celles-ci en rapport avec les résultats observés. Tout en analysant les résultats aux évaluations de ces classes, nous indiquerons, également, en les distinguant, les résultats des classes repères qui peuvent éclairer cette analyse.

Voici les questionnaires d'évaluation :

1) Quelle est la forme de la Terre ?

2) Expliquer pourquoi l'aiguille d'une boussole est attirée par le Nord :

3) Expliquer pourquoi les gens au Sud de la Terre ne tombent pas :

4) Expliquer pourquoi il fait tantôt jour, tantôt nuit :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre tourne autour du Soleil fixe sans tourner sur elle-même,
- La Terre tourne sur elle-même sans tourner autour du Soleil fixe,
- Le Soleil tourne autour de la Terre fixe,
- La Lune permet d'expliquer la nuit,
- La Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil,
- La Terre tourne sur elle-même et le Soleil tourne,
- Le jour, c'est fait pour aller à l'école, la nuit, pour dormir
- Autre proposition* :

Faire un dessin :

5) Expliquer pourquoi la journée est plus longue en été qu'en hiver :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre tourne sur elle-même moins vite en été,
- La Terre est penchée vers le Soleil,
- La Terre est plus près du Soleil,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

Faire un dessin :

6) Expliquer le phénomène des saisons :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre est plus près du Soleil en été et plus loin en hiver,
- La Terre est penchée vers le Soleil en été et vers l'extérieur en hiver,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

Faire un dessin du mouvement Terre-Soleil :

Ces questionnaires ont été distribués, sans que les enfants aient révisé, une première fois trois mois après la fin de la séquence, et ensuite un an après la fin de la séquence afin d'éviter que les effets éventuellement observés ne puissent résulter d'une leçon bien apprise.

Nous avons choisi de poser les mêmes questions que celles posées lors des recueils de conceptions pour pouvoir observer l'évolution. De plus, il nous a semblé intéressant de formuler les questions sous forme de QCM car grâce aux recueils de conceptions avant enseignement, aux interviews et aux publications d'autres chercheurs, il nous a semblé que nous avions balayé l'ensemble des possibles. En revanche, nous laissons aux enfants le choix de faire des dessins afin de préciser leur pensée, sachant qu'en primaire, l'écrit peut poser problème.

Le fait de distribuer sans révision trois mois et surtout un an après les mêmes questions qu'avant enseignement, nous permet de comparer efficacement l'évolution et, nous semble-t-il, d'éviter l'écueil de la connaissance retenue par cœur sans accommodation au sens piagétien étant donné l'écart de durée entre la séquence et la dernière évaluation. L'âge des enfants est aussi un argument en faveur d'une évaluation simple tant leur capacité de réinvestissement à ce niveau est très limitée (Flandé, 2000), surtout dans le cas d'une prédictibilité face à des situations nouvelles. Par la suite, par des analyses plus qualitatives, nous montrerons qu'un basculement a bien eu lieu (voir chapitre sur l'argumentation) et que la connaissance nouvelle relève d'une modification durable des structures cognitives.

Quels sont les résultats ?

IV.1.1) Classes expérimentales :

11 classes tests 1999/2001 (226 élèves) (les pourcentages sont arrondis)

Questions	CE2 (43 élèves)		CM1 (156 élèves)		CM2 (27 élèves)	
	Evaluation trois mois après Réponse correcte	Evaluation 1 an après Réponse correcte	Evaluation trois mois après Réponse correcte	Evaluation 1 an après Réponse correcte	Evaluation trois mois après Réponse correcte	Evaluation 1 an après Réponse correcte
1) Forme	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2) Boussole	65%	70%	75%	77%	100%	100%
3) Gravitation	78%	78%	85%	85%	100%	100%
4) Jour/Nuit	61%	59%	90%	88%	100%	100%
5) Durée	35%	45%	70%	72%	90%	94%
6) Saisons	58%	58%	72%	70%	85%	85%

10 classes tests 2001/2002 (208 élèves)

Questions	CE2 (53 élèves)		CM1 (120 élèves)		CM2 (35 élèves)	
	Evaluation trois mois après Réponse correcte	Evaluation 1 an après Réponse correcte	Evaluation trois mois après Réponse correcte	Evaluation 1 an après Réponse correcte	Evaluation trois mois après Réponse correcte	Evaluation 1 an après Réponse correcte
1) Forme	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2) Boussole	75%	77%	80%	85%	100%	100%
3) Gravitation	85%	85%	85%	90%	100%	100%
4) Jour/Nuit	68%	70%	92%	95%	100%	100%
5) Durée	44%	42%	75%	77%	94%	97%
6) Saisons	57%	57%	73%	75%	85%	90%

On constate que les résultats sont plutôt significatifs en faveur d'une bonne intégration des objectifs de la séquence dans les classes expérimentales ayant donc été soumises au recueil de conceptions et à la manipulation de modèles concrets.

La comparaison entre les évaluations trois mois et un an après montre une grande stabilité des acquisitions qui confortent l'impact de la séquence.

On remarque, cependant, que pour les CE2, les résultats sont plus faibles. Ceci est cohérent avec notre hypothèse sur le développement cognitif.

IV.1.2) Classes repères I:

Ce sont les deux classes de CM1 (45 élèves) pour lesquelles il n'a pas tenu compte des conceptions initiales. Ces élèves ont eu un enseignement similaire à celui présenté page 43 basé sur des études documentaires et l'apprentissage par cœur.

Les évaluations se font sans révision, de manière spontanée.

Questions	Evaluation trois mois après Réponse correcte	Evaluation 1 an après Réponse correcte
1) Forme	100%	100%
2) Boussole	65%	65%
3) Gravitation	80%	75%
4) Jour/Nuit	85%	80%
5) Durée	25%	15%
6) Saisons	30%	15%

On constate de bons résultats pour les quatre premières questions. On pourrait s'en étonner mais ces questions ne présentent pas des difficultés conceptuelles très grandes pour des enfants de cycle III. Parfois même, les enfants connaissaient déjà les réponses avant la séquence, comme l'ont montré les recueils de conceptions dans d'autres classes (voir le paragraphe III) Expérimentation). De plus, si on se réfère à J. Piaget, une transmission sociale simple sans interaction peut être assimilée par l'enfant dans certaines conditions. Ainsi, il semblerait que les quatre premières connaissances soient d'ores et déjà « assimilables » au sens piagétien, sans restructuration des structures cognitives.

En revanche, les deux dernières évaluations (durée, saisons) montrent qu'il y a un sérieux problème au niveau de la transmission sociale. Manifestement, le modèle transmissif pose problème pour des questions trop conceptuelles. On s'étonne également de la chute de prégnance mnésique pour ces questions un an après. Il semblerait que cet enseignement manque là d'efficacité.

IV.1.3) Classes repères II :

Il s'agit de deux classes de CM1 (58 élèves) pour lesquelles les conceptions initiales des élèves ont été prises en compte. Cependant, ils n'ont pas pu manipuler et donc se confronter à l'environnement au sens piagétien. Ils ont eu un enseignement basé sur des études documentaires après le recueil de conceptions.

Les évaluations se font sans révision de manière spontanée

Questions	Evaluation trois mois après Réponse correcte	Evaluation 1 an après Réponse correcte
1) Forme	100%	100%
2) Boussole	70%	65%
3) Gravitation	83%	77%
4) Jour/Nuit	90%	82%
5) Durée	45%	38%
6) Saisons	60%	50%

On constate que pour les quatre premières questions on a des résultats similaires aux classes précédentes, ou plutôt, les écarts ne sont pas très significatifs. On peut donc penser que les remarques précédentes sont également valables.

En revanche, les résultats sur les questions 5) et 6) montrent une nette différence que l'on peut éventuellement imputer à la prise en compte des conceptions initiales. Cela est d'autant plus vrai que les évaluations un an après montrent que les enfants ont bien mieux intégrés les connaissances nouvelles au regard de la stabilité, même si il y a une légère déperdition (7 à 10%), contrairement aux enfants ayant suivis la séquence des classes repères I où la déperdition est plus importante.

IV.1.4) Analyse

IV.1.4.a) Analyse interne :

Rappelons l'hypothèse 3 :

Hypothèse 3 :

Piaget a montré l'importance du rôle de l'action de l'élève sur son environnement et du retour de celle-ci et c'est pourquoi nous pensons que l'enfant doit passer par des phases de modélisation en manipulant concrètement et en observant des objets ayant des propriétés proches des objets réels au regard des concepts abordés afin d'en acquérir une meilleure compréhension.

On abordera cette modélisation via les concepts suivants : propriétés gravitationnelles de la Terre, rotation propre de la Terre sur elle-même pour expliquer l'alternance journée / nuit, révolution autour du Soleil et inclinaison de l'axe de rotation de la Terre pour expliquer la variation de durée des journées et des nuits et le phénomène des saisons, ceci en cohérence avec les aspects cognitifs précédemment évoqués.

Ainsi, on espère un impact important de cette séquence sur l'acquisition de la part des élèves des nouvelles connaissances.

Si on se réfère à cette hypothèse, notre objectif était donc d'obtenir un impact probant sur l'acquisition par les élèves des connaissances visées. Les tableaux page 149 montrent que la séquence semble être « efficace » surtout pour les élèves de CM1 et CM2, moins pour les élèves de CE2.

On constate, à cet égard, une nette évolution des conceptions entre le recueil avant enseignement et l'évaluation : (prenons l'exemple des classes de CM1 où les effectifs sont plus importants)

Questions	Conceptions avant enseignement, réponses correctes		CM1 1999/2001 (156 élèves)		CM1 2001/2002 (120 élèves)	
	1999/2001 (156 élèves)	2001/2002 (120 élèves)	Evaluation trois mois après Réponse correcte	Evaluation 1 an après Réponse correcte	Evaluation trois mois après Réponse correcte	Evaluation 1 an après Réponse correcte
1) Forme	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2) Boussole	10%	10%	75%	85%	80%	85%
3) Gravitation	33%	33%	85%	90%	85%	90%
4) Jour/Nuit	23%	36%	90%	95%	92%	95%
5) Durée	5%	3%	70%	77%	75%	77%
6) Saisons	16%	17%	72%	75%	73%	75%

La comparaison entre le recueil avant enseignement des conceptions et les évaluations trois mois et un an après est parlante : les enfants ont modifié leurs conceptions massivement, surtout pour les questions concernant la durée et les saisons.

Les discussions entre les élèves et leurs traces écrites, comme on le verra dans les paragraphes IV.1.4.c) et IV.1.4.d) sur l'argumentation, indiquent que les élèves sont influencés par l'interaction avec les pairs et surtout par les manipulations concrètes que leur proposent les expérimentations et les modélisations. Ainsi, à la fois dans les évaluations finales et dans les traces intermédiaires, la séquence semble montrer sa capacité à faire évoluer l'élève dans la restructuration de ses représentations.

Il faut noter que les évaluations sont faites sans révision, trois mois et un an après, et on remarque les points suivants :

- 1- Les résultats positifs sont massifs et stables pour les classes expérimentales.
- 2- Pour les classes repères les résultats sont moins stables un an après pour les mêmes connaissances abordées.
- 3- La qualité générale des représentations reste fréquemment stable entre les deux évaluations dans les classes expérimentales (voir page suivante).

Voici quelques exemples significatifs où il n'y a pas eu de nouvelle leçon sur le sujet entre les deux évaluations d'après les enseignants consultés.

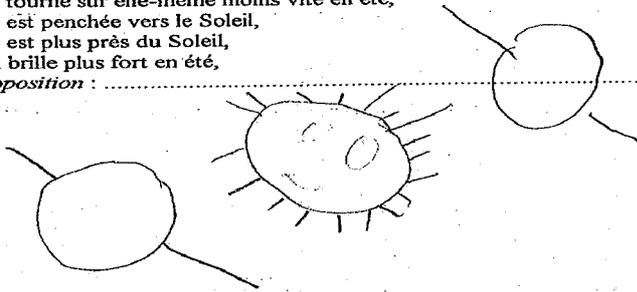
Evaluation d'un élève de CE2 trois mois après :

4) Expliquer pourquoi la journée est plus longue en été qu'en hiver :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre tourne sur elle-même moins vite en été,
- La Terre est penchée vers le Soleil,
- La Terre est plus près du Soleil,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

Faire un dessin :

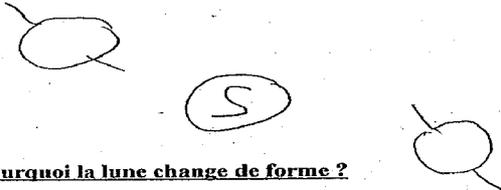


5) Expliquer le phénomène des saisons :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre est plus près du Soleil en été et plus loin en hiver,
- La Terre est penchée vers le Soleil en été et vers l'extérieur en hiver,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

Faire un dessin du mouvement Terre-Soleil :



6) Pourquoi la lune change de forme ?

Evaluation du même élève de CE2 un an après :

4) Expliquer pourquoi la journée est plus longue en été qu'en hiver :

Cocher la bonne réponse : *Eggsen*

- La Terre tourne sur elle-même moins vite en été,
- La Terre est penché vers le Soleil,
- La Terre est plus près du Soleil,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

Faire un dessin :

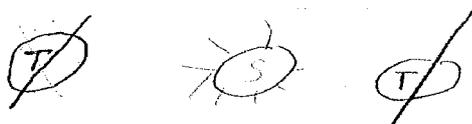


5) Expliquer le phénomène des saisons :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre est plus près du Soleil en été et plus loin en hiver,
- La Terre est penchée vers le Soleil en été et vers l'extérieur en hiver,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

Faire un dessin du mouvement Terre-Soleil :



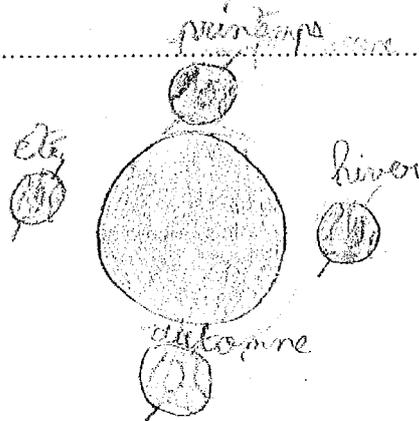
Evaluation d'un élève de CMI trois mois après :

6. Explique le phénomène des saisons :

Coche la bonne réponse :

- La Terre est plus près du Soleil en été et la Terre est plus loin du Soleil en hiver.
- La Terre est inclinée.
- Le Soleil brille plus fort en été.
- Autre réponse :

Dessine le mouvement Terre - Soleil :



7. Pourquoi la Lune change de forme ?

Coche la bonne réponse

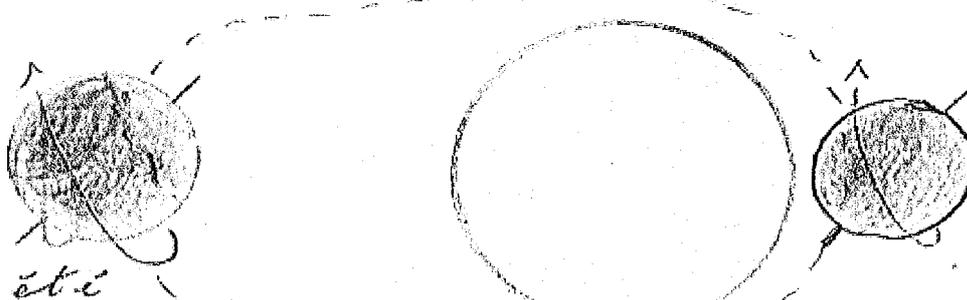
Evaluation du même élève de CMI un an après :

5) Expliquer le phénomène des saisons :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre est plus près du Soleil en été et plus loin en hiver,
- La Terre est penchée vers le Soleil en été et vers l'extérieur en hiver,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

Faire un dessin du mouvement Terre-Soleil :



6) Pourquoi la lune change de forme ?

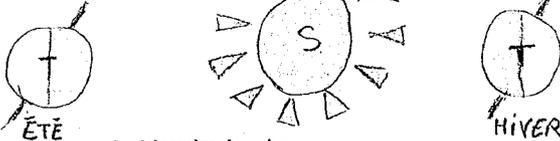
Evaluation d'un élève de CM2 trois mois après :

4) Expliquer pourquoi la journée est plus longue en été qu'en hiver :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre tourne sur elle-même moins vite en été,
- La Terre est penchée vers le Soleil,
- La Terre est plus près du Soleil,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

Faire un dessin :

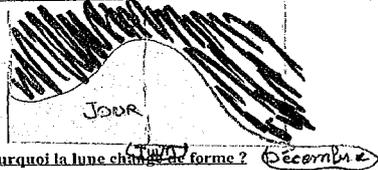


5) Expliquer le phénomène des saisons :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre est plus près du Soleil en été et plus loin en hiver,
- La Terre est penchée vers le Soleil en été et vers l'extérieur en hiver,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

Faire un dessin du mouvement Terre-Soleil :



6) Pourquoi la lune change de forme ? Décembre

Evaluation du même élève de CM2 un an après :

4) Expliquer pourquoi la journée est plus longue en été qu'en hiver :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre tourne sur elle-même moins vite en été,
- La Terre est penchée vers le Soleil,
- La Terre est plus près du Soleil,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

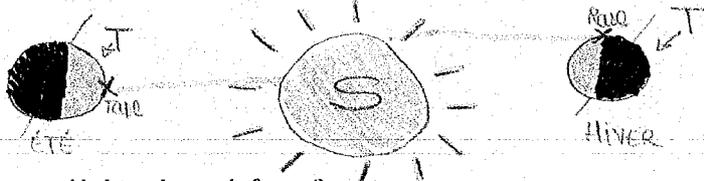
Faire un dessin :

5) Expliquer le phénomène des saisons :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre est plus près du Soleil en été et plus loin en hiver,
- La Terre est penchée vers le Soleil en été et vers l'extérieur en hiver,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

Faire un dessin du mouvement Terre-Soleil :



6) Pourquoi la lune change de forme ?

On constate donc dans ces trois exemples (qui reflètent assez bien la moyenne des bonnes évaluations), une assez grande stabilité de l'acquisition.

IV.1.4.b) Analyse externe :

Rappelons l'hypothèse 2 :

Hypothèse 2 :

De façon cohérente avec ce qui a été développé pages 61 et 62, nous choisissons de faire émerger et de tenir compte des conceptions initiales des élèves afin, à la fois, de les motiver et surtout de les amener à soumettre leur point de vue à l'avis des autres lors de confrontation (conflit socio-cognitif).

Ainsi, on espère un meilleur apprentissage (modification durable des structures cognitives) de la part des élèves que dans le cas d'un enseignement usuel à « dominante transmissive » sans recueils de conceptions ni manipulations.

Comme ce qui est dit page 151, l'écart entre les résultats des évaluations pour les classes repères I et les classes repères II de près de 25 points au bout de trois mois et de 35 points au bout d'un an (pour les deux dernières questions) semblent conforter l'idée que la prise en compte des conceptions initiales des élèves est un facteur d'efficacité non négligeable.

On constate, également, en comparant les résultats des classes repères II (sans modélisation) avec les classes expérimentales (avec modélisation) des écarts dans les évaluations de près de 20 points. On voit bien l'influence positive de l'utilisation de modèles concrets dans l'amélioration de l'efficacité d'une séquence.

Réponse correcte à l'évaluation Année 2001/2002 Moyenne globale Evaluation un an après	Classes repères I Sans recueil de conceptions et sans manipulations (45 élèves) 2 CM1	Classes repères II Avec recueils de conceptions mais sans manipulations (58 élèves) 2 CM1	Classes expérimentales Avec recueils de conceptions et avec manipulations (208 élèves) 3 CE2, 5 CM1, 2 CM2
Evaluation (Durée)	15%	38%	72%
Evaluation (Saisons)	15%	50%	73%

Pour les mêmes questions portant sur les mêmes connaissances sensées être acquises dans les mêmes termes, les écarts sont très importants entre les classes expérimentales et les classes repères.

Mais, le corpus est trop faible (4 classes repères) pour pouvoir se décider complètement même si les résultats restent toujours très évocateurs. Un travail intéressant serait de développer les essais à un nombre beaucoup plus conséquent de classes, professeurs, situations, afin de limiter l'influence des facteurs secondaires non contrôlés. Néanmoins, la comparaison établie peut « donner à réfléchir » (Weisser, 1998).

IV.1.4.c) Quel est l'impact de chaque phase d'une séance sur l'élève selon nos prises d'indices ?

Chaque phase (rappel, recueil, discussion, résolution, structuration) a son importance, c'est pourquoi nous nous sommes attachés à recueillir le maximum de traces écrites et vidéo afin de voir l'évolution de l'élève au cours de la séquence.

Rappelons le squelette des traces écrites des enfants :

⇒ **Rappel de la question** de la séance précédente pour veiller à ce que la notion soit bien acquise (et faire un rappel ensuite).

⇒ Petite introduction orale sur le thème de la séance sans faire trop parler les enfants afin de ne pas « vendre la mèche ».

⇒ **Recueil de représentations initiales** : poser la question de la séance et laisser les enfants répondre individuellement par un dessin et/ou un écrit (**Ce que je pense**).

⇒ **Discussion collective**, on écrit au tableau les différents avis de la classe (quitte à en rajouter artificiellement si la bonne réponse n'est pas présente) et on essaye de trouver un moyen de résoudre le problème.

⇒ **Nouveau recueil** : reposer la question individuellement pour voir l'influence de la discussion (**Ce que je pense après la discussion**).

⇒ **Résolution** : expériences (boussoles), observations, documentations, modélisation (alternance jour/nuit), cela dépend du sujet.

⇒ **Résultat de la résolution** : compte-rendu de résolution individuellement ou par groupe (**Ce que j'ai vu**).

⇒ Discussion collective sur les résultats.

⇒ **Structuration** : collective (**Ce que j'ai appris**).

Ainsi, l'élève se devait, dans les classes expérimentales, de s'exprimer par écrit et par oral tout au long de la séance sur ce qui se passait en classe.

⇒ **Recueil de conceptions** : L'enfant indique ce qu'il pense du sujet a priori, ainsi, on le sollicite sur ses pensées éventuelles et de fait, l'enfant se demande s'il a raison et il prend conscience de sa propre pensée, il l'a « conscientise » (méta connaissance). En règle générale, les élèves s'expriment assez facilement par le dessin ou des phrases sans poser trop de problèmes.

⇒ **Discussion collective** : L'enfant confronte son point de vue à celui des autres. Même si il ne s'exprime pas à l'oral, l'écoute du débat d'idées lui permet de préciser, d'affiner, parfois d'abandonner son point de vue afin d'élaborer son hypothèse. Cette partie est fondamentale dans la mesure où l'enfant est « secoué » par les autres dans son point de vue même si à l'écrit, les enfants ont tendance à déclarer qu'ils gardent leur idée première dans « ce que je pense après la discussion » (ils écrivent souvent « idem »). On peut, donc, s'interroger sur le caractère effectif du conflit socio-cognitif à ce stade étant donné notre prise d'indice (Plé, 1995).

⇒ **Manipulations** : Cette phase est évidemment importante car l'enfant va soumettre son point de vue au principe de réalité, d'où éventuellement cette « fissuration » de sa conception initiale face au concret. D'ailleurs, les réponses à la question « ce que j'ai vu » sont très significatives. Pratiquement 95% des enfants écrivent quelque chose, que ce soit une simple description, une interrogation ou dans le meilleur des cas, une acceptation que sa conception initiale était erronée. C'est pourquoi le compte-rendu de manipulations est très intéressant pour l'enseignant pour voir l'impact de la phase active sur l'évolution du point de vue de l'élève.

⇒ **Structuration** : Elle permet d'institutionnaliser la nouvelle connaissance et ainsi d'éviter que l'élève reste sans réponse à ses interrogations.

A travers les différentes prises d'indices, qu'elles soient orales (audio et vidéo) ou écrites (voir page précédente), il nous semble intéressant d'évoquer quelques descriptions et réflexions sur la structure du discours oral et écrit de l'enfant soumis à une séquence d'enseignement. C'est pourquoi, nous analyserons tout d'abord l'argumentation à l'oral et ensuite à l'écrit.

IV.1.4.c.1) L'argumentation à l'oral :

Ces travaux s'appuient sur des textes écrits dans le cadre d'une recherche INRP sur l'argumentation orale à laquelle l'auteur a pris sa part avec le concours de M. Weisser et M.J. Remigy de l'UHA de Mulhouse, travaux qui devraient faire l'objet d'une publication dans l'Aster No 37.

Les différentes réflexions qui suivent s'appuient sur les différentes retranscriptions exposées lors de la présentation du contenu des séances (des pages 95 à 137).

On distingue deux phases de discussions : avant la résolution (expérimentation, modélisation) et après.

Avant :

Les tournures argumentatives se révèlent plus ou moins complexes.

L'affirmation sans justifications en constitue le degré zéro : « Pour moi, c'est la Lune qui fait la nuit et le Soleil qui fait le jour » (page 111). Aucun argument ne vient étayer ce jugement de fait ; son énonciateur, qui s'engage personnellement : « pour moi », le considère comme allant de soi, comme tellement évident qu'il n'est nul besoin d'indiquer les raisons pour lesquelles il s'impose à tous. Ce cas reste cependant peu fréquent (au cycle III) : l'interaction avec les pairs prend vite la forme d'un conflit socio-cognitif qui pousse chacun à resserrer sa garde, et à essayer de prouver ses dires. Certains énoncés donnent d'ailleurs l'impression que la prise de conscience des arguments se fait « en direct », que la pensée se construit simultanément à son énonciation : « *Au Sud, il y a des pays et il y a des gens et ils ne tombent pas, ils peuvent pas tomber, c'est impossible car ils sont attirés par la Terre* » (page 96). (*affirmation étayée par un argument*).

Mais d'autres formes sont plus construites et montrent de réelles capacités d'écoute chez les élèves. En premier lieu ***la reformulation***.

« *David : Oui, quand il y a un côté de la Terre où il fait jour, l'autre côté il fait nuit, et ensuite c'est ainsi de suite. [...]*

Ophélie : Je suis d'accord avec David, bah, en fait, la Terre, elle tourne en 24h, pendant 12h il y a le Soleil d'un côté puis ensuite de l'autre côté. » (page 108).

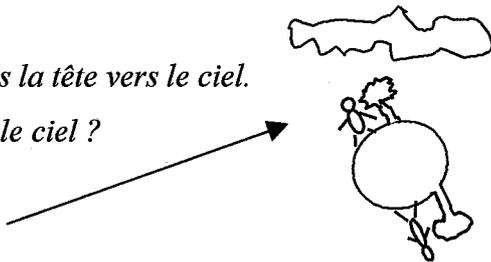
Ophélie marque explicitement son accord avec David, elle n'éprouve aucun problème d'amour propre à s'engager à sa suite dans la même direction : le conflit socio-cognitif a bien un but cognitif, les échanges ne visent pas à établir un leadership, à fabriquer une image de soi dominatrice. Ophélie montre qu'elle a compris la proposition en ce qu'elle la paraphrase et la complète efficacement.

La réfutation marque une étape suivante, quand elle est argumentée et ne vise donc pas la personne mais seulement l'opinion qu'elle vient d'avancer :

Jordan : *Moi je ne suis pas du tout d'accord avec la ③ parce que la Terre tourne et on a pas la tête en bas !*

On a toujours la tête vers le ciel.

M : *Il est où le ciel ?*



Jordan : *Là*

La classe : *N'importe quoi !! Et les Australiens ?*

Jordan : *Alors, je suis d'accord que l'autre en bas a la tête en haut mais ils doivent être dans la Terre , le ciel est en haut, c'est plutôt la ②.*

Romain : *Je ne suis pas d'accord avec Jordan car les gens ne peuvent pas être dans la Terre » (page 97).*

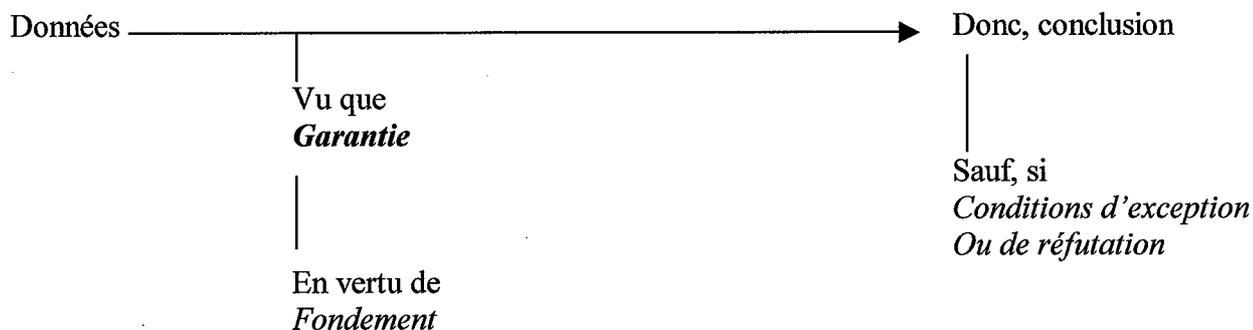
Romain semble dire : « j'ai bien compris ton argument qui dit que les gens sont dans la Terre, pourtant, je maintiens mon affirmation car pour moi les gens ne peuvent pas être dans la Terre. »

D'autres tournures, comme la *spécification* (on explicite son argument), se rencontrent au fil des discussions :

Charlène : *Moi je suis pas d'accord avec Nicolas, parce que si la Terre tourne autour du Soleil sans tourner sur elle-même eh bien il ferait jour tout le temps du même côté (page 109).*

Les phrases de Charlène sont un modèle du genre : marque d'engagement (« Moi, je ... »), position argumentée (« parce que si eh bien »), spécification (« eh bien il ferait »).

De fait, nous nous proposons d'utiliser ces deux répliques pour approfondir notre réflexion sur l'argumentation orale en passant des types d'arguments utilisés à un modèle plus complexe, celui de Toulmin (1958). En voici le schéma général :



Ce nouvel outil d'analyse nous suggère un autre mode de classification des énoncés argumentatifs : non plus selon leur forme (affirmation étayée ou non, reformulation, réfutation, spécification, etc.), mais selon leur fondement. En effet, il semble pertinent de se demander sur quoi s'appuie à chaque fois la légitimité des arguments avancés. C'est donc la question des **garanties** qui se pose dès lors.

Notre analyse des retranscriptions nous a permis d'en identifier quatre :

- ⇒ Garanties logiques.
- ⇒ Garanties empiriques.
- ⇒ Garanties fondées sur l'expertise.
- ⇒ Garantie fonctionnalistes.

⇒ Garanties logiques :

En se fondant sur des règles couramment admises, l'élève essaye de deviner, d'inférer plutôt, ce qui va se produire. C'est sa seule réflexion, sans apport d'informations extérieures, qui va lui permettre de pronostiquer des phénomènes nouveaux :

Grégoire : *L'aimant attire les gens, c'est ce qui fait qu'on ne peut pas tomber.*

M : *Alors, c'est laquelle ?*

Grégoire : *J'avais dessiné la ① mais maintenant je pense plutôt que c'est la ③.*

Benjamin : *Oui, mais, tu le mettrais où l'aimant ? Dehors ou dedans ?*

Grégoire : Dedans, au centre.

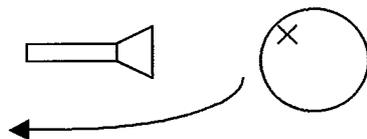
Benjamin : Oui au centre de la Terre ? Donc, ils nous attirent pour pas qu'on décolle, donc les astronautes qui sont super loin ça aimante pas, ça n'aimante plus ? (Page 96).

Dans ce cas, c'est l'idée de seuil qui est mise en avant : à partir d'une certaine valeur (distance dans le cas des astronautes : « super loin »), le phénomène ne se produit plus. Et c'est bien la négation *en plus* qui marque le passage de la linéarité à la discontinuité (même si le rapprochement de ces deux termes est quelque peu incorrect).

⇒ Garanties empiriques :

L'élève se réfère à des expériences ou modélisations passées ou présentes puisées dans son vécu personnel, scolaire ou extra-scolaire, et qu'il considère comme pertinentes eu égard au thème de la discussion :

Benjamin : Regarde, là la croix elle est éclairée, il fait jour, elle est toujours vers le maître et là elle tourne autour de la lampe, elle commence à devenir noire, c'est la nuit (il montre à Jordan).



Jordan : Ok, d'accord (page 113).

⇒ Garanties fondées sur l'expertise :

Nathan1 : C'est la solution 2, parce que sur une carte chez moi j'ai fait les bonhommes à l'intérieur et pas sur la surface, c'est à l'intérieur (page 95) , maman me l'a dit (classe CP en 2001), Thiebault : On peut regarder dans les documents, on peut voir ce que disent les astronautes (Page 110).

Il s'agit dans la majorité des cas d'un apport d'information, d'un argument d'autorité, mais qui a plutôt tendance à bloquer la compréhension des *raisons* du phénomène : c'est comme cela, alors je n'ai pas à me demander *pourquoi* il en est ainsi. Afin de court-circuiter ces garanties qui closent la conversation, il est sans doute judicieux d'enchaîner les phases de discussion, de clarification des hypothèses, de résolution (expérience, modèle, etc.) lors de la séquence de sciences.

On peut remarquer, et cela pourrait paraître étonnant, que ce type de garanties est relativement peu présent dans le discours d'un élève de cycle III. La référence à un membre de la famille ou à un expert quelconque est rarement utilisée même si elle n'est pas inexistante.

⇒ Garanties fonctionnalistes :

Grégoire : Mais ça peut pas marcher, parce que si le Soleil tourne, la Lune peut pas tourner (Page 113).

Gars2 : Pour moi, c'est la Lune qui fait la nuit, et le Soleil fait le jour (Page 111).

La Lune est là, c'est qu'elle doit bien servir à quelque chose. En effet, on attribue, à tort, un rôle à un astre qui est il est vrai plus visible la nuit que le jour et cet état de fait pousse l'enfant à donner une signification à cette présence. C'est présent, donc, cela doit servir, même si on ne comprend pas trop pourquoi. Ainsi, les enfants acquièrent parfois des compétences tout au plus pragmatiques.

Les arguments soutenus par ces garanties n'ont pas la même force de conviction. En particulier, ceux qui se fondent sur des faits expérimentaux passés n'emportent pas automatiquement l'adhésion de la classe : ils sont considérés au même titre que les conclusions obtenues par la voie logique (même quand elle s'appuie sur des lois scientifiquement inappropriées), les élèves faisant ensuite le tri en rejetant ce qui leur semble le plus surprenant, le plus en contradiction avec leurs représentations propres, plutôt que ce qui n'est pas prouvé.

C'est pourquoi, il est nécessaire de soumettre les différentes hypothèses évoquées aux tests de l'expérimentation, de la modélisation, de l'observation ...

On peut également faire un travail sur ce qu'est une phrase explicative en travaillant la structure : « données – connecteur logique- conclusion » en appliquant la méthode comparative selon Britt-Mari Barth (1987), en mettant en regard différents types de phrases selon une démarche devenue relativement classique, à présent.

Après ou lors de la résolution : Interprétation du perçu

Confrontés à un problème que leurs connaissances actuelles ne suffisent pas à résoudre, les élèves ont besoin de trouver des informations complémentaires. Un certain nombre de voies d'accès s'offrent à eux dans le domaine scientifique : l'expérimentation (lorsque le phénomène est reproductible en classe), la modélisation (lorsque le phénomène n'est pas directement perceptible à l'échelle humaine), l'observation (les mouvements du Soleil par exemple), le recours à l'expert (lorsque les autres voies sont inexploitable : documentation, diapositives, ...) pour lui donner un sens : mais informer n'est pas former. Ce qui justifie la nécessité de renouveler la discussion.

Il n'est pas besoin de reprendre à son propos toute l'analyse précédente, mais simplement de pointer ce en quoi elle diffère de la phase de discussion post recueil de conceptions.

Deux points sont à souligner au niveau des types d'arguments auxquels font appel les élèves. Tout d'abord, lors de la mise en commun des résultats obtenus par les différents groupes durant les manipulations, ce sont les **affirmations avec preuves**, les marques d'accord qui prédominent. Ensuite, au moment de l'élaboration d'une interprétation commune, de la rédaction collective de la trace écrite, on observe plutôt des comportements de restriction, de **spécification**.

Du point de vue des garanties, on trouve une prédominance de *l'empirique*, comme on s'en serait douté : les informations sur lesquelles la classe s'accorde sont d'origine expérimentale ou manipulatoire. Elles sont ensuite réunies sous un genre commun par une explication, par l'induction de régularités plus abstraites. Ce second mouvement s'apparente à l'argumentation logique, mais s'applique à présent à des faits et non à des énoncés comme précédemment. Les garanties fonctionnalistes ou fondées sur un expert sont moins présentes.

Lors de cette discussion, on peut remarquer qu'elle est parfois très brève, tant la manipulation impose un modèle explicatif plutôt qu'un autre. L'évidence du perçu « balaye » certaines hypothèses. C'est le cas par exemple des séances sur la gravitation ou l'alternance jour/nuit.

En revanche, lorsque le perçu doit être interprété afin de répondre à la question, comme dans les questions sur la variation de durée des jours et des nuits et sur les saisons, la discussion est encore vive car il reste **un effort mental** à faire pour faire le lien entre l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre et la durée des jours et la température alors que dans le cas de l'alternance jour/nuit, le modèle concret s'impose de lui-même.

Ainsi, il arrive que l'hypothèse de distance entre le Soleil et la Terre ne soit pas abandonnée aussi facilement, on se doit de préciser le perçu lors des modélisations, expérimentations afin de montrer les contradictions avec l'idée de distance.

On voit donc bien que la complexité du concept à comprendre, à expliquer, influe sur la capacité des enfants à interpréter convenablement le perçu et c'est pourquoi on constate encore des écarts dans les évaluations sur l'alternance jour/nuit et les questions sur la durée ou les saisons.

Le rôle de l'enseignant est donc de proposer des manipulations intermédiaires afin de rendre le perçu plus facilement interprétable (expériences sur inclinaison et durée, inclinaison et température).

IV.1.4.c.2) Argumentation à l'écrit :

Remarques inspirées de l'article de C.Durnerin et A Robert (Durnerin et Robert,1988)

Comme il a été écrit plusieurs fois dans ce document, nous avons demandé aux élèves de s'exprimer par écrit de nombreuses fois :

**Cahier
d'élève**

Titre de la leçon	
Nom de l'enfant	1) Rappel
ce que je pense	2) Question du jour (dessin et phrases)
ce que je pense après la discussion	3) Question du jour
ce que j'ai vu	4) Compte-rendu d'obs, exp , doc, mod
ce que j'ai appris	5) Réponse trouvée par la classe à la question

Ainsi, notre objectif était de voir l'évolution de la pensée de l'élève lors des différentes phases (rappel, recueil, discussion, compte-rendu, structuration).

Peut-on établir des catégories de textes qui seraient susceptibles de nous renseigner sur le niveau psycho-cognitif de l'élève ? Quel est l'impact de l'écrit post recueil comparé à l'écrit post modélisation ? Quelle est la structure de ces écrits (descriptif, argumentatif, explicatif, affirmatif, etc ...) ?

Autant de questions qui peuvent nous indiquer si ils se trouvent des points « nodaux » où l'enfant « basculerait » d'un point de vue à un autre en fonction de son développement cognitif.

Recueil de conceptions :

Les textes et dessins sont fréquemment affirmatifs et descriptifs, les enfants ne ressentant pas le besoin d'expliquer ou d'argumenter. (voir les productions d'élèves pages 86 à 146)

Après la première discussion :

Les enfants « campent » pour une très large majorité des cas sur leurs conceptions et écrivent « **Idem** » ou rien en général. Rares sont les enfants qui changent de point de vue. Donc, difficile de voir l'impact de la discussion sur leurs conceptions, ce qui ne signifie pas qu'il n'y en a pas, mais le basculement ne s'est pas encore opéré ou l'enfant hésite encore à se contredire.

Après les manipulations et avant structuration:

C'est ici que l'on constate une plus grande richesse des textes car ils doivent confronter leurs pensées initiales au phénoménal et ils se sentent donc déstabilisés.

C'est pourquoi, il nous semble intéressant d'exposer les catégories de C. Durnerin et A. Robert :

Face à un phénomène physique, les enfants réagissent de manière très différente et c'est ce qu'ont montré C. Durnerin et A. Robert dans ce tableau récapitulatif :

(Attention ce tableau correspond à des élèves de cinquième)

	Démarche d'explication	Type de texte produit	Mode de gestion de l'écriture
Groupe 1	Les élèves ne sont pas capables d'évoquer un modèle utile. Défaillance de l'interaction situation / connaissances	Les élèves vont se contenter de décrire ce qu'ils voient. Ils donnent à leur texte une organisation qui est celle de la chronologie des faits	On peut constater que ces élèves écrivent pratiquement tout le temps. Ils n'ont pas besoin des moments d'arrêts qu'impose la confrontation situation/modèle
Groupe 2	Dans ce groupe, les élèves ont évoqué un modèle, mais ce modèle est : <ul style="list-style-type: none">- soit insuffisant pour rendre compte de la situation- soit simplement évoqué et les élèves ont des difficultés pour le réaménager et pour l'adapter à la situation particulière	La « descriptivité » des textes reste importante. Cette « descriptivité » est symptomatique de l'insuffisance du modèle. Le modèle est simplement juxtaposé localement à une vision des faits encore largement réduite à la description de ce qui se passe	Pour ces élèves, la gestion de l'écriture fait apparaître des temps de planification, mais surtout des temps de relecture. Les auteurs s'interrogent-ils sur l'effet explicatif de leur texte, en ressentant-ils les insuffisances.

	Démarche d'explication	Type de texte produit	Mode de gestion de l'écriture
Groupe 3	Dans ce groupe, le modèle utile est évoqué, mais les sujets ont du mal à produire une réorganisation des connaissances qui soit parfaitement opératoire dans le cas particulier de l'explication à fournir.	Le texte a un caractère nettement explicatif. Mais les difficultés ressenties par les auteurs à articuler le modèle et le réel se traduisent par une structure et des articulations de l'explication qui ne sont pas entièrement cohérentes.	Ces textes sont produits au terme d'une gestion qui montre une augmentation significative des opérations de planification, de relecture et de correction. Il faut certainement y voir une recherche de cohérence par mise en relation fréquente du réel et du modèle
Groupe 4	Dans ce cas, les élèves sont non seulement capables de sélectionner le modèle utile, mais aussi d'y opérer les réaménagements de connaissances qui le rendent approprié à la situation.	Le texte produit est purement explicatif. Il oublie le référent empirique (ne comporte que peu de description). Il consiste en une interprétation des faits à la lumière du modèle. Le texte fait ressortir les pertinences de la mise en relation réel/modèle.	Ici, la gestion de l'écriture suggère que les auteurs ont une réelle maîtrise de la situation qu'ils peuvent procéder, tout en écrivant, aux autres opérations de gestion et de régulation du texte. Ce sont des experts.

Sachant que ce tableau a été élaboré pour décrire les écrits d'enfants de cinquième, comme on le constate, certaines catégories (groupe 4, par exemple) semblent plus difficiles à rencontrer pour des enfants de cycle III, mais cela permet de donner une base à l'analyse des écrits des enfants.

Est-ce que les textes des enfants de cycle III se retrouvent dans ces catégories ?

Nous avons choisi de présenter les textes écrits par les enfants après les ateliers tournants dans la séance sur les saisons, avant la structuration. Pourquoi la séance sur les saisons ? Parce qu'elle est suffisamment complexe d'un point de vue conceptuel et parce que les élèves ont l'occasion d'expérimenter plusieurs fois (trois fois) afin de faire un lien entre axe incliné et saisons.

Donc, on s'attend, d'après C. Durnerin et A. Robert (Durnerin et Robert, 1988), à trouver quatre types de textes : du descriptif pur à l'explicatif pur. Est-ce le cas ?

Groupe 1 :

Elève de CM2

Thermomètres

Ce que j'ai vu : Que si on exposait les thermomètres à un spot pendant cinq minutes les degrés monte. J'ai vu que si on met la photo pile à un projecteur le moteur tourne vite mais si on le mais pencher sa tourne moins vite et si on l'éloigné sa tourne presque plus. J'ai vu que si on metait la lampe de poche debout s'est plus éclairer que si on la penche c'est beaucoup moins éclairer

Elève de CM1

Ce que j'ai vu : J'ai vu que les thermomètres chauffent plus quand on les mettait 5 minutes penchés et si on les met à plat il arrive de chauffer.

On le voit bien, les élèves se contentent de décrire une ou plusieurs expériences sans faire le lien avec l'inclinaison de l'axe ou les saisons. Cela correspond bien au groupe 1 telle qu'il est décrit précédemment par C. Durnerin et A. Robert . Il n'y a pas d'argumentation.

Groupe 2 :

Elève de CM2

Ce que j'ai vu : J'ai vu qu'avec la lampe de poche
la première était plus chaude que la deuxième. La
deuxième était froide et la première chaude.....
c'est comme l'hiver et l'été. J'ai vu qu'avec.....
le thermomètre c'est comme l'hiver et l'été...
le thermomètre à plat c'est l'hiver et le thermomètre
penché c'est l'été.

Elève de CM1

Ce que j'ai vu : qu'on peut mesurer la température avec
une lampe de poche, diaporama, spot c'est les saisons.....

On constate qu'un lien est fait entre les expériences et les saisons mais l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre n'est pas évoqué. C'est donc un « mieux » par rapport au groupe 1 mais il est nécessaire aux enfants d'approfondir les résultats des expériences.

Groupe 3 :

Elève de CM1

Ce que j'ai vu : J'ai vu que grâce à des expériences
j'ai constatées qu'à des endroit à la lumière...
il faisait plus chaud et à d'autre endroit...
il faisait plus froid ce qui nous a permis de
comprendre les saisons, avec.....

L'élève parle des saisons et de l'axe, mais cela n'est pas très clair.

Groupe 4 :

Elève CM2

Ce que j'ai vu : J'ai vu quand l'axe
comme ça  on est en été et quand
l'axe est penché comme ça  on
est en hiver.

Elève de CM1

Ce que j'ai vu : j'ai vu que pour l'été l'axe sera penché...
vers (le soleil) et quand l'axe sera penché...
vers l'extérieur et j'ai vu quand l'axe sera penché...
est plus proche du soleil et en été est plus éloigné

Le lien entre l'axe de rotation et les saisons est établi, les expériences sont reléguées au second plan.

On remarque que plus la compréhension du phénomène est forte, plus la description des expériences est secondaire dans l'esprit des enfants (à noter que sur les feuilles d'expériences, on demande déjà aux enfants de décrire ce qu'il s'est passé, voir pages 142-146). Les enfants du groupe 4 vont à l'explicatif pur alors que ceux du groupe 1 sont dans la description pure. Ceci confirme donc les catégories évoquées par C. Durnerin et A. Robert (Durnerin et Robert, 1988).

Comme on s'en doute, chez les enfants de cycle III, ce sont les groupes 1 et 2 qui sont très majoritaires et rares sont les enfants qui ont assez de recul pour s'attacher à l'essentiel sans l'aide de l'enseignant quand il s'agit de comprendre un phénomène aussi complexe que les saisons. Toutefois, si les enfants ne changent pas trop d'avis après la discussion suivant le recueil de conceptions, ils sont bien plus déstabilisés après les manipulations et c'est pourquoi ils s'expriment plus. La structure et le contenu de l'écrit change donc en fonction du moment de la séance comme c'est le cas à l'oral. Là, encore, les garanties empiriques ont une forte influence.

Dans leur texte, C. Durnerin et A. Robert (Durnerin et Robert, 1988) propose d'améliorer la qualité des textes (passer du groupe 1 au groupe 4) en favorisant la méta cognition des enfants en leur proposant des outils les poussant à classer, réfléchir, etc ...

Je repère le savoir et je retrouve les idées importantes	J'énonce le but de l'expérience	J'établis la liste : - des actions - des faits - des idées	Je fais le schéma/squelette du texte	J'articule les différentes parties de la liste grâce à des connecteurs
--	---------------------------------	---	--------------------------------------	--

C. Durnerin et A. Robert (1988)

Cette opération n'a pas été effectuée dans notre recherche qui ne s'intéressait qu'à l'écrit que comme prise d'indices au cours de la séquence.

Cependant, il nous semble important de travailler cet aspect en parallèle à l'avenir afin de favoriser chez l'enfant ses capacités à analyser, observer, tirer des conclusions à partir des expériences, observations et modélisations. Britt–Mari Barth (Britt–Mari Barth, 1987) propose à propos de l'écrit, une méthode permettant à l'enfant de rentrer dans l'abstraction via des études comparatives : par exemple, en exposant les différents types de productions écrites des élèves et en identifiant les points communs et les différences pour construire le concept de « phrase argumentative » quant à sa structure et à son emploi.

En résumé :

On remarque que la nature de la production écrite et de l'argumentation tant orale qu'écrite change en fonction de la phase (recueil, discussion, compte-rendu d'expérience) de la séquence.

On constate notamment que le basculement cognitif de l'élève peut s'opérer lors de la discussion après le recueil de conceptions (Hypothèse II) mais le corpus recueilli ne permet pas de l'affirmer dans la mesure où les enfants **gardent souvent la même idée à l'écrit** (« idem »), même après interviews, ce qui ne signifie pas pour autant qu'ils ne soient pas bousculés par les avis divergents de leur camarades, mais on ne le remarque pas forcément à ce moment-là.

En revanche, l'étude du corpus (traces écrites et argumentation orale) après la phase de **manipulation montre de nombreux basculements** (quasiment 95% d'enfants qui s'expriment) d'une conception erronée vers une connaissance plus correcte, ce qui conforte l'hypothèse III sur l'importance de l'action et le diagramme théorique page 61, et montre que le savoir ainsi construit n'a rien d'une mémorisation d'une leçon bien apprise.

Concernant l'hypothèse I sur le développement cognitif de l'enfant, on constate que les enfants égocentrés (stade IIb/IIIa) argumentent beaucoup moins bien (ils ne s'expriment pas ou les arguments sont « farfelus ») qu'un enfant au stade IIIb, ce que confirment les « chemins cognitifs » aux paragraphes IV.2.1) et IV.2.2).

De plus, la séquence, par sa nature même, semble pousser l'enfant à « mieux » argumenter que ce soit à l'écrit ou surtout à l'oral. Mais là aussi, un travail de remédiation spécifique doit être mis en place à travers l'étude de ce qu'est une phrase argumentée (Toulmin, 1958).

IV.2) Aspects psycho-cognitifs :

Nous avons vu que faire une séquence telle quelle est décrite dans les classes expérimentales semblait plus efficace qu'une séquence comme celles des classes repères I et II.

La question qui se pose maintenant est de savoir quels sont ces enfants qui réussissent ou qui sont en échec par rapport à la séquence ?

Peut-on trouver un moyen de définir un profil cognitif d'un enfant qui réussit comparé à un enfant en échec : quels tests, quels parcours le long de la séquence pourraient nous aider à fournir une « carte d'identité » de l'enfant susceptible de réussir ou d'échouer et ainsi élaborer éventuellement des situations de remédiations pour les élèves en difficulté.

C'est pourquoi, nous nous sommes intéressés au parcours des enfants le long de la séquence dans les classes tests à travers leurs conceptions initiales afin de voir leur évolution le long de l'enseignement et ainsi identifier des groupes d'enfants.

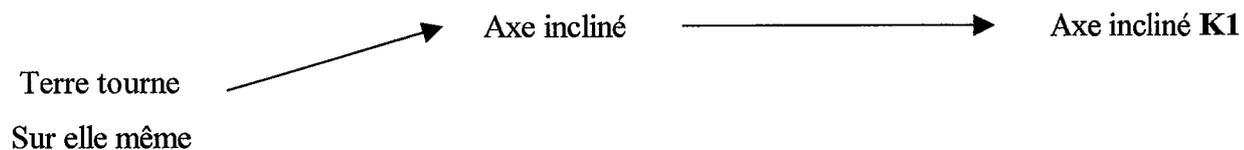
De plus, nous avons fait passer trois tests piagétiens (voir pages 18 à 23) sur l'espace projectif, la conservation du poids et la classification à chaque enfant afin de déceler le niveau du développement cognitif de l'élève et le lien éventuel avec la réussite à la séquence.

Parlons d'abord des parcours :

Dans les pages suivantes, on trouvera l'évolution des élèves le long des séances à partir de la séance jour/nuit. On les a classés par classes et par numéro. Ainsi « K1 » correspond à l'enfant numéroté 1 de la classe de CM2 de Martine Kempf, ainsi sont présentés les parcours des classes tests 1999-2001 et 2001-2002.

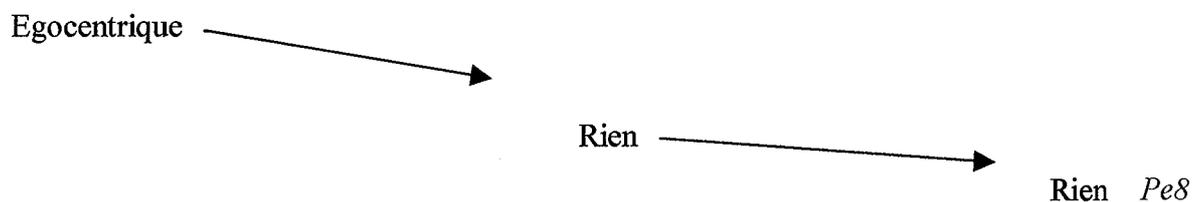
Pour faciliter la lecture de ces diagrammes, prenons par exemple l'élève K1, la couleur rouge en gras correspond au fait qu'il est en CM2, il a répondu à la question jour/nuit « que la Terre tourne sur elle-même », à la question durée « que la Terre est inclinée » et enfin à la question sur les saisons « que la Terre est inclinée ».

Ainsi on obtient :



De même si on prend l'élève *Pe8*, donc élève de CE2 (couleur bleue et en italique), chez Mme Petersen, il a répondu à la question jour/nuit « que la nuit c'est fait pour dormir, le jour pour aller à l'école » (égocentrique), il n'a pas répondu à la question sur la durée, ni sur les saisons.

Ainsi, on obtient :



NB : la notation « ? » signifie incompréhensible.

IV.2.1) Chemins cognitifs 1999/2001

1) Alternance
Jour/Nuit

2) Variation	3) Saisons	Elèves	Nbre
Axe Incliné → Axe incliné		J10 K1 M8 Ve19	4
Axe Incliné → Distance		K26 Ve24	2

Distance → Axe incliné		J1-13 K3 R7	4
Distance → Distance		K4-16 Fa7	3

*Terre tourne sur
elle-même*
56/226

Vitesse de rotation change → Axe incliné		K6 Pe20 Ve10	3
Vitesse de rotation change → Distance		Di7 Pe16 Ve9-14	4
Vitesse de rotation change → Rien		Di8 Fa22	2
Vitesse de rotation change → Variation de lumière		We 17	1

? → Axe incliné		J2 K21	2
? → Distance		K17	1
? → Variation lumière		Ve7-13	2
? → Rien		R17	1

Rien → Axe incliné		K20 Pe7	2
Rien → Distance		J11 T3	2
Rien → Rien		Ve3-8-23 Pe12 Fa1-2-8-9-10-12 15-19-21-25 K10-12-18-24-25 T13 Di2-3-11	23

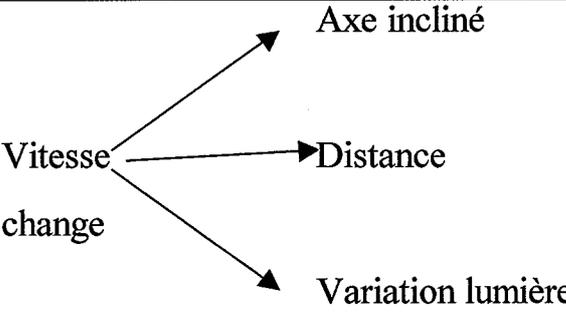
En rouge et en gras : CM2, en noir : CM1 et en bleu et en italique : CE2

Alternance Jour/Nuit	Variation	Saisons	Elèves	Nbre	
Terre tourne 59/226	Axe Incliné →	Distance	R2 Ve25	2	
	Distance	↗	Axe incliné	T14 M2	2
		→	Distance	J12 R24	2
	Vitesse change	↗	Axe incliné	J9 K7 Ve6	3
		↘	Distance	J8 Pe14	2
		→	Variation de lumière	W1 J20 M1 We3 Di5	5
		↘	?	J3	1
	?	↗	Axe incliné	T6 M9	2
		→	Distance	T4	1
		↘	Rien	We6 Pe6 Ve17	3
↘		Variation de lumière	M13 We19 Fa20	3	
Rien	↗	Axe incliné	J4 R4-13 M23 Pe11-17	6	
	→	Distance	T2-12 R12	3	
	↘	?	T8-21 R11-16	4	
	↘	Rien	J6 K5-8-9-11-13-14-15- 19-22 T11-19 R19-23 M20 Di12-13 Fa3-5-6	20	

En rouge et en gras : CM2, en noir : CM1 et en bleu et en italique : CE2

Alternance Jour/Nuit	Variation	Saisons	Elèves	Nbre
Soleil tourne 46/226	Axe Incliné →	Axe incliné	K2	1
	Distance →	Axe incliné	Fa14	1
		Distance	W5 T1-20 M12-19	5
		Variation de lumière	J5 We7	2
	Vitesse change →	Axe incliné	<i>J7 Pe10</i>	1
		Distance	W3 Di5	2
		Variation de lumière	J18 We14 Ve16	3
		Rien	<i>R6-15 Di4</i>	3
	? →	Axe incliné	<i>R14</i>	1
		Distance	J14	1
Variation de Lumière		We5	1	
?		W4 M7-18 We4-9-10-18 Di6	8	
Rien →	Axe incliné	J17 R9 M4 <i>Pe3-9</i>	5	
	Distance	R26 Fa23 <i>Pe13</i>	3	
	?	J21	1	
	Rien	J19 R10-21 We12 <i>Ve15-18 Di14-17</i>	8	

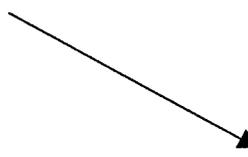
En rouge et en gras : CM2, en noir : CM1 et en bleu et en italique : CE2

Alternance Jour/Nuit	Variation	Saisons	Elèves	Nbre
	Axe Incliné			
	Distance			
<i>La Lune cache Le Soleil 5/226</i>	Vitesse change	 Axe incliné Distance Variation lumière	Fa13 K4-23 <i>Pe15</i>	1 2 1
	?	?	W2	1
	Rien			

En rouge et en gras : CM2, en noir : CM1 et en bleu et en italique : CE2

Alternance Jour/Nuit	Variation	Saisons	Elèves	Nbre
La Lune est là 26/226	Axe Incliné → Distance		J15	1
	Distance			
	Vitesse change	Distance	Fa16	1
		Variation de lumière	M10	1
		Rien	Fa11	1
	?	Variation de lumière	We8	1
		?	T18 We2-15	3
		Rien	T22	1
	Rien	Axe incliné	<i>R1</i> Ve21	2
		Distance	M21	1
	?	<i>R20</i> T17 <i>Ve1-12</i> <i>Pe1</i>	5	
	Rien	<i>R3</i> T7-9-15-23 M15 Fa4-17-21	9	

En rouge et en gras : CM2, en noir : CM1 et en bleu et en italique : CE2

Alternance Jour/Nuit	Variation	Saisons	Elèves	Nbre	
Un nuage <i>cache</i> Le Soleil 5/226	Axe Incliné				
	Distance				
	Vitesse change				
	?		Rien	T5 Di1	2
	Rien		Variation de lumière	M5	1
		Rien	M6 Pe5	2	

En rouge et en gras : CM2, en noir : CM1 et en bleu et en italique : CE2

Alternance Jour/Nuit	Variation	Saisons	Elèves	Nbre
Egocentrique 20/226	Axe Incliné			
	Distance			
	Vitesse change	Axe incliné	Ve2	1
	?	?	J22 M22 We1-11-13-16 Di9-10-16	9
	Rien	Axe incliné	Pe18	1
	Rien	Rien	Ve4-11-22 Pe2-4-8-19 M3 Fa18	9

En rouge et en gras : CM2, en noir : CM1 et en bleu et en italique: CE2

Alternance Jour/Nuit	Variation	Saisons	Elèves	Nbre
RIEN 9/226	Axe Incliné			
	Distance			
	Vitesse change			
	?	→ ?	M11-17	2
	Rien	→ Axe incliné → ? → Rien	J16 M14 R25 T10-16 R18 M16	2 1 4

^ Fa : classe de CM1, Fallacara,

^ Di : classe de CM1, Diener, ^ Pe : classe de CE2, Petersen ^ W: classe de CM1, Weisser

^ R : classe CE2/CM1, Rogez ^ M : classe de CM1, Mattern ^ T : classe de CM1, Tiziani

^ J : classe CM1, Jegoux ^ K : classe de CM2, Kempf ^ Ve : classe de CE2/CM1, Verpillat

IV.2.2) Chemins cognitifs 2001/2002

1) Alternance Jour/Nuit	2) Variation	3) Saisons	Elèves	Nbre	
Terre tourne sur elle-même 57/201	Axe Incliné	Axe incliné	AS3 JV5	2	
		Distance	JV10	1	
	Distance	Axe incliné	EB10	1	
		Distance	JFB20 EB3 AS11 <i>JN19</i>	4	
		Variation lumière	<i>JN16</i>	1	
	Vitesse de rotation change	Axe incliné	JFB7 CB18	2	
		?	Axe incliné	JFB2-6-16	3
		?	Distance	CL9-11-23 AD1 JV8	5
		?	Rien	AS8 JV11	2
	Rien	Axe incliné	JFB5-9 EB11 CB2 AD15-24	6	
		Distance	EB17 <i>AS12</i> CB4-13	4	
		?	CB9	1	
		Rien	CL10-14-16 JFB14-21 EB4-8-22 AS6 CB1-11- 16 AD5-6-7-15-18-22 JV2-7-12-14-15-20-21	25	

En rouge et en gras : CM2, en noir : CM1 et en bleu et en italique: CE2

Alternance Jour/Nuit	Variation	Saisons	Elèves	Nbre
Terre tourne 60/201	Axe Incliné →	Axe incliné	JV3	1
	Distance →	Distance	CL21 AD10 <i>JN8</i>	3
		?	<i>ME6</i>	1
	Vitesse change →	Variation de lumière	<i>ME3</i>	1
		?	EB6-18 <i>ME11 AS10</i>	4
?	Axe incliné	JFB19 JV24	2	
	Distance	CL4-19	2	
	Variation de lumière	<i>ME14</i>	1	
	Rien	<i>JV1-19</i>	2	
Rien	Axe incliné	JFB4 EB2 <i>AS4 AD8</i>	4	
	Variation lumière	AS2	4	
	Distance	CL2 EB7-9-20 CB14 JV9	6	
	?	EB19 <i>ME8 CB5</i> AD9-12 JV4-13	7	
	Rien	CL5-17 JFB1-11 <i>ME4-15-20 AS6-7</i> AS7 CB3-6-12-19 AD13-16-17-21-23 JV17-22 <i>JN11</i>	22	

En rouge et en gras : CM2, en noir : CM1 et en bleu et en italique: CE2

Alternance Jour/Nuit	<i>Variation</i>	<i>Saisons</i>	Elèves	Nbre
Soleil tourne 29/201	Axe Incliné			
	Distance			
	Vitesse change	→ Variation de lumière	<i>ME9</i>	1
		→ Rien	CL6	1
	?	→ Axe incliné	CL7	1
		→ Distance	AS4	1
		→ Variation lumière	EB13	1
		→ ?	AS5	1
		→ Rien	AD19	1
	Rien	→ Axe incliné	EB5 <i>JN13</i>	2
→ Distance		CL13 JFB24 AS1 CB20	4	
→ Variation lumière		<i>ME16 CB8</i>	2	
→ ?		<i>AS11-13 CB10</i>	3	
→ Rien		CL22 JFB22-23 EB21 <i>ME1 AS10</i> AS7 AD2-3-4-20	11	

En rouge et en gras : CM2, en noir : CM1 et en bleu et en italique: CE2

Alternance Jour/Nuit	Variation	Saisons	Elèves	Nbre
<i>La Lune cache le Soleil</i> 6/201	Axe Incliné			
	Distance			
	Vitesse change			
	? →	Distance	EB1	1
	Rien	Axe incliné	JFB12	1
Distance		JFB3-10	2	
Rien		CL20 JFB17	2	

En rouge et en gras : CM2, en noir : CM1 et en bleu et en italique: CE2

Alternance Jour/Nuit	<i>Variation</i>	<i>Saisons</i>	Elèves	Nbre
La Lune est là 3/201	Axe Incliné			
	Distance			
	Vitesse change			
	?			
	Rien			CL3
			EB15 AS9	2

En rouge et en gras : CM2, en noir : CM1 et en bleu et en italique: CE2

Ainsi, après avoir constaté dans les aspects didactiques, l'importance de l'émergence, de la prise en compte des conceptions initiales et de la modélisation sur les résultats aux évaluations, il nous semble fondamental de nous poser la question de ce qui pourrait être également à l'origine de la réussite ou de l'échec d'un élève par rapport à la séquence du point de vue des compétences logico-mathématiques au sens piagétien.

En résumé : on pense que tenir compte des conceptions initiales, les faire se confronter au réel est important pour qu'un enfant progresse.

Peut-être qu'un travail préalable ou parallèle sur les compétences logico-mathématiques pourraient amener davantage d'élèves encore à atteindre les objectifs de la séquence.

Rôle des compétences logico-mathématiques :

Rappelons les compétences logico-mathématiques qui sont censées être acquises par la majorité des élèves au Cycle III :

D'un point de vue cognitif, surtout sur les aspects logico-mathématiques, on peut distinguer pour la tranche d'âge 8-11 ans (Classes de CE2 à CM2) trois stades constituant un *continuum* :

(IIIa (début) : 7/8 ans, IIIa (fin)/IIIb (début) : 9 ans, IIIb (fin) : 10/11 ans)

Début du stade IIIa : Conservation de la substance, opérations concrètes simples, espace topologique.

Fin du stade IIIa (9 ans) / Début du stade IIIb : Conservation de la substance et du poids, opérations concrètes simples et complexes (**classification périodique**), espace topologique et **projectif**.

Fin du stade IIIb : Conservation de la substance, du poids et du volume, opérations concrètes simples et complexes (classification périodique), espace topologique, projectif et euclidien, début du stade formel.

Nous nous sommes donc intéressés aux trois tests suivants : conservation du poids, classification périodique et espace projectif. (Voir pages 18 à 23 de ce travail). Nous regardons ici les relations éventuelles entre la réussite d'un élève et les tests piagétiens.

Voici les pourcentages de réussite aux tests piagétiens pour les élèves répondant correctement aux évaluations (questions sur la durée et les saisons) :

Classes	Projectif	Poids	Classification
CE2	75%	45%	60%
CM1	88%	39%	48%
CM2	92%	65%	51%
Total (en tenant compte des effectifs)	85%	46%	50%

Nous constatons d'emblée que nous n'obtenons pas de relations fortes entre l'acquisition ou non de la conservation du poids et de la classification périodique et la réussite ou non aux évaluations. En effet, un élève en réussite par rapport à la séquence a en gros une chance sur deux de ne pas réussir les tests de conservation du poids et de classification. Il n'y a donc pas corrélation.

Ce point est important : en effet, même si un enfant peut acquérir certaines compétences cognitives, cela ne veut pas dire qu'il réussira mieux à suivre une séquence dans la mesure où ces compétences n'ont que peu de lien avec la séquence. *Le développement cognitif d'un enfant ne se ferait donc pas de manière global mais par « petites touches », un secteur avançant (espace projectif, par exemple) pendant qu'un autre stagnerait (la conservation du poids, par exemple).*

Ainsi, il semble que seules les compétences sur l'espace projectif (vision dans l'espace) soient d'importance dans la construction des structures cognitives de l'élève par rapport à l'Astronomie. Et c'est pourquoi nous ne nous intéresserons qu'à celles-ci par la suite.

Ces aspects ne sont pas nouveaux. En effet, nombre d'enseignants se plaignent souvent qu'un enfant qui réussit en géométrie par exemple se retrouve en difficulté sur l'étude des nombres quand bien même cela reste, pour l'ensemble, des mathématiques. On voit bien que le développement cognitif de l'enfant n'est pas uniforme mais en « touches de piano ». Les causes de ces différences sont évidemment fort complexes et c'est pourquoi, il nous semble important de chercher à développer un seul secteur à la fois. Le transfert de compétence d'une matière à une autre est un sujet très ardu qui ne nous occupe pas ici.

Cette étude ne fait que confirmer sur ces points, ce que nombre d'enseignants savent déjà par ailleurs.

Regardons cela de plus près :

IV.2.4.a) Elèves en réussite :

Si un enfant répond correctement au test projectif, il a 95% de chances de réussir l'évaluation et donc de suivre avec profit la séquence.

La réciproque est quasiment vraie aussi : si un enfant a réussi les évaluations complètement, il a 85% de chances d'avoir réussi le test projectif.

Si un enfant réussit aux trois tests (conservations, classification, espace projectif), il a également 95 % de chances de réussir la séquence. On voit bien que l'acquisition de la conservation et de la classification n'améliorent significativement pas le rendement.

Donc, il y a relation nette entre l'acquisition de compétences dans le domaine de l'espace projectif, dans la vision dans l'espace et dans la réussite aux évaluations.

Pour autant, il ne faut pas oublier l'importance de la démarche s'inspirant en partie du « socio-constructivisme » dans la réussite des élèves comme le montre les résultats des quatre classes repères. Donc, le développement cognitif en ce qui concerne l'espace projectif n'est pas la seule condition de réussite. Il s'agirait plutôt d'une condition favorable, voire nécessaire, mais pas suffisante.

IV.2.4.b) Elèves en difficulté :

90% des élèves qui n'ont pas réussi complètement les évaluations n'ont pas réussi non plus le test de l'espace projectif.

La réciproque est un peu vraie aussi : 75% de ceux qui ne réussissent pas le test projectif échouent aux évaluations.

Si un enfant ne réussit pas aux trois tests, il a 75% de chances de ne pas réussir l'évaluation.

Si un enfant est égocentré (« le jour, c'est fait pour jouer, la nuit, c'est fait pour dormir »), il a 75% de chances de se tromper au test projectif, 78% de chances de se tromper à au moins deux tests et 97% de se tromper à au moins un des trois tests piagétien.

Si on rapproche ces résultats du résultat précédent :

Réponses jour/nuit	Evaluation variation	Evaluation saisons
<i>(51 élèves sur 436)</i>	3 mois après, réponse correcte	3 mois après, réponse correcte
« Le jour c'est fait pour aller à l'école, la nuit pour dormir »	25%	27%

On constate environ 75% d'échecs à l'évaluation chez les enfants égocentrés et 75% d'échecs au test projectif, et ce sont quasiment les mêmes élèves.

De fait, la vision dans l'espace, la capacité à se décentrer, d'adopter la vision de l'autre, revêtent un caractère fondamental dans la compréhension de la séquence d'Astronomie. Une remédiation autour d'un travail sur l'espace projectif, la vision dans l'espace semble être une bonne piste pour améliorer l'efficacité de la séquence.

IV.2.5) Quelle remédiation pour les élèves en difficulté ?

Selon le « postulat d'éducabilité » (Meirieu, 1987), on pose le principe que tout enfant est capable de comprendre ce que ses camarades arrivent à comprendre, d'où l'idée de remédiation en cas d'échec.

Lorsque l'on parle de remédiation, on sous-entend la mise en place d'un protocole qui a pour objectif de faire en sorte que les élèves en difficulté puisse comprendre et assimiler les connaissances que l'on cherche à enseigner. Ce protocole intervient après une séquence, ou une partie d'une séquence d'enseignement qui n'a pas fonctionné, d'où le terme de remédiation.

Tout d'abord, il s'agit de trouver des pistes susceptibles d'expliquer l'échec de la séquence.

Les résultats présentés précédemment semblent montrer plusieurs possibilités d'échec :

⇒ Développement cognitif : Les enfants n'ont pas encore acquis la capacité de se décentrer dans le cadre d'un espace projectif (comme le montrent les relations entre les tests piagétien et les évaluations, voir page précédente) et sont trop loin de cette compétence pour qu'ils puissent la construire à l'occasion de la séquence.

⇒ Nature de la conception avant enseignement : Certaines conceptions initiales ont une telle cohérence (Closset, 1992) qu'elles ne sont pas abandonnées aussi facilement par les élèves (l'idée de distance par exemple pour expliquer les saisons).

⇒ Motivation : L'élève n'était pas très motivé par la séquence, on se retrouve dans les cas suivants (Plé, 1995) :

- Le conflit cognitif n'apparaît pas, la prise de conscience ne s'est pas effectuée.
- Il fuit le conflit socio-cognitif, il préfère se ranger à l'avis commun ou à l'avis du plus « populaire » sans se remettre en cause.
- La nouvelle connaissance est « magique », il n'est pas utile de la comprendre.

Comment remédier à ces difficultés ?

IV.2.5.a) Développement cognitif :

On serait tenter d'attendre seulement que l'enfant « grandisse » (voir les écarts entre CE2 et CM1).

Mais, est-ce que la forme de la séquence ne pourrait pas nous donner des pistes de réflexion ? Afin de voir si la séquence pouvait aider l'enfant à améliorer ses compétences en matière d'espace projectif (Piaget), nous avons passé *une deuxième fois* le test de Piaget, *après* la « première évaluation trois mois après » auprès des élèves de CE2. En effet, les élèves de CE2 sont ceux qui avaient le plus de difficultés avec la séquence et le test.

Nous nous sommes intéressés principalement aux élèves n'ayant pas réussi le test projectif *pendant* la séquence mais ayant réussi l'évaluation (sur ceux qui ne réussissent pas le test projectif, 25% réussissent l'évaluation). Nous constatons que ces élèves réussissent le test *après* la séquence (à 100%). Alors que ceux qui n'ont pas réussi l'évaluation ne réussissent toujours pas le test.

Est-ce que la séquence, en elle-même, permet à certains enfants d'améliorer leur compétence concernant l'espace projectif ou alors est-ce que ces enfants se sont développés cognitivement durant l'intervalle de temps de trois mois ?

Il ne serait pas étonnant que la séquence puisse agir dans la fameuse « zone proximale de développement » Vygotskienne. En effet, à travers les multiples modélisations, la séquence pousse l'élève à se décentrer fréquemment.

Donc, peut-être faut-il faire un travail spécifique autour de l'espace projectif où lors d'activités différenciées, on passerait plus de temps avec les enfants qui ne réussissent pas le test.

IV.2.5.b) Nature de la conception avant enseignement :

Certaines conceptions initiales ont une cohérence telle qu'elle empêche l'enfant de changer de point de vue. Peut-être est-il possible de passer par des **conceptions intermédiaires** plus proches du concept qui seraient des passerelles vers la bonne conception. Dans ce cadre, on fait l'hypothèse que les conceptions peuvent être hiérarchisées (Closset, 1992) et peuvent constituer presque des passages obligés dans la construction de la connaissance scientifique. Ainsi, un enfant qui pense que la distance explique les saisons, pourrait penser par la suite que l'inclinaison de la Terre entraîne des différences de distance (voir la production très parlante d'Hélène page 131) et enfin que seule l'inclinaison explique le phénomène.

Dans ce cas, il serait intéressant de travailler sur cette hiérarchisation, ce qui n'a pas été le cas dans cette thèse.

IV.2.5.c) Motivation :

Est-ce que les enfants ont été intéressés par la séquence ? Nous avons passés un petit questionnaire auprès des élèves un mois après la séquence pour savoir ce qu'ils avaient pensé de la séquence. Globalement 96% des enfants ont « adoré » travailler en Astronomie ! Mais certaines parties de la séquence les ont moins motivés. En général, c'est la séance 5 sur la variation de durée des jours et des nuits qui les a le moins intéressés.

Ceci est confirmé par les enseignants (à 85%) qui déclarent avoir eu le plus de difficultés dans les séances de construction du graphique avec les calculs de durée et lors de la modélisation de la variation de durée des jours et des nuits.

Donc, la motivation était là pour la plupart des séances (5/6 séances) pour l'ensemble des élèves.

Nous avouons ne pas savoir pour l'instant comment motiver plus les enfants sur la séance sur la variation de durée !

En résumé : Voici donc les quelques pistes pour aider les enfants en difficultés :

- ⇒ Travail sur la décentration avec des objets concrets en groupes restreints en présence de l'enseignant (différenciation).
- ⇒ Identifier précisément et individuellement les conceptions initiales des enfants et les faire évoluer en acceptant le passage par des conceptions initiales intermédiaires.
- ⇒ Rendre plus ludiques certaines parties de la séquence.
- ⇒ Attendre qu'ils grandissent !

Des prises de repères externes (quatre classes repères), avec les réserves exprimées, semblent tout de même conforter l'importance d'appliquer cette démarche. En effet, les taux de réussite dans ces classes sont beaucoup moins importants et surtout, **les résultats des évaluations dans la durée sont bien plus importants dans les classes expérimentales.**

Une des difficultés dans la didactique des sciences est de réussir à isoler les paramètres susceptibles d'influer sur la compréhension d'un phénomène par un élève. En multipliant le nombre de classes et d'enseignants, nous avons surtout voulu nous intéresser au rôle de chaque phase sur l'évolution des conceptions initiales des élèves. Les prises d'indices (traces écrites, vidéos, interviews, voir encadré page 173) semblent montrer que si le basculement peut s'opérer après la première discussion entre élèves, c'est surtout lors de la manipulation que les élèves indiquent clairement leur basculement. **Bref, si l'émergence et la prise en compte des conceptions initiales sont des phases importantes, parfois elles ne suffisent pas en elle-même et elles préparent le terrain afin que la manipulation soit efficiente.**

V.2) Lien entre nature des conceptions et tests piagétiens :

Nous avons pu constater via certains tests piagétiens, surtout le test sur l'espace projectif, les autres tests (poids, classification) ne donnant pas de corrélations, que certaines conceptions initiales égocentrées (« le jour, c'est fait pour aller à l'école, la nuit pour dormir ») s'accompagnaient d'un échec au test projectif. Ainsi, l'égocentrisme radical évoqué par J. Piaget s'accompagne de difficultés dans la décentration, compétence pourtant nécessaire pour suivre convenablement une séquence sur l'Astronomie.

De même, une majorité des enfants qui déclarent que c'est « la Terre qui tourne sur elle-même qui explique l'alternance jour-nuit » se verront réussir au test sur l'espace projectif.

Les exemples sont multiples et on peut affirmer qu'il y a relation entre la nature des conceptions initiales et le test piagétien sur l'espace projectif.

V.3) Lien entre test sur l'espace projectif et la compréhension de la séquence d'enseignement :

De même qu'il y a relation entre conception initiale et test, il y a une nette relation entre la réussite ou l'échec au test sur l'espace projectif et la réussite ou l'échec à l'évaluation de la séquence :

⇒ *Si un enfant répond correctement au test projectif, il a 95% de chances de réussir l'évaluation et donc de suivre avec profit la séquence. La réciproque est quasiment vraie aussi : si un enfant a réussi les évaluations complètement, il a 85% de chances d'avoir réussi le test projectif.*

⇒ *90% des élèves qui n'ont pas réussi complètement les évaluations n'ont pas réussi également le test de l'espace projectif. La réciproque est un peu vraie aussi : 75% de ceux qui ne réussissent pas le test projectif échouent aux évaluations.*

Ce n'est pas très étonnant dans la mesure où la faculté de se décentrer est une compétence fondamentale en Astronomie. **Un travail sur la décentration spatiale (de manière très concrète) pourrait constituer une remédiation possible pour les élèves en échec.**

V.4) La formation des enseignants :

Comme le montre page 64 les résultats de questionnaires passés à 557 enseignants de l'école primaire, il est nécessaire de les former sur ce sujet car leurs conceptions initiales (sur la variation de durée des jours et des nuits et les saisons) sont très proches de celles des enfants. On peut s'interroger sur le fonctionnement de notre système éducatif qui laisse des enseignants du primaire aller sur le terrain sans qu'ils aient les connaissances de base pour enseigner une partie de leur programme !

Dans cette recherche, nous avons, en guise de formation, distribué simplement un document écrit (présenté en annexe) indiquant les connaissances de base et la démarche à appliquer en classe. Ce mode de formation est particulièrement souple, peu coûteux et facilement généralisable. Cependant, il est à noter que cette formation s'inscrit dans un ensemble (IUFM) qui ne touche, en l'occurrence, que les stagiaires, qui par ailleurs, ont eu des cours concernant les sciences de l'éducation. Mais, les enseignants qui ont participé à la recherche n'étaient pas, pour leur grande majorité, des scientifiques, ce qui donne encore plus de poids à la valeur de ce document de formation.

V.5) Durée de la séquence et aspects matériels :

Un reproche souvent adressé aux didacticiens est que les séquences d'enseignement qu'ils proposent sont souvent bien plus coûteuse en temps que les séquences dites classiques. Ici, ce n'est pas le cas, la durée des séances est sensiblement la même comme le montre la comparaison entre l'enseignement usuel montré page 44 et les séances dites expérimentales présentées page 86.

Un autre reproche souvent évoqué est le coût en matériel dans les séquences élaborées par des didacticiens : ici le matériel utilisé n'est pas très coûteux (boules de polystyrène que l'on peut remplacer par des oranges, bâtonnets, lampes et ampoules, photopies, thermomètres) donc, facilement généralisable.

Donc, cette séquence n'est pas irréalisable en classe pour un enseignant standard de l'école primaire.

V.6) Piste de recherche : hiérarchisation des modes de raisonnements

Nous avons évoqués à plusieurs reprises dans ce texte qu'il était peut-être possible de hiérarchiser les modes de raisonnements en étapes intermédiaires par lesquelles passeraient les élèves jusqu'au concept acquis, comme c'est le cas de l'électrocinétique (Closset, 1992 ; Missonnier, 2002).

Nous n'avons pas établi cela car tel n'était pas le but de notre travail, mais on peut se demander si on ne pourrait pas le faire également pour l'astronomie.

On constate d'ailleurs page 64 que des enseignants peuvent très bien savoir que la Terre est inclinée pour expliquer la variation de durée des jours et des nuits puis parler de distance en ce qui concerne les saisons, comme le montre également la production symbolique d'Hélène (page 131).

Il s'agit d'une piste possible de recherche pour le futur. Son avantage serait d'utiliser ces modes de raisonnements intermédiaires, entre une conception initiale et le concept correct, comme étapes de remédiation.

V.7) Piste de recherche : l'argumentation orale et écrite

Nous avons pu exposer pages 160 à 167 que certains enfants étaient capables d'argumenter à l'oral et à l'écrit en sciences. Ainsi, un travail sur ce qu'est une argumentation via une approche méta cognitive selon le modèle de Britt Mari-Barth (1987) serait susceptible d'aider les élèves à s'exprimer de manière plus adéquate en sciences.

Bref, même si ce travail a contribué à montrer qu'une démarche où la prise ne compte des conceptions initiales, leur confrontation entre elles, et avec des manipulations ciblées, aide à une meilleure compréhension, il reste encore de nombreuses ouvertures et pistes de recherche afin d'améliorer l'efficacité de cette séquence en particulier et de bien d'autres séquences en général.

Bibliographie

- Agnès Acker, (1992). *Astronomie introduction*, Masson.
- Aristote (1990), *Leçons de physique, traduction de Jules Barthélemy Saint -Hilaire*,
Agora Les Classiques.
- Aristote (1990), *Traité du Ciel, traduction J.Tricot*,
Librairie philosophique J.Vrin.
- Aristote (1990), *Traité pseudo-aristotélicien Du Monde, traduction J.Tricot*,
Librairie philosophique J.Vrin.
- Paul Arnold, Ann Sarge & Lisa Worrall (1995), Children's knowledge of the earth's shape and its gravitational field, *International Journal of Science Education, Volume 17, No 5*, 635-641.
- M.Artigue (1988), Ingénierie Didactique, *Recherches en Didactiques des Mathématiques ? Vol.9, no 3*, pp.281-308.
- J.P. Astolfi et M. Develay (1989), *La didactique des sciences*;
Que sais-je ? Presses universitaires de France.
- J.P.Astolfi et A-M.Drouin (1992), in J.L.Martinand et équipe de recherche INRP/LIREST,
Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences, INRP, Didactique.
- J.P. Astolfi (1997), *L'erreur, un outil pour enseigner*, ESF éditeur,
coll. Pratiques et enjeux pédagogiques.
- G.Bachelard (1938), *La formation de l'esprit scientifique*,
Librairie philosophique J.Vrin (quatrième édition , 1965).
- F.Balibar (1984), *Galilée, Newton lus par Einstein*, PUF, Philosophies.
- J.Baxter (1989), Children's understanding of familiar astronomical events,
International Journal of Science Education, Volume 11, special issue, 502-513.
- J. Bideaud, O. Houdé et J.L.Pedinielli (1998), *L'homme en développement*,
Collection premier cycle, 6ème édition corrigée, PUF.
- Britt-Mari Barth (1987), *L'apprentissage de l'abstraction*,
Collection pédagogie, Ed. Retz.
- J.P. Bronckart et B.Schneuwly (1985), *Vygotsky aujourd'hui*,
Textes de bases en psychologie, Delachaux et Niestlé.
- J.P. Bronckart (1997), Jean Piaget, l'avenir incertain d'une œuvre d'exception;
In Sciences Humaines n°77.
- G. Brousseau (1983), les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques,
In Recherches en Didactiques des Mathématiques, Vol. 4, n°2, pp. 165-198.

- F. Chauvet (1994), *Construction d'une compréhension de la couleur intégrant sciences, techniques et perception : principes d'élaboration et évaluation d'une séquence d'enseignement*. Thèse. Paris VII, LDPES.
- Y. Chevillard, (1982) Sur l'ingénierie didactique, *Texte préparé pour la deuxième Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, Orléans, juillet 1982.
- D. Cohen (1981), *Faut-il brûler Piaget ?*
Editions Retz.
- Jean-Louis Closset (2001), Theoretical and methodological reflections about teaching-learning sequences in research practice. In M. Méheut, D.Psillos. Edit. (2001) *Designing and validating Teaching-Learning Sequences Paris November 23-25th 2000*.
- Jean-Louis Closset (1992), Raisonnements en électricité et hydrodynamiques, pp 143-155, *Aster numéro 14*.
- Marcel Crahay (1999), *Psychologie de l'éducation*,
Presses Universitaires de France.
- J.Defer et V.Thierry (1994), *l'astronomie au cycle des approfondissements, Pratiques Pédagogiques*, Armand Colin.
- G. De Vecchi et A. Giordan (1996), *L'enseignement scientifique, comment faire pour que ça marche ?* Z'éditions, Collection Giordan et Martinand.
- J.M.Dolle (1974), *Pour comprendre Piaget*,
Privat, formation pédagogie, (nouvelle édition 1991).
- J.J.Dupin et S.Johsua (1999), *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*,
PUF, Coll. Premier Cycle, 2^{ème} édition corrigée.
- C.Durnerin, A. Robert, Vers la construction d'un outil d'aide à l'écriture d'une explication scientifique, pp121-153, *Aster 6*, 1988.
- Y. Flandé (2000), *Protocoles expérimentaux, tests d'hypothèses et transfert, en sciences, à l'école primaire*, Thèse de doctorat, Université Paris VII.
- Jean-Claude Genzling, Daniel Riber (1988), Construire des méthodes à l'école élémentaire : la séparation de variables et la modélisation, *Aster, 7*, 39-60.
- D. Hume (1758), *Enquête sur l'entendement humain*,
Garnier-Flammarion (1983).
- E. Jalley (1995), Psychologie Génétique, *In Encyclopédia Universalis*.
- E. Jalley (1995), Wallon, *In Encyclopédia Universalis*.

- B.L. Jones, P.P. Lynch & C. Reesink (1987), conceptions of the earth, sun and moon,
International Journal of Science Education, Volume 9, No 1, 43-53.
- E.Kant (1787), *Critique de la raison pure, préface à la seconde édition*,
Garnier-Flammarion (1987).
- Anton E. Lawson (1988), *The acquisition of biological knowledge during childhood :
cognitive conflict or tabula rasa ?*
Journal of research in science teaching, Vol. 25, No 3, pp. 185-199
- J.L.Martinand et équipe de recherche INRP/LIREST (1992),
Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences, INRP, Didactique.
- J.L. Martinand (1993), Histoire et didactique de la physique et de la chimie : quelles relations
? *In Didaskalia, n°2*.
- M. Méheut, C. Larcher et A. Chomat (1988), *modèle particulière et activités de modélisation
en classe de quatrième*, INRP.
- M. Méheut, D.Psillos Edit. (2001) *Designing and validating Teaching-Learning Sequences
Paris November 23-25th 2000*.
- P. Meirieu (1987), *Apprendre... Oui, mais comment ?*
ESF éditeur, collection pédagogies.
- H. Merle (1999), *Apprentissage des mouvements de la Terre à l'école élémentaire, d'une
vision géocentrique au modèle héliocentrique*, Doctorat, Université Montpellier II.
- M.F.Missonnier, (2002), *Mise en évidence de chemins d'apprentissage des élèves lors d'une
ingénierie didactique d'électrocinétique*, Université Paris VII, Thèse de doctorat, LDSP.
- J.Ojala (1992), the third planet, *International Journal of Science Education*,
Volume 14, No 2, 191-200.
- R.J. Osborne, B.F. Bell & J.K. Gilbert (1983), Science teaching and children's views of the
world, *European Journal of Science Education, Volume 5, No 1*, 1-14.
- G.J. Posner, K.A. Strike, P.W. Hewson, W.A. Gertzog (1982), *Accommodation of a scientific
Conception : Toward a theory of conceptual change*,
Science Education 66(2), pp 211-227.
- Jean Piaget (1969), *Psychologie et Pédagogie*, Folio essais, Denoël.
- Jean Piaget (1977), *Inventaires piagétiens*, OCDE.
- M.A.Pierrard (1992), in J.L.Martinand et équipe de recherche INRP/LIREST,
Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences, INRP, Didactique.
- E. Plé, (1995) *Objectif-obstacle et gestion du conflit socio-cognitif : difficultés liées à la
reprise d'un dispositif didactique flexible*, Actes du cinquième séminaire national de
recherche en didactique des sciences physiques, 15-17 Octobre 1995, IUFM de Reims.

- J.J.Rousseau (1762), *Emile ou de l'éducation*, Garnier-Flammarion (1966).
- John G.Sharp (1996), Children's astronomical beliefs : a preliminary study of Year 6 children in south-west England, *International Journal of Science Education*, Volume 18, No 6, 685-712.
- M.G.Séré (1985), *Analyse des conceptions de l'état gazeux qu'ont les enfants de 11 à 13 ans, en liaison avec la notion de pression, et propositions de stratégies pédagogiques pour en faciliter l'évolution*. Thèse de doctorat d'état, Université Paris VI.
- B.F. Skinner (1974), *Pour une science du comportement : le behaviorisme*, Actualités pédagogiques et psychologiques, Delachaux et Niestlé (édition de 1979).
- M. Soufflet (1985), *Une problématique en géométrie : la perspective*. Bulletin de l'APMEP, No 348, pp 291-296.
- René Taton (1966), *Histoire générale des sciences*, Presses Universitaires de France, Vol 1.
- S. Toulmin (1958), *les usages de l'argumentation*, Réédition 1993, PUF.
- R. Viau (1997), *La motivation en contexte scolaire*, De Boeck Université, Pédagogies en développement.
- L. Viennot (1996), *Raisonnement en physique, la part du sens commun*, De Boeck Université, Pratiques pédagogiques.
- Lev Vygotski (1934), *Pensée et langage, traduction de F Sève*, édition de 1997, La Dispute.
- James H. Wandersee (1985), Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions ? *Journal of Research in Science Teaching* Vol. 23, No 7, pp. 581-597.
- Annick Weil-Barais (1993), *L'homme cognitif*, Presses Universitaires de France.
- M. Weisser (1998), Non, pas prouver mais donner à réfléchir : plaidoyer pour une épistémologie herméneutique, Pages 49 à 63, L'année de la recherche en sciences de l'éducation, 1998.

- ① Le Soleil est une grosse sphère ("boule de feu") très brillante et la Terre, plus petite, est une planète qui n'émet pas de lumière visible par elle-même, de même pour la Lune,
- ② La Terre est une quasi sphère orientée (Nord/Sud) sur laquelle les êtres vivants se déplacent, "plaqués" au sol qu'ils sont par l'attraction gravitationnelle,
- ③ **La Terre tourne sur elle-même** en 1 jour, d'où l'alternance journée/nuit, d'où divers problèmes de référentiel,
- ④ **La Terre tourne autour du Soleil** dans le vide interplanétaire en 1 année sur une orbite quasi circulaire,
- ⑤ **Son axe de rotation reste incliné**, de la même façon sur une année, d'environ 23° par rapport à la perpendiculaire au plan de l'écliptique qui passerait par son centre,
- ⑥ Cet axe incliné constant impose une **variation de la durée des journées et des nuits**, donc une variation de la durée de réchauffement au cours de l'année,
- ⑦ De plus, du fait de cet axe incliné, l'angle d'incidence des rayons solaires varient fortement, induisant une **variation de température**, donc le phénomène des saisons,
- ⑧ La Lune tourne autour de la Terre, toutes les planètes tournent autour du Soleil.

II) Séquence : Le Système Terre/Soleil :

A) Mise au point : Qu'est-ce que le Soleil et la Terre ?

Objectif : Le Soleil est une boule de gaz en feu qui produit de la lumière et la Terre est une boule.

Déroulement : de 20 à 40 mn.

- ① Recueil de conceptions (Qu'est-ce que ...? Quelle est le forme de? *Dessins et phrases*),
- ② Discussion collective,
- ③ Si besoin : Diapositives, Analyse de documents (Tavernier CM, que pensaient les anciens?),
- ④ Structuration.

Remarques :

En ce qui concerne le Soleil, une très grande majorité des enfants s'entendent sur l'idée que c'est une "**grosse boule de feu**" qui émet de la lumière "qui chauffe". La plupart des élèves sont persuadés que le Soleil est plus gros que la Terre.

La forme et la nature exacte de ce qu'est la Terre ne pose pas de problèmes majeurs. Ils savent déjà que la Terre est une boule (on introduira le terme sphère) composée de roches diverses, d'eau et de gaz.

De plus, pour eux, la Terre n'émet pas de lumière par elle-même.

En revanche, il est intéressant de constater certaines contradictions. En effet, si les enfants assimilent le Soleil à une étoile parfois, ceux-ci n'hésitent pas à classer les étoiles comme étant des objets célestes plus petits que la Terre.

Il semblerait que cette contradiction vienne principalement de la confusion sur la nature exacte de ce qu'est une étoile et non sur ce que peut-être le Soleil.

En résumé, cette mise au point fait office de vérification.

Ce n'est pas pour autant qu'il faut éviter cette phase. Elle est nécessaire à la suite des événements.

B) Propriétés gravitationnelles et magnétiques de la Terre :

1) Magnétiques :

Objectifs : - La Terre est "**orientée**" Nord/Sud,

- Construction de boussole,
- Première approche de son utilisation,

Déroulement : 45 mn.

- ① Recueil de conceptions (Pourquoi l'aiguille d'une boussole est attirée vers le Nord)
- ② Discussion collective,

- ③ Expérimentation : - Utilisation de boussole
- Fabrication de boussole :



(Une boussole/enfant, un aimant pour deux)

Une aiguille, un morceau de polystyrène, du scotch, un aimant, un récipient plein d'eau.

On frotte **la pointe** de l'aiguille (30s) sur un côté de l'aimant toujours **dans le même sens**, on scotch l'aiguille sur le morceau de polystyrène et on pose le tout sur l'eau du récipient.

Essais en présence d'aimant.

- ④ Structuration :

La boussole est un aimant attiré par la Terre qui est aussi un aimant. Les pôles de l'aimant Terre sont situés au Nord et au Sud.

Remarques :

La plupart des enfants connaissent la boussole. En général, ils savent que cet outil permet de s'orienter sur Terre mais peu arrivent à expliquer correctement son fonctionnement et son utilisation.

Pour ce qui nous concerne, l'utilisation précise nous intéresse peu, elle fait l'objet d'une séquence à part entière, en général lors de courses d'orientation (parcours suivi, parcours en étoile, etc.).

Que disent les enfants lorsqu'on leur demande "comment marche une boussole"?

- ⇒ "A cause du froid, de la température"
- ⇒ "A cause du vent"
- ⇒ "A cause de la glace"
- ⇒ "A cause des aimants"

Il s'agit donc de leur montrer le fonctionnement via l'expérimentation (en approchant des boussoles préfabriquées près d'un morceau de glace, d'une source de chaleur, etc.).

Une fois constatée l'influence des aimants, on peut fabriquer des boussoles dans le but de "consolider" ces connaissances acquises.

De plus, il serait dommage de passer à côté de cette fabrication qui ne pose pas de problème particulier et qui génère une forte motivation de la part des élèves.

Evidemment, lors de la phase de structuration, il est nécessaire d'aborder le côté aimant de la Terre en montrant sur un globe terrestre (*sans axe incliné*) le Nord et le Sud.

Globalement, cette séance ne présente pas de difficulté très importante.

2) Gravitationnelles :

Objectifs : - **La Terre attire les personnes vers le centre,**
ainsi, de "l'autre côté de la Terre, les gens ne tombent pas".

Déroulement : 45 mn.

① Recueil de conceptions (Dessiner une personne en France et en Australie)

② Discussion collective, Comment savoir ?

③ Documentation : vidéos, photos, magazines, internet, etc.

④ Structuration :

La Terre attire les personnes vers le centre, la Terre est "comme un aimant"
pour les objets.

Remarques :

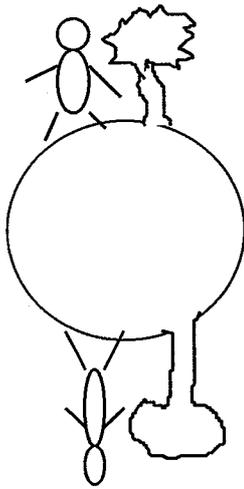
Cette séance pose de nombreux problèmes conceptuelles aux enfants :

⇒ Le sens de l'écriture (Gauche/droite, **haut/bas**),

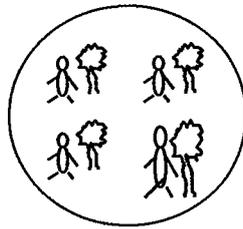
⇒ Se mettre à la place d'autrui,

⇒ Inverser le sens haut/bas,

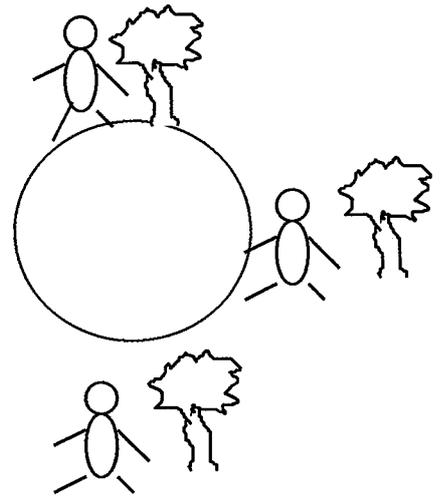
C'est pourquoi, on obtient ces types de réponses :



①



②



③

Ces représentations initiales se répartissent assez inégalement dans la classe : la représentation ① est d'ordinaire peu fréquente mais toujours présente (ouf!), certains enfants évoquant d'ailleurs l'idée que la Terre est comme un aimant, la ② est souvent majoritaire et la ③ relativement importante (1/3).

La représentation ② peut être interprétée comme une vue en perspective. Si on interroge les élèves, il est souvent évident pour eux que les Australiens marchent sur la Terre.

Heureusement, lors de la discussion collective, beaucoup d'enfants basculent vers la "bonne" représentation (①).

Même si l'interprétation est séduisante, le sens de l'écriture ne suffit peut-être pas à expliquer les dessins du type ③, et il arrive fréquemment que ces enfants aient du mal à comprendre pourquoi les gens "d'en bas" ne tombent pas.

Malheureusement, on ne peut pas faire d'expériences, seule une activité de documentation est réalisable.

Ensuite, il est possible de prendre un globe terrestre aimanté et de faire circuler un bonhomme.

Cette séance est **inévitabile** sous peine de voir la question "pourquoi les gens d'en bas ne tombent-ils pas ?" faire son apparition quand on abordera l'inclinaison de l'axe terrestre lors de l'explication de la variation de la durée des journées et des nuits.

C'est en effet ce qu'il m'est arrivé il y a peu de temps avec la classe de Françoise Jegoux (CM1) alors que dans la classe de Marc Weisser, le problème ne s'est pas posé car nous en avions discuté précédemment.

Il ne me semble pas pertinent d'évoquer la force d'attraction entre les masses qui est à l'origine de la fameuse attraction gravitationnelle : c'est un peu difficile.

Rappel : $F = \text{Constante} \times (\text{Masse de la Terre} \times \text{Masse de l'objet}) / (\text{distance entre l'objet et le centre de la Terre au carré})$.

Bref : même si cette séance intéresse les enfants, sa difficulté conceptuelle est grande et il n'est pas évident que l'ensemble de la classe suive.

C) L'alternance Jour/Nuit : il est possible d'introduire cette question via le cadran solaire.

Objectif : Trouver une explication cohérente à l'alternance des jours et des nuits.

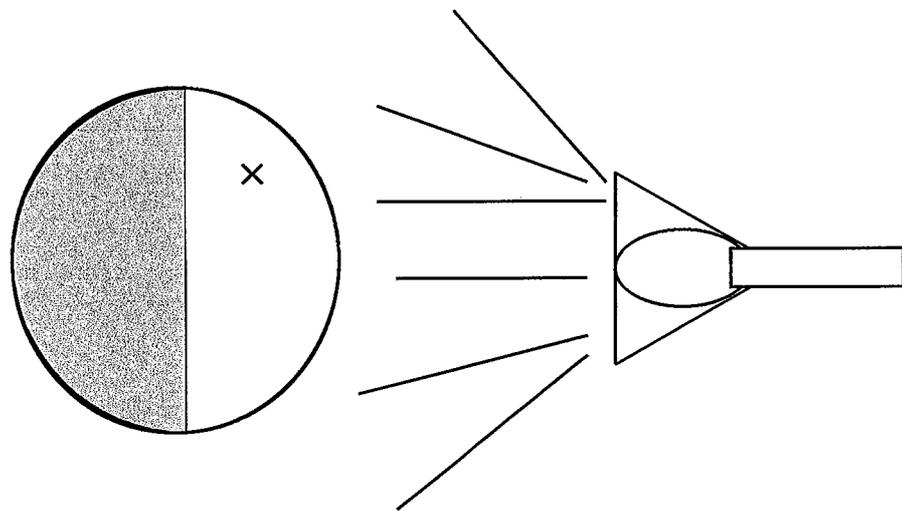
Déroulement : 1 h 30 mn à 2 h.

- ① Recueil de conceptions (Expliquer pourquoi il fait tantôt jour, tantôt nuit ?)
- ② Discussion collective, Comment choisir ?

③ Modélisation : par groupe de deux (matériel : 2 boules, une lampe)

<i>Réalité</i>	<i>Modèle</i>
Soleil	Lampe ou ampoule,
Terre (sans axe),	Boule de polystyrène
Lune	// // // ,
Colmar	Croix sur la boule.

On transforme la question initiale en "trouver au moins deux moyens pour que la croix sur la boule soit tantôt éclairée, tantôt non éclairée par l'ampoule".



④ Structuration : mise en commun, la discussion permet de rayer certaines propositions "fantaisistes" en les confrontant aux observations réelles, ainsi il reste :

- ① La Terre tourne autour du Soleil fixe sans tourner sur elle-même,
- ② La Terre tourne sur elle-même sans tourner autour du Soleil fixe,
- ③ Le Soleil tourne autour de la Terre fixe,
- ④ La Terre tourne sur elle-même et le Soleil tourne,
- ⑤ La Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil.

Remarques :

Plusieurs questions se posent : Pourquoi modéliser ? Pourquoi **deux** moyens ? Pourquoi garde-t-on les cinq possibilités lors de la structuration ?

La modélisation (remplacer les objets réels par des objets qui leur ressemblent) permet aux enfants de manipuler et donc de participer activement à la recherche d'explication sachant que l'expérimentation (manipuler les objets réels) est impossible.

Leur demander de rechercher deux cas les obligent à penser autrement et ainsi de constater qu'il est possible de trouver plusieurs explications au même phénomène.

La seule constatation de l'alternance jour/nuit ne permet pas de choisir parmi ces cinq explications car elle ne contient pas *assez d'informations*, il faudra donc en apporter par la suite.

Pour ce qui concerne cette séquence, voici les **explications** les plus fréquentes :

- ⇒ La Terre tourne autour du Soleil et/ou tourne sur elle-même,
- ⇒ Le Soleil tourne autour de la Terre,
- ⇒ La Lune cache la Terre,
- ⇒ Quelqu'un "éteint" le Soleil,
- ⇒ Les nuages cachent la Terre,
- ⇒ Le jour, c'est fait pour jouer, la nuit, pour dormir

La dernière proposition correspond souvent aux enfants en difficulté qui reste dans l'égoïsme radical piagétien. La confrontation avec les autres leur fait souvent prendre conscience de leur "erreur".

Les explications du type interrupteur ou nuages sont vite abandonnées lorsque l'on fait la liaison avec la réalité (on ne voit pas le Soleil s'éteindre, les nuages ne sont pas présents tous les jours et on voit le Soleil "disparaître" sous l'horizon).

La Lune pose plus de problème car pour eux, elle est toujours présente la nuit, donc elle doit servir à quelque chose !!

Fort heureusement, on ne voit pas d'éclipse tous les jours !

Ainsi, après la modélisation, la mise en commun permet de trouver entre trois et quatre explications cohérentes. La proposition ④ est rarement évoquée (tant mieux !!).

A noter que la plupart des enfants savent que la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil. Mais si ils le savent, ce n'est pas sûr qu'ils le comprennent !!

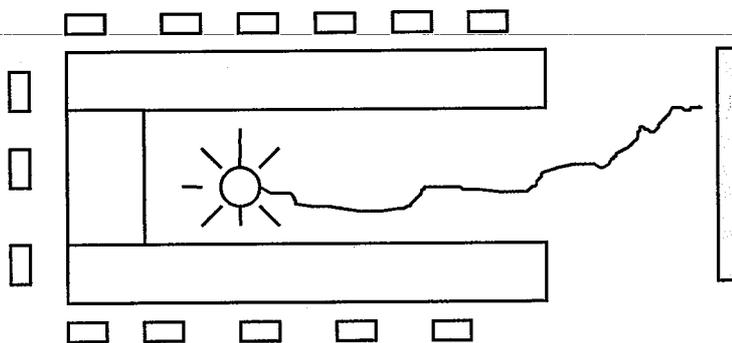
Il ne faut pas avoir peur de se lancer dans les manipulations. D'autant plus que cette phase présente peu de difficulté de compréhension.

Conseils : - Distribuer le matériel **après** avoir énoncé la consigne (trouver deux moyens),

- Le groupe de deux permet la confrontation en comité réduit des points de vue,
- Le niveau sonore augmente : ce n'est pas grave tant que les enfants parlent du sujet !!

Si ce n'est pas le cas, vous recadrez la classe en leur demandant de poser le matériel et en lançant une discussion sur ce qu'ils ont déjà compris. Si ce n'est pas suffisant, vous relancez l'activité en reformulant la consigne (en montrant un exemple) et en demandant à un élève faible de dire ce qu'il faut faire.

- Pour assurer une bonne mise en commun, vous **récupérez** le matériel avant la discussion, sinon vous risquez d'avoir des boules qui roulent !!
- Attention aux "batailles lasers" avec les lampes de poche !!
- Si vous ne disposez pas d'assez de lampes de poche, même après avoir demandé aux élèves d'en apporter, vous pouvez mettre une lampe au milieu de la classe disposée en U. Sachant que dans ce cas vous favorisez des explications de type héliocentrique (Soleil au centre).



D) La variation de durée des jours et des nuits :

Dans la droite lignée de ce qui a été fait précédemment, la mise en évidence de la variation de la durée des jours et des nuits permet ce fameux apport d'informations supplémentaires qui permet d'éliminer quelques-unes des explications de l'alternance jour/nuit.

Dans cette phase, il s'agit tout d'abord de prouver que les jours (comprendre journées) et les nuits n'ont pas la même durée au cours de l'année (1)) et ensuite de trouver une explication de ce phénomène (2)).

1) Objectifs : - Mettre en évidence la variation de durée des jours et des nuits,

- Maîtriser la soustraction de durée,
- Construire un graphique,

Déroulement : Deux séances d' 1 h 30 mn.

- ① Recueil de conceptions (Est-ce que les jours et les nuits ont la même durée au cours de l'année ?),
- ② Discussion collective,
- ③ Documentation : calendrier de la poste (lever et coucher du Soleil (en temps universel, c'est à dire l'heure de Greenwich), travail individuel :

Calculer la durée du jour pour chaque mois

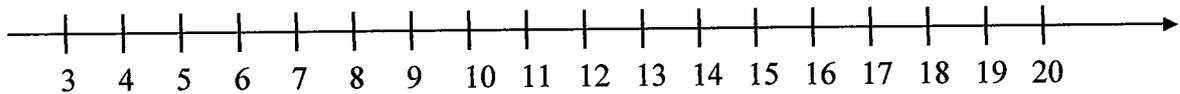
Mois	Lever du Soleil	Coucher du Soleil	Durée
21 janvier	7 H 30 minutes	16 H 30 minutes	
21 février	6 H 45 minutes	17 H 15 minutes	
21 mars	6 H 00 minutes	18 H 00 minutes	
21 avril	4 H 45 minutes	18 H 45 minutes	
21 mai	4 H 00 minutes	19 H 30 minutes	
21 juin	3 H 45 minutes	20 H 00 minutes	
21 juillet	4 H 15 minutes	19 H 45 minutes	
21 août	5 H 00 minutes	19 H 00 minutes	
21 septembre	5 H 30 minutes	17 H 45 minutes	
21 octobre	6 H 30 minutes	16 H 45 minutes	
21 novembre	7 H 15 minutes	16 H 00 minutes	
21 décembre	7 H 45 minutes	16 H 00 minutes	
21 janvier	7 H 30 minutes	16 H 30 minutes	

La soustraction se fera alors ainsi :

On ne peut pas mélanger les heures et les minutes, donc la soustraction se fait entre les minutes et entre les heures :

	A)	ou	B)
16h45	20h00	(impossible) ☒	19h60
- 6h30	- 3h45		- 3h45
10h15mn			16h15mn
Facile			Difficile

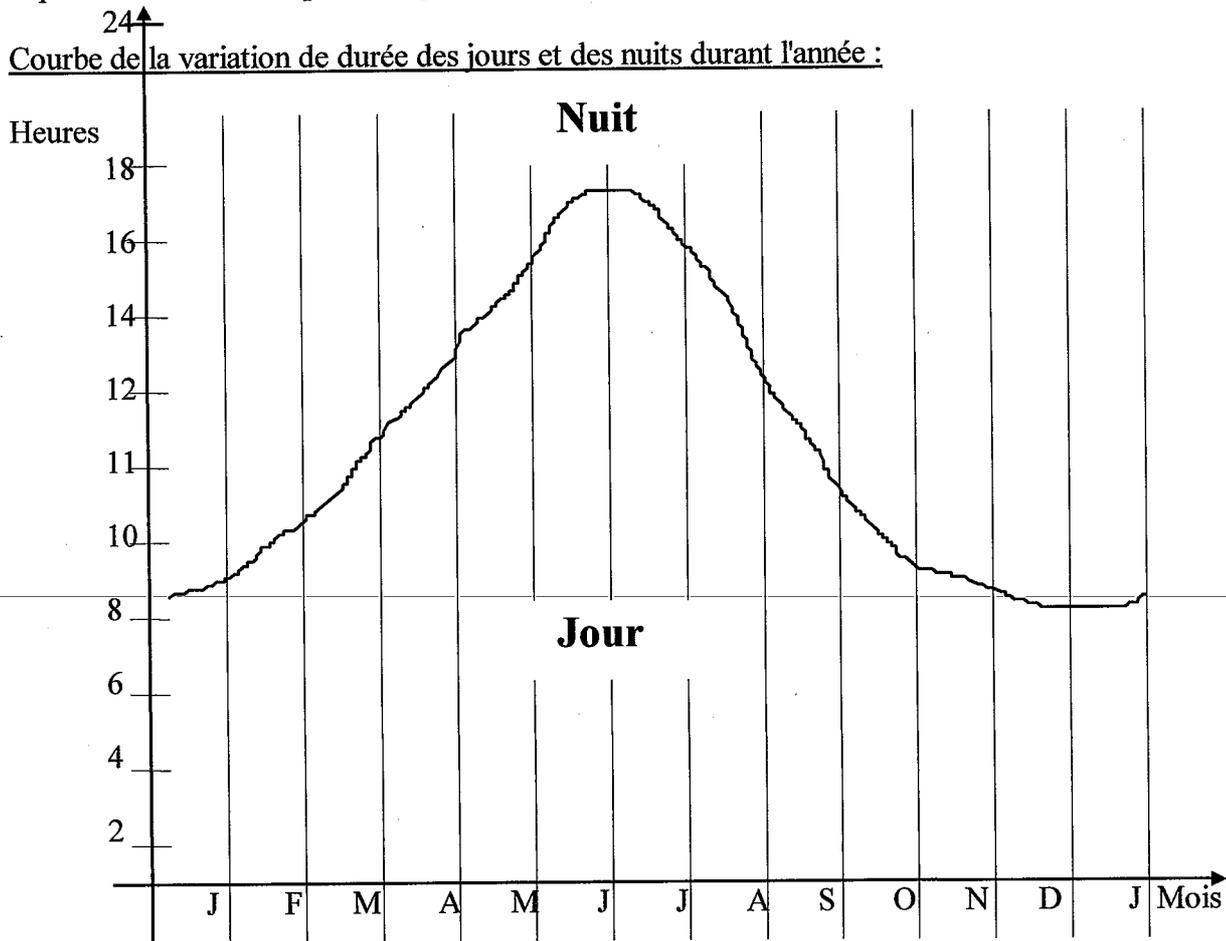
On peut également faire le calcul en utilisant une flèche du temps :



On pointe l'heure de lever et on additionne les heures et les minutes jusqu'au coucher.

A partir du tableau rempli, il est possible de construire un graphique :

Courbe de la variation de durée des jours et des nuits durant l'année :



④ Structuration :

Le graphique nous a permis de montrer que les journées duraient plus longtemps en été qu'en hiver (16h15mn en été et 8h15mn en hiver) et pour la nuit, c'est l'inverse.

- 2) Objectifs :
- Montrer que la Terre tourne sur elle-même en tournant autour du Soleil,
 - Expliquer la variation de durée des jours et des nuits

Déroulement : 1 h 30 mn.

① "Démonstration" de la rotation et de la révolution de la Terre :

Nous avons deux informations : ⇒ Le jour dure 24h,

⇒ La variation (graphique) s'étale sur 365 jours,

Il faut donc trouver parmi les cinq explications de l'alternance jour/nuit celles qui contiennent **deux** périodes (voir page 216) : il reste donc

④ *La Terre tourne sur elle-même et le Soleil tourne,*

⑤ **La Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil.**

En fait, les deux points de vue sont équivalents (cela dépend où on se trouve). Ici, il est nécessaire d'apporter un argument "d'autorité" : les astronautes ont vu que la dernière était la bonne explication.

Heureusement, comme cela a été dit page 218, la proposition ④ est rarement évoquée. Ce qui simplifie largement le travail.

A noter que l'héliocentrisme ne peut se montrer que par recoupement de plusieurs rotations : Vénus et Mars (ce qui est bien trop difficile pour des élèves).

② Structuration : La Terre tourne sur elle-même en 24h et autour du Soleil en 365 jours.

Explication de la variation de durée :

① Recueil de conceptions (Pourquoi la durée des jours et des nuits varie ?),

② Discussion collective,

③ Modélisation : on peut à présent mettre un axe de rotation dans les boules,

Modélisation : par groupe de deux (matériel : 1 boule/groupe, une lampe/tout le monde)

Réalité

Soleil

Terre

(avec axe),

Colmar

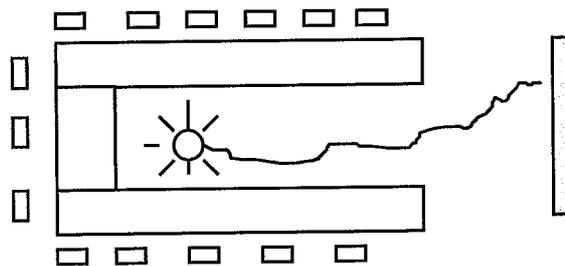
Modèle

Lampe ou ampoule,

Boule de polystyrène

Croix sur la boule.

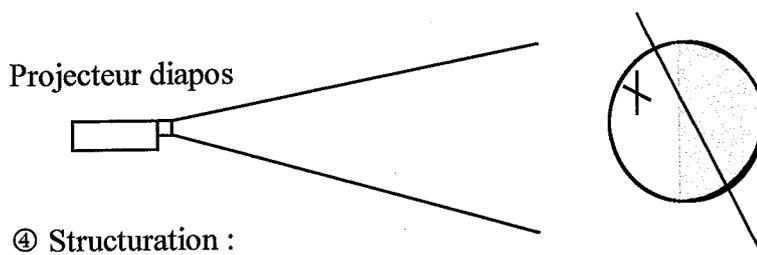
On transforme la question initiale en "trouver un moyen pour que la croix sur la boule soit plus longtemps éclairée que non éclairée par l'ampoule".



La structure en U s'impose !

Avec quelques difficultés (dont on parlera dans l'*analyse*), on constate que le meilleur moyen possible consiste à **pencher l'axe** de la boule vers l'ampoule.

Mise en commun : on prend un grand globe terrestre et on le fait tourner lentement mais régulièrement sur lui-même et on compare les durées de passage de la croix dans la partie éclairée par rapport à la partie non éclairée.



④ Structuration :

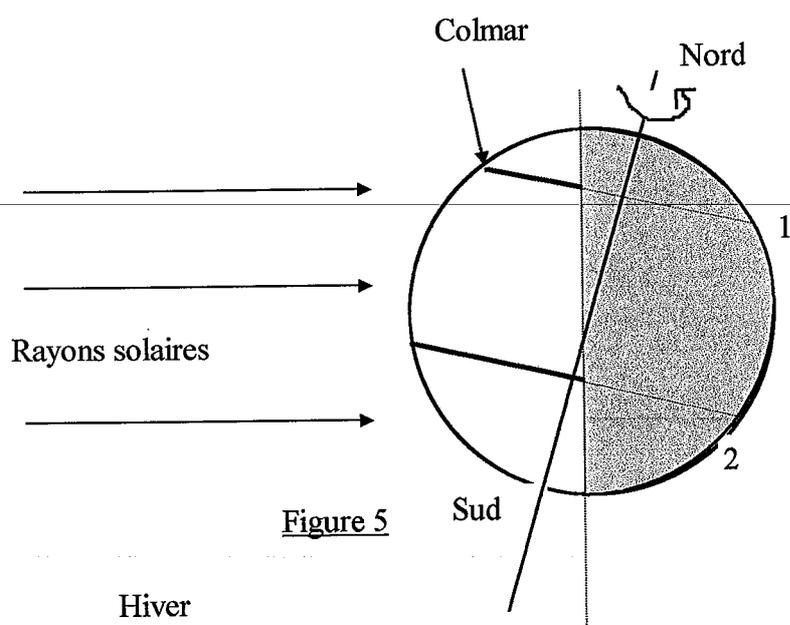


Figure 5

Si on met en parallèle la trajectoire 1 (hémisphère Nord en hiver) et la trajectoire 2 (hémisphère Sud en été), on constate que plus de la moitié de la deuxième trajectoire appartient à la partie éclairée. Ainsi les journées sont plus longues que les nuits. Et inversement pour la première trajectoire.

L'axe de la Terre est penché d'environ 23° par rapport à la verticale, en été vers le Soleil, en hiver vers l'extérieur. Ainsi, en été, la ville de Colmar reste plus longtemps éclairée qu'en hiver.

Remarques :

Mise en évidence de la variation de durée :

En général, les enfants savent que les journées sont plus longues en été qu'en hiver. Mais ils ne savent pas que cette différence varie du simple au double. De plus, cette activité permet de consolider ce savoir.

La première partie (le calcul de durée et la construction de graphique) présente quelques difficultés, principalement sur la question de la soustraction. C'est pourquoi il est nécessaire de passer du temps (au moins 3h) sur cette phase.

Si la systématisation (via de nombreux exercices de soustraction de durée) peut être nécessaire pour faciliter l'apprentissage, il ne faut pas oublier de donner du sens à ces activités. Ainsi, il est préférable de poser le problème de la variation de durée des jours et des nuits et ensuite d'apprendre à soustraire des durées et non de faire le contraire.

Dans le cas où les enfants éprouvent des difficultés pour soustraire des durées, il est possible de travailler à partir d'une flèche horaire où il suffit d'additionner les heures et les minutes en partant de l'heure de lever du Soleil jusqu'au coucher (voir page 220).

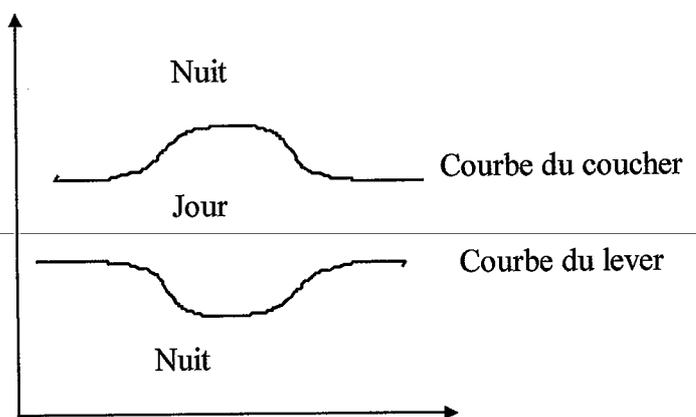
Contrairement à ce qu'on pourrait penser, les enfants arrivent assez facilement à réaliser le graphique.

Toutefois, certains d'entre eux ont du mal à comprendre la différence entre en-dessous (durée du jour) et au-dessus de la courbe (durée restante = durée de la nuit).

Ils confondent souvent les nombres sur l'axe vertical avec les heures du jour.

Si tel était le cas, le graphique ressemblerait aux courbes ci-contre.

Seul un retour sur le tableau en liaison avec le graphique permet de leur faire prendre conscience de leur confusion.



Courbe de variation des heures du lever et coucher du Soleil au cours de l'année.

Démonstration de la double rotation :

L'intérêt de mettre en relation les deux périodes (24h et 1an) avec les explications de l'alternance jour/nuit est principalement d'éviter d'apporter un argument d'autorité pour expliquer la rotation de la Terre sur elle-même.

Les enfants comprennent très bien la démarche et trouvent sans problème les explications (parfois ④ et souvent ⑤) qui cadrent avec ces deux périodes.

Modélisation :

C'est sans doute la séance la plus difficile conceptuellement de toute cette progression.

En effet, les élèves n'ont pas ou peu d'idées pour expliquer la variation de la durée des jours et des nuits.

En général :

- ① Distance plus grande en hiver entre la Terre et la Soleil,
- ② Variation de la vitesse de rotation de la Terre,
- ③ Les saisons (?!),
- ④ L'axe est incliné (très rare).

Dès que l'idée de distance est évoquée, de nombreux enfants semblent y adhérer assez facilement.

C'est sans doute la plus facile à comprendre.

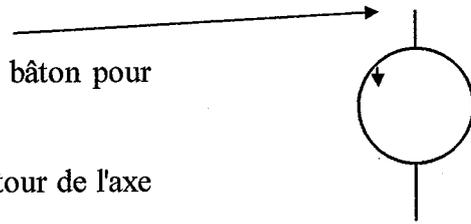
La modélisation montre très bien (avec une lampe assez forte (75 à 100W)) que la distance ne joue pas.

Comme les enfants savent que le jour dure toujours 24h, la variation de la vitesse de rotation de la Terre leur semble après discussion peu crédible.

Il est également possible de travailler sur le cadran solaire pour montrer la régularité de la rotation terrestre ($15^\circ/1h$).

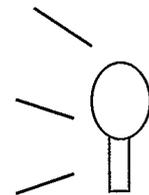
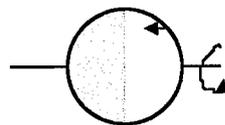
Le problème majeur est le suivant : comment faire en sorte que les enfants trouvent par eux-mêmes que si on incline l'axe de la Terre la durée des journées n'est pas égale à celle des nuits ?

- ⇒ Tout d'abord : il faut **matérialiser l'axe** par un bâton pour éviter des mouvements annexes,
- ⇒ Il faut leur demander de faire tourner la Terre autour de l'axe de manière **régulière** et de mesurer avec un chronomètre,
- ⇒ Si le blocage reste constant, alors posez leur la question suivante :



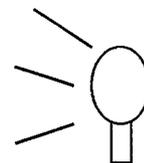
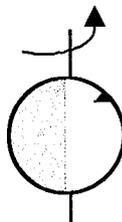
"Trouvez un moyen pour que la croix reste **toujours éclairée** même si la boule tourne sur elle-même".

Et là ! Miracle ! Les enfants font ceci :



Ensuite on leur demande : "Trouvez un moyen pour que la croix reste **moitié éclairée-moitié non éclairée** lorsque la boule tourne sur elle-même".

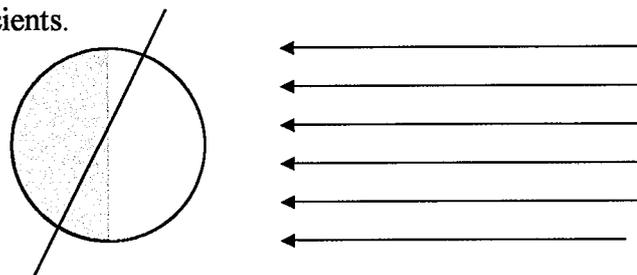
Et là, ils trouvent ceci :



Donc, pour répondre à la question initiale, il suffit de trouver la **position intermédiaire !!**

Attention : la limite entre ombre et lumière n'est pas colinéaire à l'axe Nord/Sud, ceci est fondamental!

Il faut que les enfants en soient conscients.



E) Le phénomène des saisons :

Objectifs :

- Faire une liaison entre lumière et énergie thermique,
- Expliquer le phénomène des saisons.

Déroulement : 1h30 à 2h30 en fonction du type de fonctionnement adopté.

① Recueil de conceptions (Expliquer pourquoi il y a des saisons, dessins et phrases),

② Discussion collective, apports d'informations :

× Début janvier : la distance Terre/Soleil = 147 000 000 km,

Début juillet : la distance Terre/Soleil = 152 000 000 km,

× Les saisons sont inversées entre l'hémisphère Sud et l'hémisphère Nord

⇔ **La Terre est plus loin du Soleil en été comparé à l'hiver,**

⇔ **La distance n'explique pas les saisons !!**

③ Expérimentation :

Travail en atelier tournant : 3 fois 4 groupes de 2,

⇒ Thermomètres (atelier I),

⇒ Lampes de poche (atelier II),

⇒ Photopiles (atelier III),

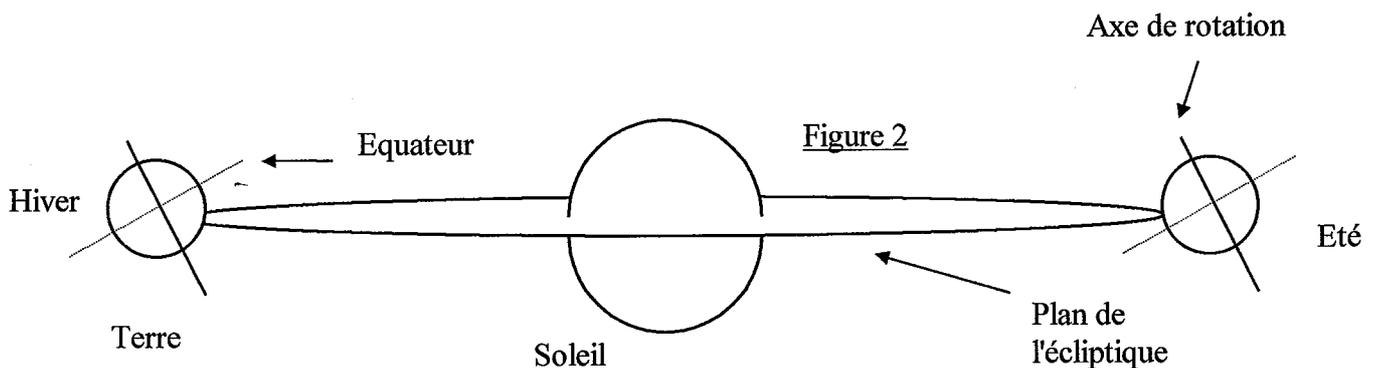
Les enfants doivent suivre un protocole expérimental mettant en évidence l'équivalence entre :

⇒ Lumière et chaleur,

⇒ Distance et inclinaison,

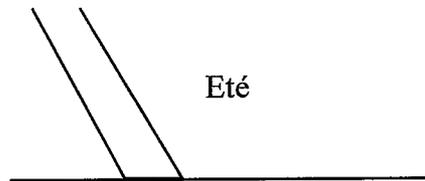
Mise en commun.

④ Structuration :



L'axe de rotation de la Terre reste penché de la même façon tout au long de l'année pour quelqu'un qui regarde le système Terre/Soleil de loin (voir dessin ci-dessus).

Ainsi, en été, l'axe de la Terre est penché vers le Soleil, et donc les rayons solaires frappent "fort", il fait chaud :



En hiver, l'axe de la Terre est penché vers l'extérieur par rapport au Soleil, et donc les rayons solaires "rasent", il fait froid :



Remarques :

Les conceptions les plus fréquentes sont les suivantes :

- ⇒ Rien (majoritaire),
- ⇒ Distance Terre/Soleil plus grande en hiver qu'en été (fréquent),
- ⇒ Axe incliné (peu fréquent),

De la même façon qu'en ce qui concerne la variation des jours et des nuits, l'idée de distance variable séduit une grande partie des élèves dès qu'elle est évoquée, quand bien même l'inclinaison de l'axe Nord/Sud a été vu précédemment dans l'explication de la variation de la durée des jours et des nuits.

Pourquoi ?

Plusieurs obstacles se dressent dans la tête des enfants pour qu'ils puissent faire le lien entre inclinaison et saisons :

- ⇒ La distance correspond à un vécu quotidien : lorsqu'on s'éloigne d'une source de chaleur, on a plus froid,
- ⇒ Le lien entre inclinaison de l'axe et inclinaison des rayons n'est pas immédiat,

⇒ Et surtout le lien entre rayons et chaleur n'a pas été mis en évidence.

C'est pourquoi il convient de leur faire "sentir" via l'expérimentation.

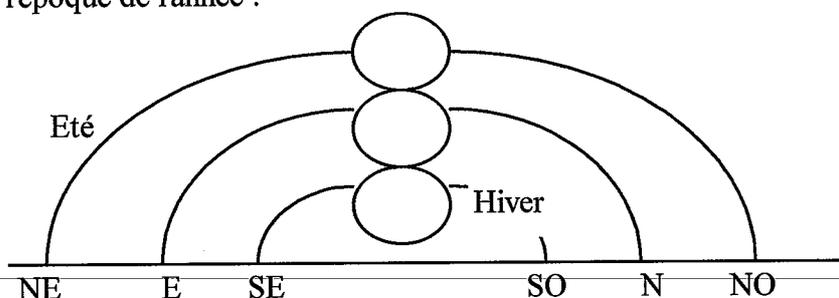
Il ne suffit pas de donner l'information " **La Terre est plus loin du Soleil en été comparé à l'hiver**" aux enfants pour que ceux-ci l'acceptent d'emblée et surtout acceptent l'idée d'inclinaison.

Etant en plein conflit cognitif, il est nécessaire de leur apporter des **expérimentations** suffisamment bien pensées pour leur donner un **modèle explicatif de remplacement** qui leur conviennent.

Cette séance peut s'organiser de plusieurs façons :

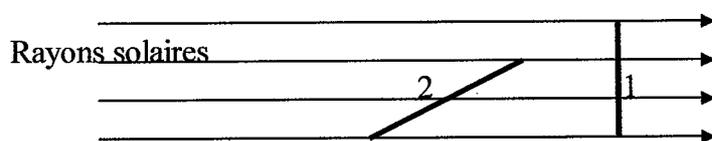
- ① 2h30mn : ateliers tournants (chaque élève fait les trois ateliers) et mise en commun (idéal),
- ② 1h30mn : trois ateliers non tournants (chaque enfant ne participe qu'à un atelier) et mise en commun (l'élève ne se rappellera que de son atelier et pas des autres).

Lors de la structuration, il est possible d'évoquer également les différentes trajectoires du Soleil en fonction de l'époque de l'année :



Le Soleil est plus haut en été et donc les rayons "frappent plus fort" la surface terrestre.

Rappel : Pourquoi l'inclinaison des rayons ⇒ baisse de température ?



En 1, on capte 4 rayons (situation été) et en 2 on en capte 3 (situation hiver), ainsi, le "capteur solaire" incliné capte moins d'énergie, donc la température diminue.

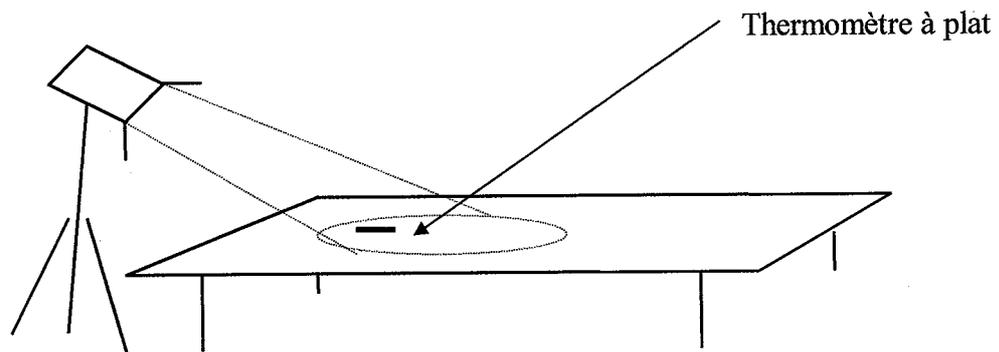
Atelier I

Groupe Thermomètre

Matériel : un thermomètre, un spot de 500W ou la lumière du Soleil au printemps !

Voici ce que vous devez faire :

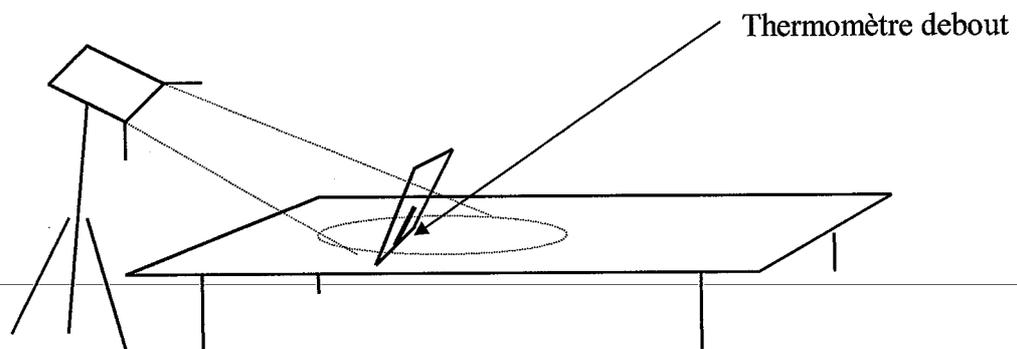
1) Faites cette expérience (voir le dessin ci-dessous), quelle est la température ?



Placer le thermomètre sur la tâche de lumière, sur la table. Attendre que le liquide rouge ne bouge plus.

Température :

2) Faites cette expérience (voir le dessin ci-dessous), quelle est la température ?



Attention : Incliner le thermomètre vers le spot et attendre 5 minutes !!!

Température :

3) Expliquez la différence entre les deux mesures ?

4) Quel rapport avec les saisons ?

Atelier II

Groupe Lampe de poche

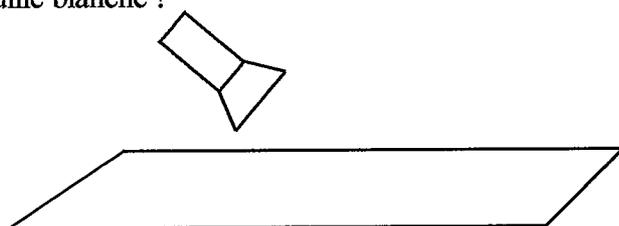
Matériel : une lampe de poche, une feuille blanche !

Voici ce que vous devez faire :

1) Faites cette expérience (voir le dessin ci-dessous), quelle est la taille de la tâche ?

La lampe doit être bien au-dessus de la feuille.

Avec un crayon, dessinez les contours de la tâche de lumière sur la feuille blanche !



Faire le dessin de la tâche

2) Faites cette expérience (voir le dessin ci-dessous), quelle est la taille de la tâche ?

La lampe doit être positionnée en lumière rasante (un peu au dessus).

Avec un crayon, dessinez les contours de la tâche de lumière !



Faire le dessin de la tâche

3) A votre avis, si la lampe était le Soleil, dans quelle expérience cela chaufferait le plus sur la feuille blanche ?

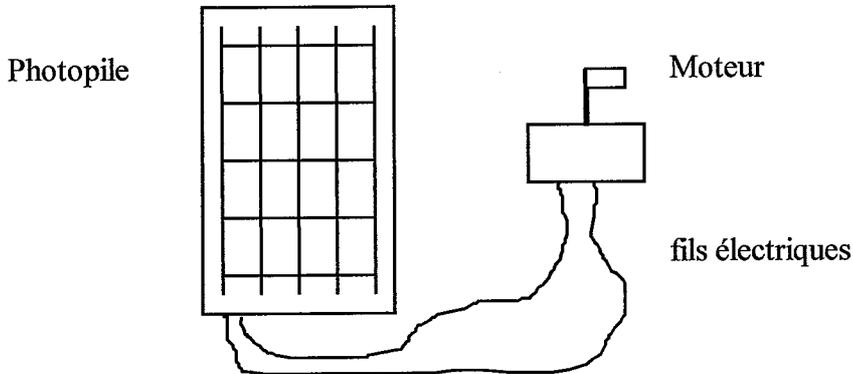
4) Si la lampe était le Soleil, et la feuille le sol de la Terre, à quelle saison correspondrait l'expérience 1, et ensuite l'expérience 2 ?

Atelier III

Groupe Photopile

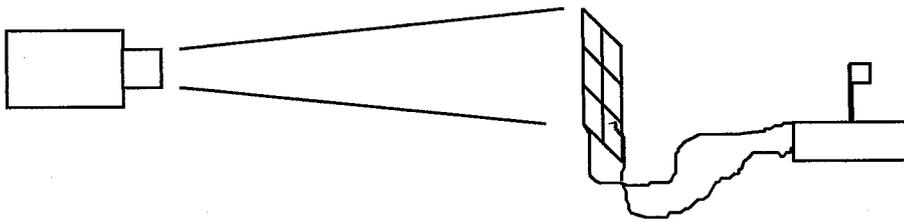
Matériel : Un moteur relié à une photopile (fournisseur : Opitec) !

Une photopile transforme la lumière en électricité,
le moteur permet de "voir" si l'électricité est grande ou pas.

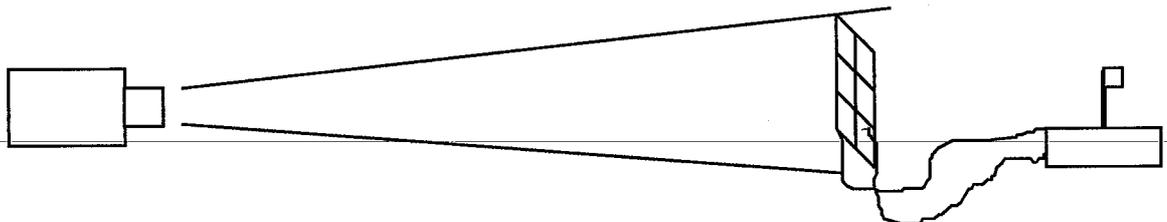


Voici ce que vous devez faire :

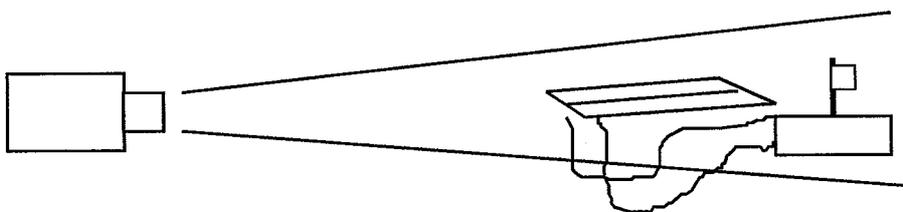
1) Présenter la photopile face à la lumière du projecteur diapos, que se passe-t-il ?



2) Que se passe-t-il si vous vous éloignez du projecteur diapos ?



3) Si vous inclinez la photopile (voir dessin ci-dessous), que se passe-t-il ?



4) Quel est le rapport avec les saisons ?

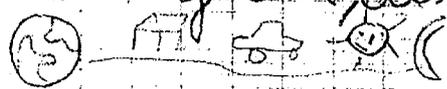
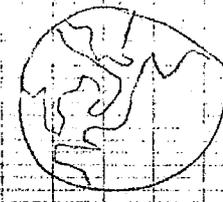
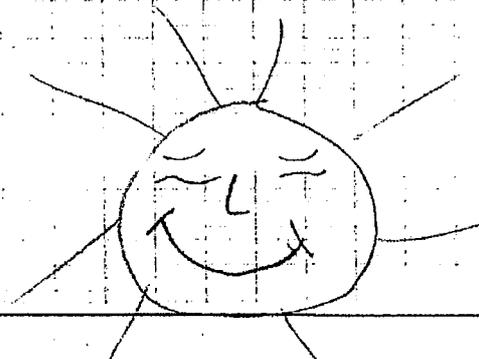
Annexe II : Elève de CE2 égo-centré
(Catégorie Ib/IIIa (Piaget))

NOM : *Marigona CE2*

Jeudi 8 novembre 2001

#12

LA TERRE ET LE SOLEIL

<p>Ce que je pense</p>	<p>Qu'est-ce que la Terre ? Quelle est sa forme ? De quoi est-elle faite ?</p> <p><i>la terre c'est des pays, des maisons, des montagnes, des continents.</i></p>  <p><i>elle est ronde. elle est en pierre avec la boue.</i></p>  <p>Qu'est-ce que le Soleil ? Quelle est sa forme ? De quoi est-il fait ?</p> <p><i>le soleil c'est beau il rechauffe quand il m'arrive pas là il fait froid. elle ronde avec des trous autour d'elle. elle est jaune.</i></p>
	

NOM : *Marigona*

<p>Ce que je pense après la discussion</p>	<p><i>Je pense toujours pareille.</i></p>
<p>Ce que j'ai appris</p>	<p><i>La Terre est une planète bleue. La Terre est une sphère (ballon) composée de gaz, d'eau et de roche. Le soleil est une étoile. C'est une boule de gaz en feu qui apporte de la lumière et de la chaleur à la Terre.</i></p>

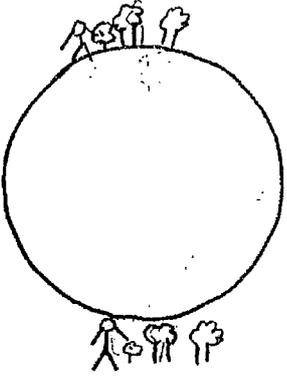
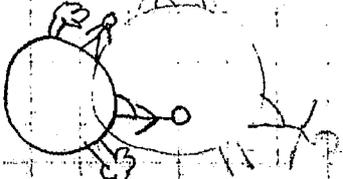
LA TERRE

<p>Ce que je pense</p>	<p>Comment fait-on pour s'orienter ?</p> <p><i>On écrit sur les arbres des flèches et tu te y orientes.</i></p> <p>La boussole : qu'est-ce que c'est ? Comment ça marche ?</p> <p><i>La boussole c'est nord c'est ça qui montre ton chemin quand tu es perdu avec des piles.</i></p>
<p>Ce que j'ai vu</p>	Empty grid for drawing
<p>Ce que j'ai appris</p>	<p><i>La boussole indique une direction le Nord. À partir du Nord on peut trouver les trois autres directions le Sud, l'Est et l'Ouest. La boussole est un aimant attiré par la terre. La terre se comporte comme un aimant. Les pôles de la terre sont le Nord et le Sud.</i></p>

Nom, prénom : *Marigona*

vendredi 23 novembre 2001

LA TERRE

<p>Ce que je pense</p>	<p>Dessine les gens de l'autre côté de la Terre et explique ton dessin.</p> 
<p>Ce que j'ai vu</p>	<p><i>Les Aburhaliens sont comme nous, ils ont les pieds sur Terre.</i></p>
<p>Ce que j'ai appris</p>	<p><i>La Terre attire les personnes vers le centre; ceux qui sont en bas des Aburhaliens pense que nous sommes en bas, ainsi de l'autre côté de la Terre, les gens ne tombent pas.</i></p> 

Nom, prénom : *Marigona* #12

Jeudi 29 novembre 2001

L'alternance jour/nuit

<p>Ce que je pense</p>	<p>Explique pourquoi il fait jour.</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <p>Explique pourquoi il fait nuit.</p> <p><i>parce - que dans la nuit les gens dorment et les animaux</i></p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>Ce que je pense après la discussion</p>	<p>Pourquoi fait-il jour ? Pourquoi fait-il nuit ?</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>Ce que j'ai appris. <i>Ce que je pense après l'expérience</i></p>	<p><i>Le Soleil tourne autour de la Terre. La Terre tourne sur elle-même, le soleil est fixe. Le Soleil tourne la terre et la terre tourne Le Soleil tourne sur elle-même et autour du soleil</i></p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Nom, prénom : *Marigona*

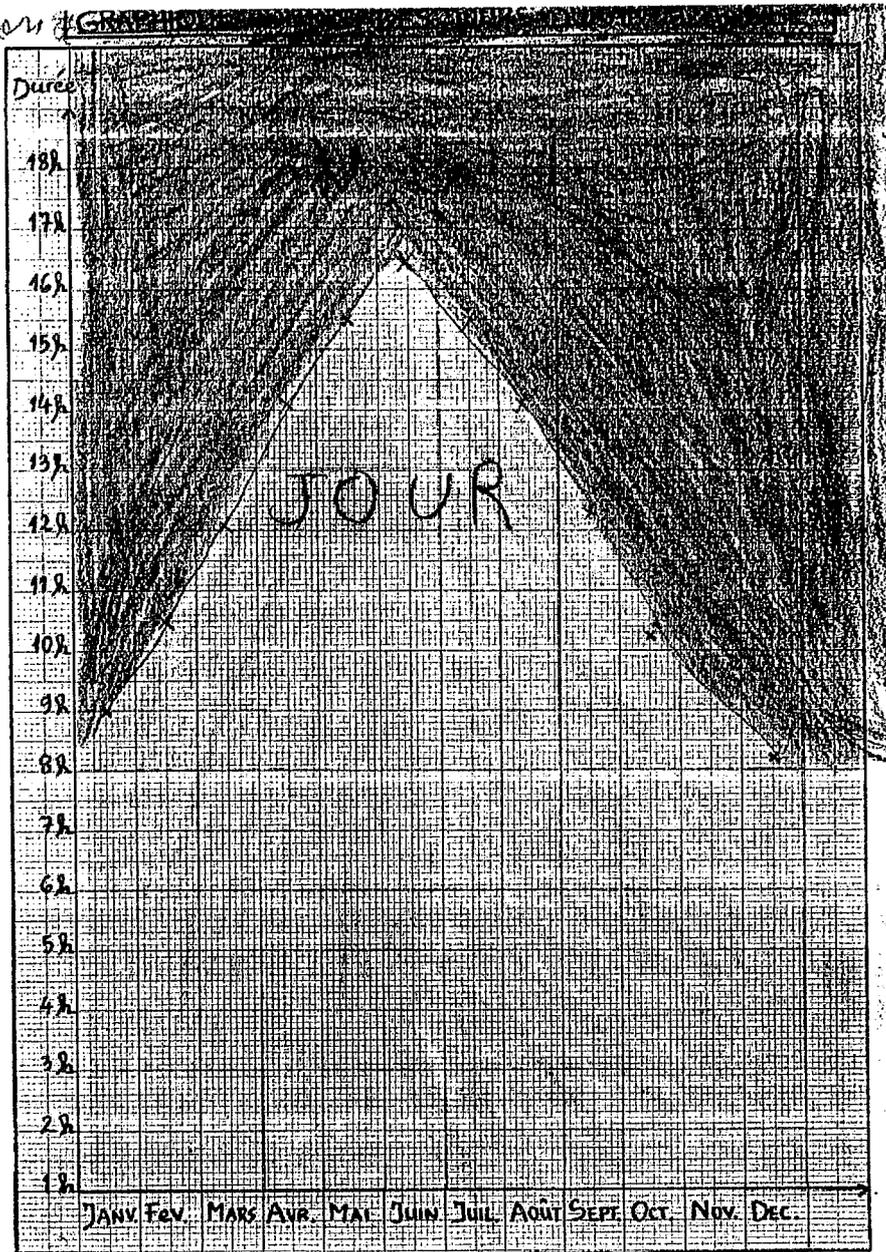
Jeudi 29 novembre 2001

L'alternance jour/nuit

<p>Ce que je pense</p>	<p>Est-ce que les jours et les nuits ont la même durée tout au long de l'année ? (en été et en hiver par exemple)</p> <p><i>Non, parce que en hiver il fait froid et il neige. En été il fait chaud alors le jour il reste longtemps.</i></p>
-------------------------------	--

NOUMI :

Mari g...
C... ..



Ce que j'ai appris

En été les jours sont longs et les nuits sont courtes.
En hiver, les jours sont plus courts et les nuits sont plus longues.

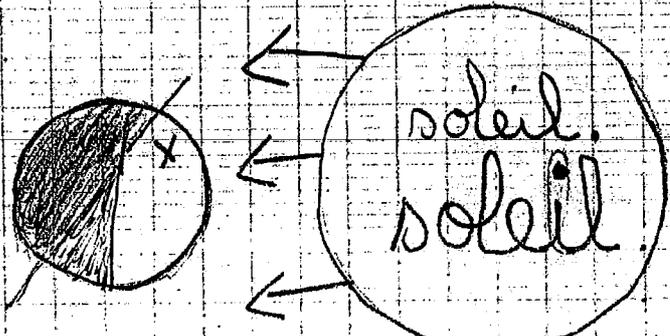
La durée des jours et des nuits

Ce que je pense Pourquoi les jours sont plus longs en été qu'en hiver et les nuits plus courtes ?
 Parce que en été il fait chaud et il fait plus jours que l'hiver.

Ce que j'ai trouvé pendant l'expérience Comment faire pour que le jour soit long et la nuit quelle est courte



Ce que j'ai appris En été la Terre est penchée vers l'intérieur vers le soleil.



En hiver, la Terre est penchée vers l'extérieur

LES SAISONS

Ce que je pense Comment expliquer les saisons ? (phrases et dessins)

*Parce que en hiver il neige c'est froid!
Et en été il ya du soleil!*

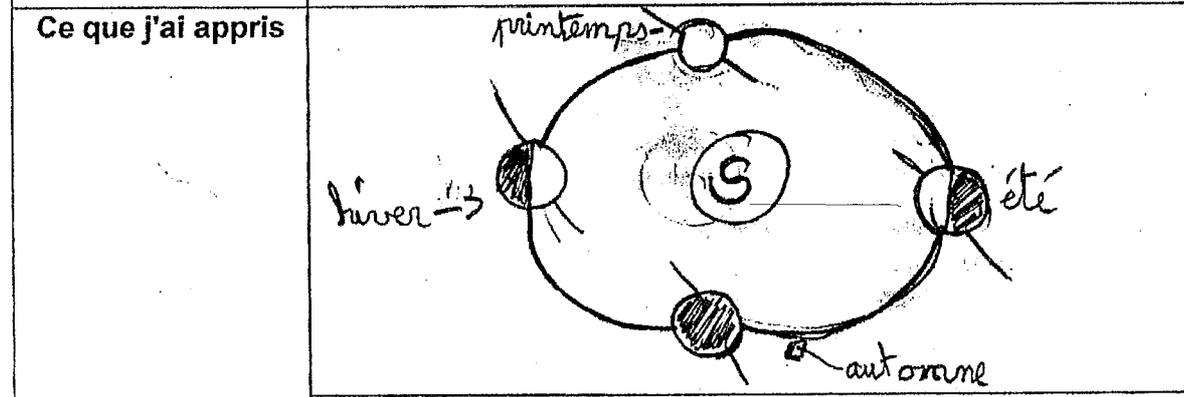


Ce que je pense après la discussion

Je pense la même chose

J'ai changé d'opinion

Ce que j'ai vu Voir feuille



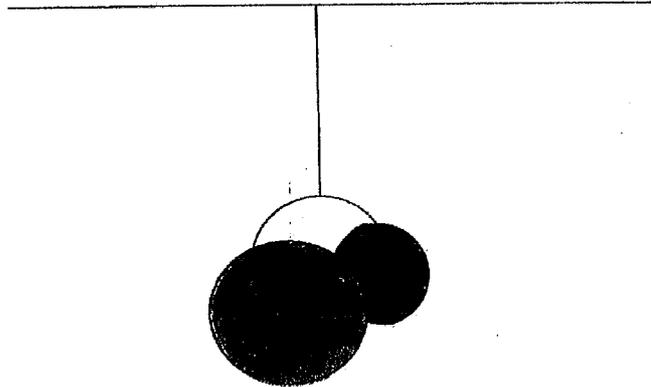
*L'axe de la terre reste penché dans la même sens tout au long de l'année.
En été, l'axe de la terre est penché vers le soleil, les rayons frappent fort il fait chaud.
En hiver, l'axe de la terre est penché vers l'extérieur par rapport au soleil il fait froid*

12

Le test des boules de couleurs

Nom : *Morignon*

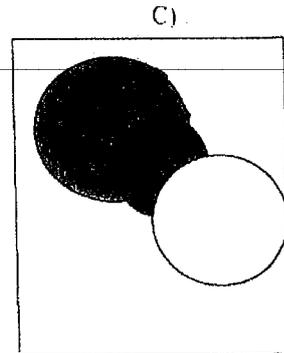
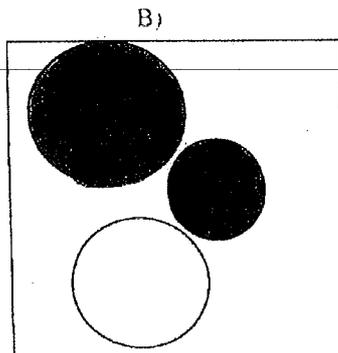
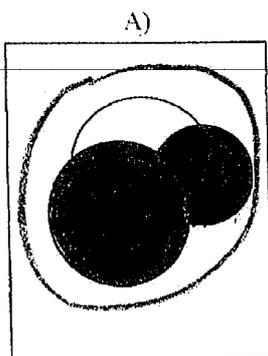
Voici trois boules (une blanche, une rouge, une verte) accrochées à un plafond comme ceci :



1) Dessiner comment on verrait les boules si on les regardait de derrière la boule blanche :



2) Entourer le dessin qui montre ce qu'on verrait si on regardait en-dessous des boules :



NOM : Marigona

Jeudi 8 Novembre 2001

H12

1° Boule allongée

Les boules ont-elles encore le même poids ? Pourquoi ?

les boules pèse le poids. parce que c'est les même forme.

2° Boule aplatie

Les boules ont-elles encore le même poids ? Pourquoi ?

oui elle ont le même poids toujours. parce que c'est le même.

3° Boule fractionnée

Les boules ont-elles encore le même poids ? Pourquoi ?

oui elle ont le même poids. parce que c'est le même.

4° Boule suspendue

Les boules ont-elles encore le même poids ? Pourquoi ?

oui. parce que c'est les même formes

Maurigond

12

est des forme

par couleur

par forme

par longueur

par largeur

87E 12

Astronomie, Evaluation 3 mois

Nom et prénom : *Marigona*

Classe : *CE 2*

1) Expliquer pourquoi les gens au Sud de la Terre ne tombent pas :

parce-que ils sont au centre de la terre.

2) Expliquer pourquoi l'aiguille d'une boussole est attirée par le Nord :

parce-que elle est attirée par la terre

3) Expliquer pourquoi il fait tantôt jour, tantôt nuit :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre tourne autour du Soleil fixe sans tourner sur elle-même,
- La Terre tourne sur elle-même sans tourner autour du Soleil fixe,
- Le Soleil tourne autour de la Terre fixe,
- La Lune permet d'expliquer la nuit,
- La Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil,
- La Terre tourne sur elle-même et le Soleil tourne,
- Autre proposition :

Faire un dessin :



12

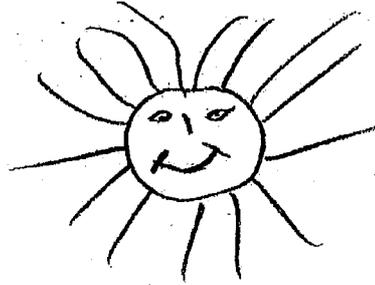
Marigona

4) Expliquer pourquoi la journée est plus longue en été qu'en hiver :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre tourne sur elle-même moins vite en été,
- La Terre est penchée vers le Soleil,
- La Terre est plus près du Soleil,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

Faire un dessin :

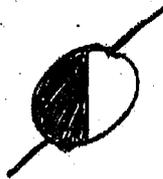


5) Expliquer le phénomène des saisons :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre est plus près du Soleil en été et plus loin en hiver,
- La Terre est penchée vers le Soleil en été et vers l'extérieur en hiver,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

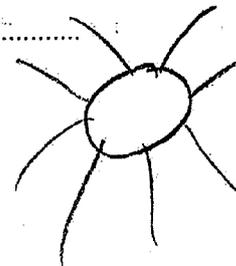
Faire un dessin du mouvement Terre-Soleil :



6) Pourquoi la lune change de forme ?

- La Lune tourne autour de la Terre et on la voit différemment,
- La Terre cache la Lune avec son ombre,
- La Lune est mangée par les étoiles tous les mois,
- Autre proposition :

Faire un dessin du mouvement Terre-Lune-Soleil :



Astronomie, Evaluation 1 AN APRÈS

Nom et prénom : *Marigona*

Classe : *CM1*

1) Expliquer pourquoi les gens au Sud de la Terre ne tombent pas :

Les gens du sud ne tombent pas, parce que il y a un élément de un million de la terre.

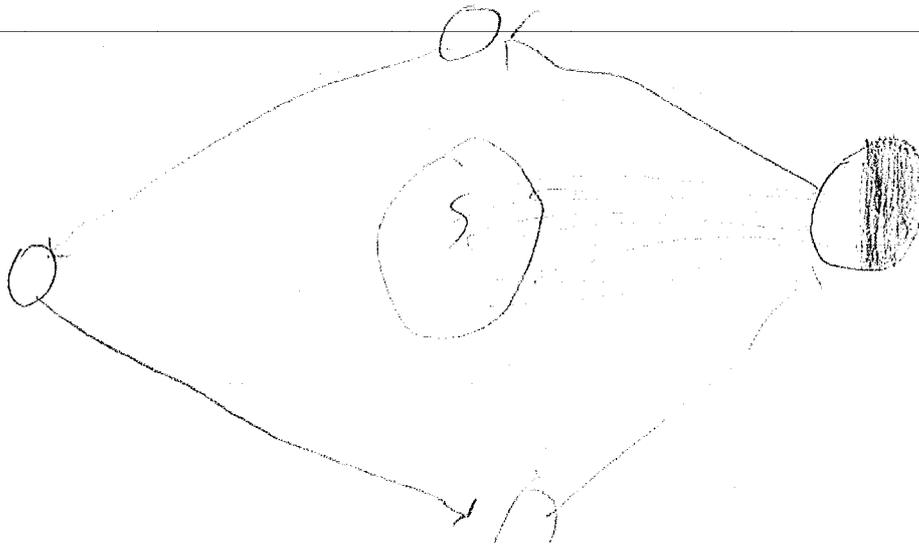
2) Expliquer pourquoi l'aiguille d'une boussole est attirée par le Nord :

3) Expliquer pourquoi il fait tantôt jour, tantôt nuit :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre tourne autour du Soleil fixe sans tourner sur elle-même,
- La Terre tourne sur elle-même sans tourner autour du Soleil fixe,
- Le Soleil tourne autour de la Terre fixe,
- La Lune permet d'expliquer la nuit,
- La Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil,
- La Terre tourne sur elle-même et le Soleil tourne,
- Autre proposition :

Faire un dessin :

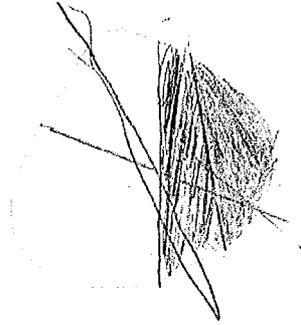


4) Expliquer pourquoi la journée est plus longue en été qu'en hiver :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre tourne sur elle-même moins vite en été,
- La Terre est penchée vers le Soleil,
- La Terre est plus près du Soleil,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

Faire un dessin :

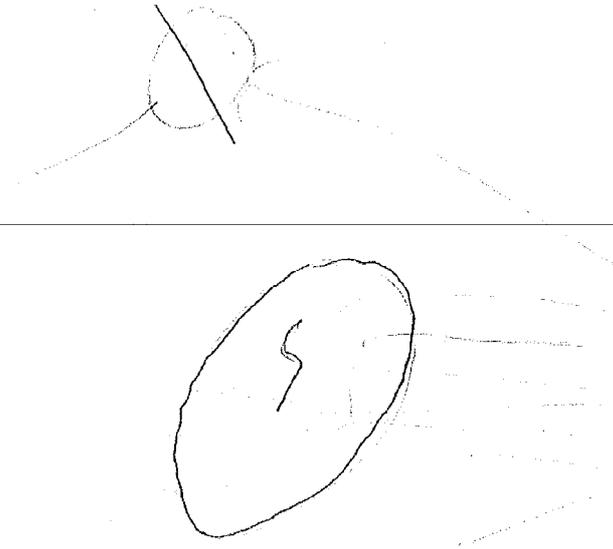
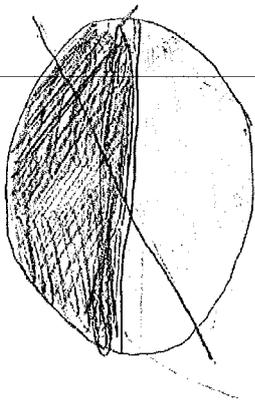


5) Expliquer le phénomène des saisons :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre est plus près du Soleil en été et plus loin en hiver,
- La Terre est penchée vers le Soleil en été et vers l'extérieur en hiver,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

Faire un dessin du mouvement Terre-Soleil :



**Annexe III : Elève de CM1 Stade « proche » du formel
(Catégorie IIIb (Piaget))**

JVS

Nom: *Bruatin*
Prénom: *Muriel*
CS1

ASTRONOMIE



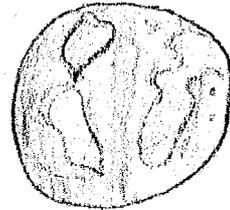
I. Ce que je pense :

Quelle est la forme de la Terre ? *Elle est en la forme d'une boule.*

Que peux-tu dire de plus à propos de la Terre ?
(Qu'est-ce que la Terre ? De quoi est composée la Terre ?...)

La terre est une ^{des} planètes de notre système solaire.

Dessine la Terre en utilisant tes crayons de couleurs.

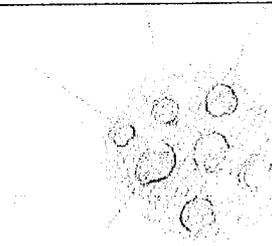


Quelle est la forme du Soleil ? *Le soleil a la forme d'une grosse boule.*

Que peux-tu dire de plus à propos du Soleil ?
(Qu'est-ce que le Soleil ? De quoi est composé le Soleil ?...)

Le soleil est une étoile. C'est la seule étoile qu'on voit le matin.

Dessine le Soleil en utilisant tes crayons de couleurs.





Que penses-tu ? Souligne ta réponse.

1. Je pense que le Soleil est plus gros que la Terre.
2. Je pense que la Terre est plus grosse que le Soleil.
3. Je ne sais pas.



Peux-tu dire ce qu'est une étoile ?

1. Oui, une étoile c'est une boule de feu. Souvent elle est plus grande que le soleil.

2. Non, je ne peux pas dire ce qu'est une étoile.

Peux-tu donner le nom d'une étoile ?

La grande ourse.



Peux-tu dire ce qu'est une planète ?

1. Oui, une planète c'est souvent de la poussière de l'espace et des cratères qui s'embrasent.

2. Non, je ne peux pas dire ce qu'est une planète.

Peux-tu donner le nom d'une planète ?

Mars, Jupiter, Vénus, Pluton, Uranus, Saturne, Mercure.

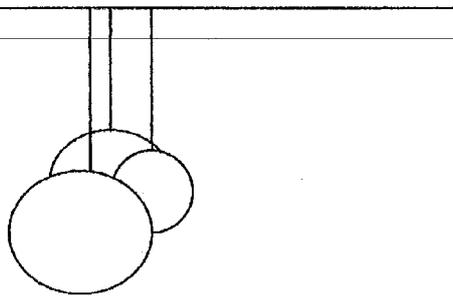
II. Si les autres t'ont fait changer d'avis, tu peux modifier ce que tu avais écrit en utilisant ton stylo vert.

Nom :

Prénom :

Les boules de couleurs :

Voici trois boules (une rouge, une jaune, une blanche) accrochées au plafond comme ceci.



Muriel

venue, vzy
- tout pareil

SVS

La boussole

Approchez différents objets de l'aiguille de la boussole.

1. Mettez une croix dans la case qui convient.
2. Trouvez un objet qui ne fait pas dévier l'aiguille et écrivez le dans une des cases vides.
3. Trouvez un objet qui fait dévier l'aiguille et écrivez-le dans une des cases vides

	Gomme	Lame de ciseaux	Trombone	Papier	Règle en plastique	La pointe d'un stylo (en fer)
L'aiguille dévie		X	X			X
L'aiguille ne dévie pas	X			X	X	

4. Que pouvez-vous conclure ?

... Que les objets en fer font dévier l'aiguille. Les objets en fer sont les nœuds d'un échantillon. Que des métaux ne font pas dévier l'aiguille: le cuivre, l'aluminium. Il ya des métaux qui font dévier l'aiguille: le fer, l'étain et l'or.

5. Mettez une croix dans la case qui convient.
6. Trouvez un objet que l'aimant attire et écrivez le dans une des cases vides.
7. Trouvez un objet que l'aimant n'attire pas et écrivez-le dans une des cases vides.

	Gomme	Lame de ciseaux	Trombone	Papier	Règle en plastique	Du fer
L'aimant l'attire		X	X			X
L'aimant ne l'attire pas	X			X	X	

8. Que pouvez-vous conclure ?

L'aimant attire le fer. Il n'attire pas le cuivre, l'aluminium, l'étain et l'or.

9. Maintenant, pouvez-vous dire ce qu'est l'aiguille de la boussole?

L'aiguille est un aimant de la boussole.

10. Dans quelle direction s'oriente votre aimant qui flotte ?

Dans la direction Nord-Sud.

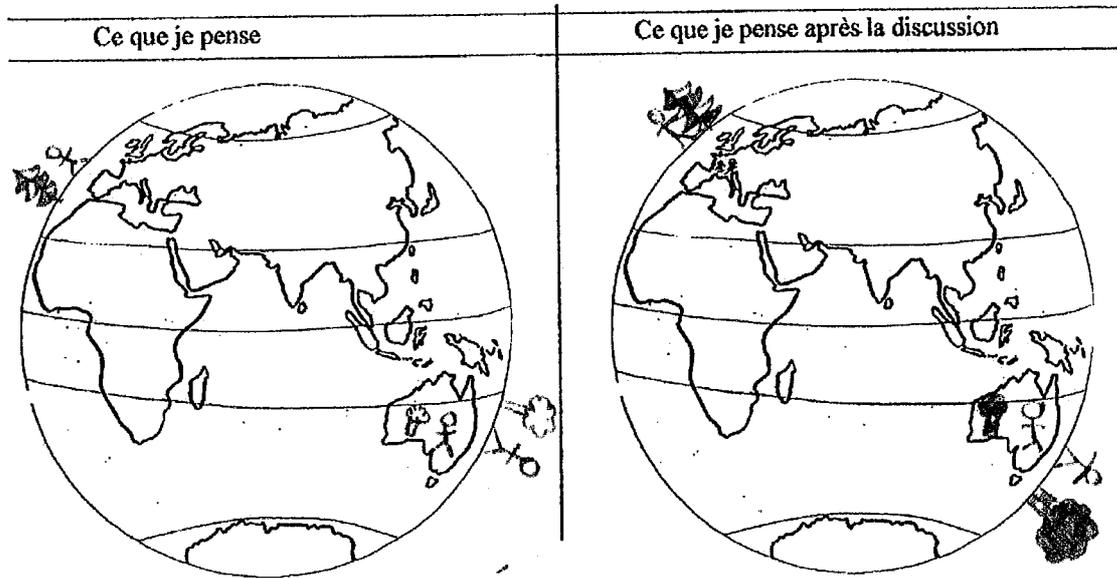
**La Terre est orientée nord-sud. Elle a un pôle nord et un pôle sud.
La Terre est un aimant.**

Mouriel

climdes 0

SVS

Dessine un arbre et une personne en France puis dessine un arbre et une personne en Australie :

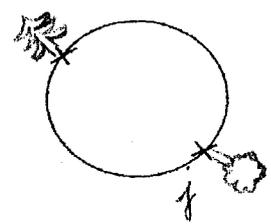


Après avoir placé des «hommes» sur notre globe terrestre et lu un document, voilà ce que nous avons choisi de retenir :

Qu'ils soient les hommes n'ont pas l'impression
d'avoir la tête en bas. Les hommes marchent
sur leurs pieds



Nom et prénom : Baultin Muriel



1. Dessine un arbre en France et un arbre en Australie.

Ce que je pense :

Explique pourquoi il fait jour, pourquoi il fait nuit sur Terre.

La terre tourne autour d'elle-même.
Le soleil, lui, reste où il est.
Comme la terre tourne, si on
met un point sur une boule, on
met une lampe devant, on la fait tourner,
le point est éclairé puis dans le sombre.

S
T
S

Ce que je pense après avoir discuté avec les autres :

Si on met un point sur la terre,
12 heures le point serait éclairé, 12 heures
il ne serait pas éclairé.

S
T
S

12h nuit
12h jour

Trouvez deux façons pour que la croix sur la boule soit tantôt éclairée, tantôt non éclairée par l'ampoule.

1^{ère} façon : Si on met la lampe à un endroit
et la terre en face de la lumière on fait
tourner et le point est éclairé puis pas éclairé.
2^{ème} façon : la terre

J

Voici les différentes façons que nous avons trouvées :

La terre tourne sur elle-même et le soleil tourne
autour de la terre à une autre
vitesse. La terre tourne autour du soleil
et sur elle-même. Le soleil reste immobile et
la terre tourne sur elle-même. La terre serait
immobile et le soleil tournerait autour. - ou
La terre tourne autour du soleil

Nom et prénom : Poruttin

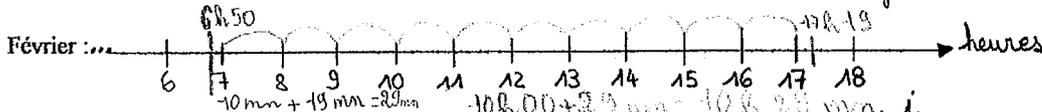
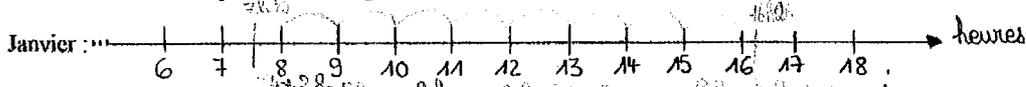
1. Ce que je pense: est-ce que les jours et les nuits ont toujours la même durée au cours de l'année en France? Non, parce que la terre tourne autour du soleil et que l'axe de la terre est penché, et donc en été les jours sont plus longs et en hiver c'est les nuits qui sont plus longues.

2. Ce que je pense après la discussion : Je pense la même chose.

3. Je vérifie ce que je pense : je calcule la durée du jour en France pour chaque mois de l'année 2002

Date	Heure du lever du soleil	Heure du coucher du soleil	Durée du jour	Durée du jour choisie pour le graphique
21 janvier 2002	07 h 36 mn	16 h 28 mn	8 h 52 mn	9 h 00 mn
21 février 2002	06 h 50 mn	17 h 19 mn	10 h 29 mn	10 h 20 mn
21 mars 2002	05 h 54 mn	18 h 03 mn	12 h 09 mn	12 h 00 mn
21 avril 2002	04 h 50 mn	18 h 49 mn	13 h 59 mn	14 h 00 mn
21 mai 2002	04 h 04 mn	19 h 32 mn	15 h 28 mn	15 h 30 mn
21 juin 2002	03 h 49 mn	19 h 56 mn	16 h 07 mn	16 h 00 mn
21 juillet 2002	04 h 11 mn	19 h 42 mn	15 h 31 mn	15 h 30 mn
21 août 2002	04 h 53 mn	18 h 54 mn	14 h 01 mn	14 h 00 mn
21 septembre 2002	05 h 37 mn	17 h 50 mn	12 h 13 mn	12 h 00 mn
21 octobre 2002	06 h 21 mn	16 h 48 mn	10 h 27 mn	10 h 30 mn
21 novembre 2002	07 h 10 mn	16 h 02 mn	8 h 52 mn	9 h 00 mn
21 décembre 2002	07 h 44 mn	15 h 54 mn	8 h 10 mn	8 h 00 mn

Je calcule la durée du jour en France pour les mois suivants :



Mars :
$$\begin{array}{r} 12 \text{ h } 09 \text{ mn} \\ - 0 \text{ h } 54 \text{ mn} \\ \hline 11 \text{ h } 15 \text{ mn} \end{array}$$
 ou
$$\begin{array}{r} 12 \text{ h } 09 \text{ mn} \\ - 0 \text{ h } 54 \text{ mn} \\ \hline 11 \text{ h } 15 \text{ mn} \end{array}$$

Avril :
$$\begin{array}{r} 13 \text{ h } 59 \text{ mn} \\ - 0 \text{ h } 50 \text{ mn} \\ \hline 13 \text{ h } 09 \text{ mn} \end{array}$$
 ou
$$\begin{array}{r} 13 \text{ h } 59 \text{ mn} \\ - 0 \text{ h } 50 \text{ mn} \\ \hline 13 \text{ h } 09 \text{ mn} \end{array}$$

Mai :
$$\begin{array}{r} 15 \text{ h } 28 \text{ mn} \\ - 0 \text{ h } 49 \text{ mn} \\ \hline 14 \text{ h } 39 \text{ mn} \end{array}$$
 ou
$$\begin{array}{r} 15 \text{ h } 28 \text{ mn} \\ - 0 \text{ h } 49 \text{ mn} \\ \hline 14 \text{ h } 39 \text{ mn} \end{array}$$

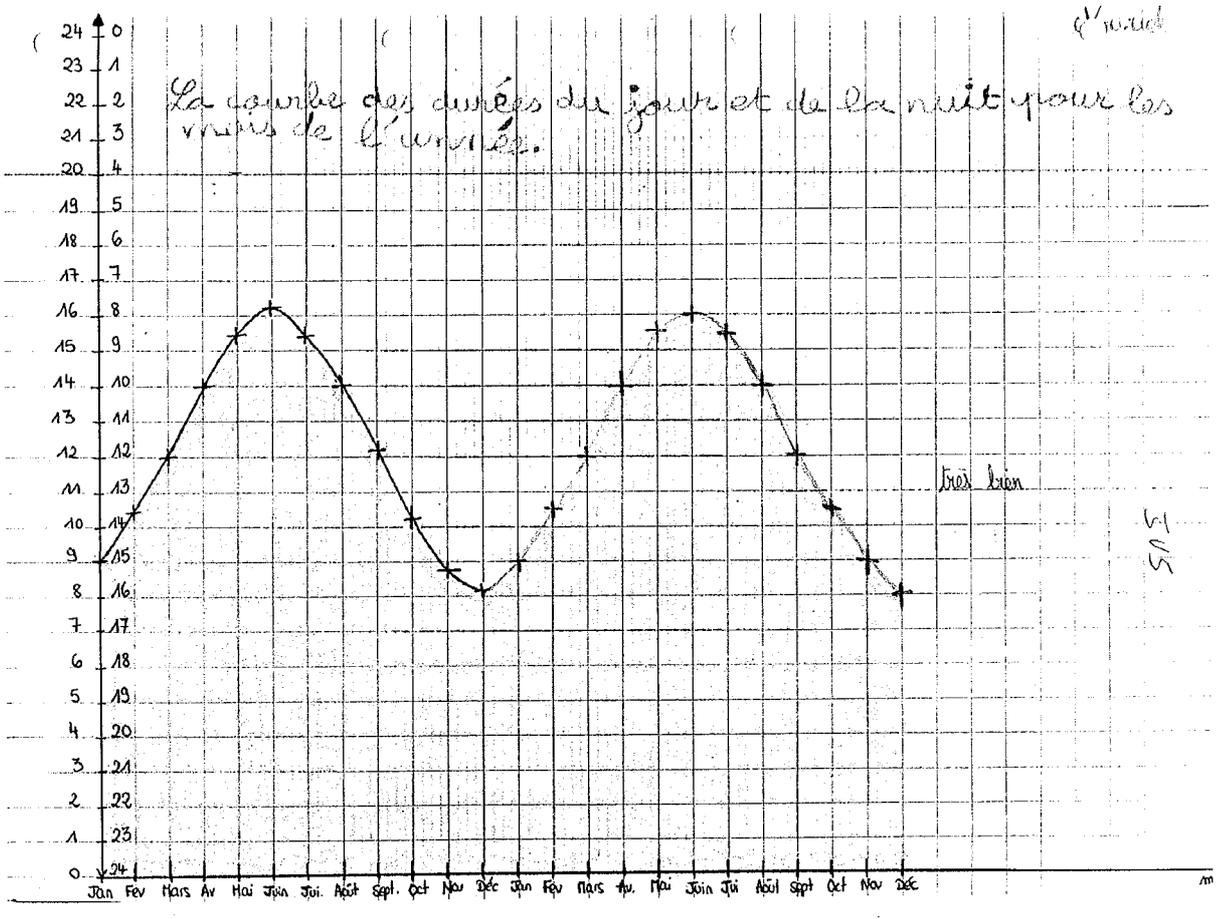
Juin :
$$\begin{array}{r} 16 \text{ h } 07 \text{ mn} \\ - 0 \text{ h } 49 \text{ mn} \\ \hline 15 \text{ h } 18 \text{ mn} \end{array}$$
 ou
$$\begin{array}{r} 16 \text{ h } 07 \text{ mn} \\ - 0 \text{ h } 49 \text{ mn} \\ \hline 15 \text{ h } 18 \text{ mn} \end{array}$$

D'après le tableau, je peux dire que :

En mars et le 21 septembre il fera jour pendant 12 heures et il fera nuit pendant 12 heures.
En 15 novembre et 15 juin, le jour sera le plus long et le 21 décembre, il sera le plus court.

6/10/1968

La courbe des durées du jour et de la nuit pour les
mois de l'année.



Très bien

3/15

4. Ce qu'on a appris :

Nom prénom

Justin

On sait qu'un jour dure 24 h.

De plus, on a vu sur notre graphique qu'on a chaque année ^{une} ~~un~~ ^{crois} ~~crois~~ qui revient.

Donc, on peut dire que si il fait jour et nuit sur la Terre c'est soit parce que ^{la terre tourne} ~~la terre tourne~~

~~autour du soleil et que elle-même soit plane que la terre tourne sur elle-même et le soleil tourne autour de la terre à une vitesse lente.~~

Maintenant, il faut demander aux astronautes ce qu'ils ont vu. Eh bien, ils ont vu que ~~la terre tourne~~

~~autour du soleil et que elle-même.~~

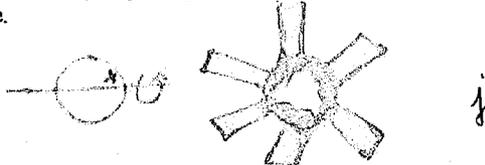
1. Ce que je pense : pourquoi la durée des jours et des nuits varie ?

Le axe de la terre est penché.

2. Ce que je pense après la discussion :

La Terre est penchée

3. Je trouve un moyen pour que la croix soit toujours éclairée quand la « Terre » tourne sur elle-même.



4. Je trouve un moyen pour que la croix soit la moitié du temps éclairée et l'autre moitié non éclairée quand la « Terre » tourne sur elle-même:



5. Je trouve un moyen pour que la croix soit plus longtemps éclairée que non éclairée quand la « Terre » tourne sur elle-même :



6. Ce que je peux conclure des modélisations :

En France, l'été, les jours sont plus longs qu'en hiver.



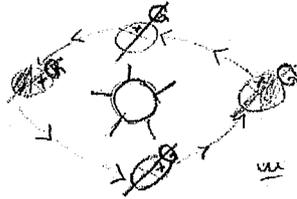
En France, l'hiver, les jours sont moins longs qu'en été.



nom et prénom: Bruttin, Marie

1. ce que je pense: comment expliques-tu le fait qu'il y ait des saisons ?

bon dessin pour expliquer qu'il y a des saisons:



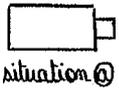
Explique mon dessin:

En haut c'est le printemps et en bas c'est l'automne et gauche c'est l'hiver et à droite c'est l'été. L'hiver il y a plus de nuit alors il y a moins de temps pour que la lumière nous chauffe donc il fait froid. L'été c'est l'inverse.

2. ce que je pense après la discussion:

EDC

3.

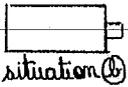


situation a

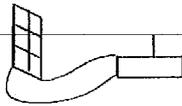


Que se passe-t-il ?

Les hélices tournent vite.

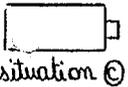


situation b

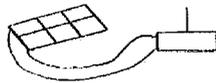


Que se passe-t-il ?

Les hélices tournent vite.



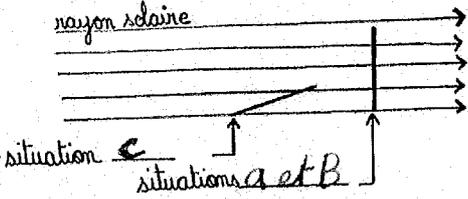
situation c



Que se passe-t-il ?

Les hélices tournent plus ou presque plus.

Que pouvons-nous conclure ?



Plus la cellule photovoltaïque est perpendiculaire aux rayons plus elle reçoit de lumière et plus elle produit d'électricité. ou

Quel rapport y a-t-il avec les saisons ?

Plus un pays est perpendiculaire aux rayons du soleil plus il reçoit de lumière et plus il y fait chaud. ou

4. a.	Dessine la "tache" éclairée 	Nombre de carreaux éclairés: <u>7,5</u> <u>ou</u>
b.	Dessine la "tache" éclairée 	Nombre de carreaux éclairés: <u>22</u> <u>ou</u>

Conclue en entourant la réponse qui convient: un carreau de la feuille quadrillée reçoit plus de lumière donc plus de chaleur dans le cas a) ou dans le cas b) ? ou

En France,	longueur de laine pour la partie éclairée	longueur de laine pour la partie non éclairée	Saison
	<u>40,5</u> cm	<u>27,5</u> cm	<u>l'été</u>
	<u>34,3</u> cm	<u>36</u> cm	<u>automne</u>
	<u>23,5</u> cm	<u>49</u> cm	<u>hiver</u>
	<u>29</u> cm	<u>34</u> cm	<u>printemps</u> <u>ou</u>

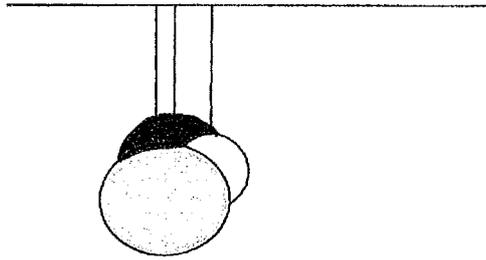
On a trouvé que la longueur de la corde n'était pas la même parce qu'on a eu trop tiré ou pas assez ou que l'on s'est trompé pour les mesures supérieures à 30 cm. ou

Nom : Bruttin

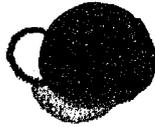
Prénom : Muriel

Les boules de couleurs :

Voici trois boules (une jaune, une blanche, la Terre) accrochées au plafond comme ceci.

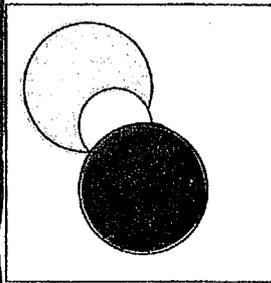
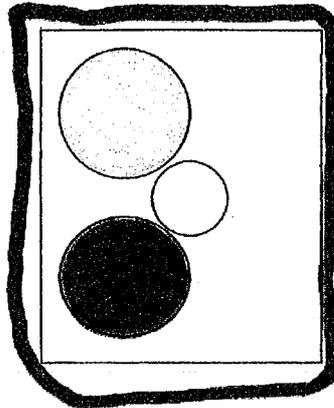
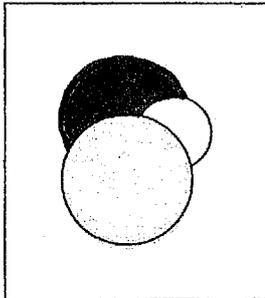


1) Dessine comment je vois les boules quand je me place derrière la Terre :



juste

2) Entoure le dessin qui montre ce que je vois quand je regarde en-dessous des boules :



juste

La boussole :

D'après toi, quand utilise t-on une boussole ?

Quand on veut aller dans le nord ou le sud, l'est ou l'ouest. Quand on est perdu.

D'après toi, comment marche une boussole ?

y a quelque chose

La pèche est aimanté vers le nord.
La pèche est aimantée donc elle prend la direction "Nord-Sud"

Ecris deux choses nécessaires que doit posséder une boussole :

- 1. Une aiguille.
- 2. La pèche n° pour savoir où est le nord.

Muried.

1) Oui, elle on le même poids. Le plateau de gauche est aussi lourd que celui de droite. Se n'est pas en changeant l'objet de place qu'il change de poids.

2) Oui, les 2 ont le même poids. Quand on a un certain poids de pâte, on peut le modeler n'importe comment, on aura toujours le même poids, sauf si on enlève un bout.

3) Oui. Se n'est pas en écrasant un bout de pâte qu'il change de poids. Sauf si il était remplidaire.

4) Oui. On peut les couper en autant de morceaux qu'on veut, tant qu'on en enlève pas, s'est toujours le même poids.

5) Oui. Sans s'apercevoir quand quelque chose est surpandu il a le même poids que si il est sur terre.

Date: 2/2/2

Noms: Bruttin
Prénom: Muriel

JV 5

Je mets d'un côté les grands et de l'autre les petits.

Je mets d'un côté ~~et~~ les formes tracées à la règle et de l'autre ~~de~~ celles qui sont tracées avec un compas.

Je mets d'un côté ~~de~~ les formes tracées en vert et de l'autre ~~de~~ celles qui sont tracées en noir.

Je mets d'un côté les formes qui ont des angles droits et de l'autre celles qui n'en ont pas.

JV 5

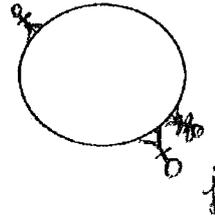
- Formes -
- Couleurs -
- Millés -

EVALUATION TROIS APRÈS

SUS

Nom et prénom : BRUTIN Ruel.

1. Dessine un Français et un Australien à la surface du globe.



2. Pourquoi les personnes vivant en Australie ne tombent pas ?

Parce que la Terre est comme un aimant.

3. Complète :

L'aiguille de la boussole est un aimant.

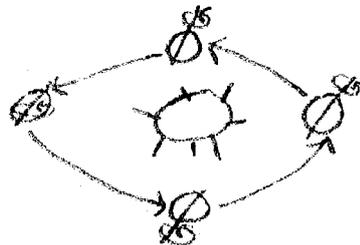
L'aiguille de la boussole s'oriente nord / sud parce que elle est aimantée vers le nord.

4. Pourquoi il fait tantôt jour, tantôt nuit sur Terre ?

Coche la bonne réponse :

- Le Soleil tourne autour de la Terre immobile.
- La Terre tourne sur elle-même sans tourner autour du Soleil immobile.
- La Terre tourne sur elle-même et le Soleil tourne autour de la Terre.
- La Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil.
- La Terre tourne autour du Soleil immobile sans tourner sur elle-même.
- La Lune explique la nuit.
- Le jour c'est fait pour aller à l'école et la nuit c'est fait pour dormir.
- Autre réponse :

Dessine ta réponse :

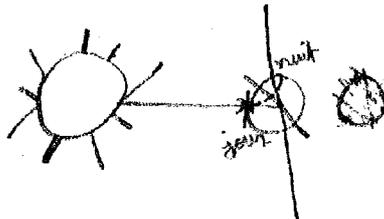


5. Pourquoi la journée est plus longue en été qu'en hiver ?

Coche la bonne réponse :

- La Terre tourne sur elle-même moins vite en été.
- La Terre est inclinée. En été, elle se trouve plus longtemps exposée aux rayons du Soleil que à l'ombre des rayons du Soleil.
- La Terre est plus près du Soleil.
- Le Soleil brille plus fort en été.
- Autre réponse:

Dessine ta réponse :

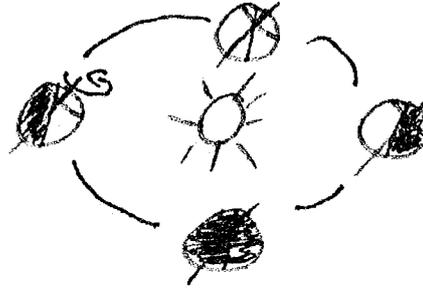


6. Explique le phénomène des saisons :

Coche la bonne réponse :

- La Terre est plus près du Soleil en été et la Terre est plus loin du Soleil en hiver.
- La Terre est inclinée. *j*
- Le Soleil brille plus fort en été.
- Autre réponse :

Dessine le mouvement Terre - Soleil :

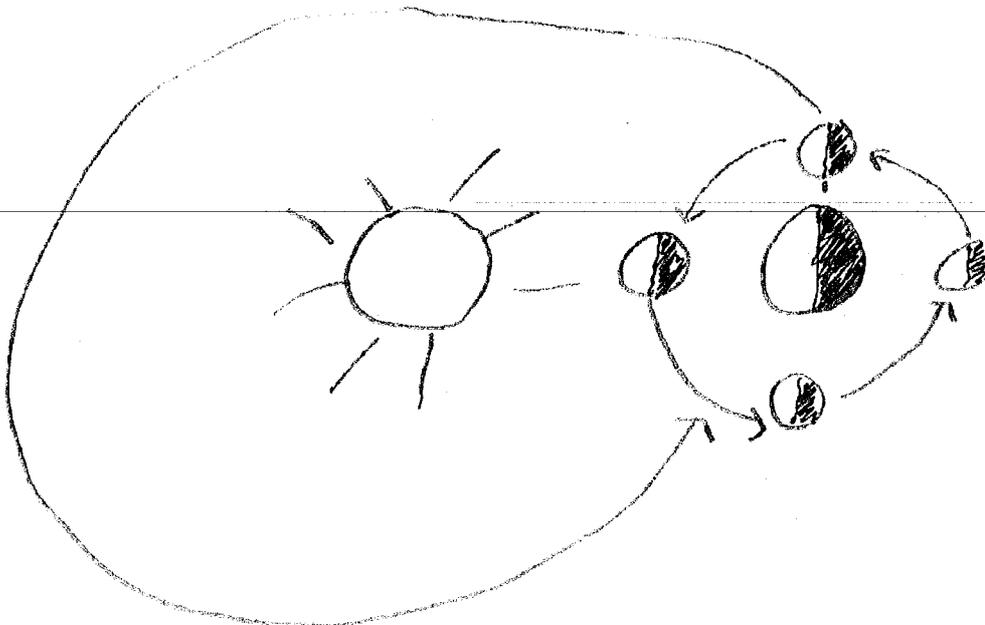


7. Pourquoi la Lune change de forme ?

Coche la bonne réponse.

- La Lune tourne autour de la Terre et on la voit différemment. *j*
- La Terre fait de l'ombre à la Lune.
- Les nuages cachent la Lune.
- Autre réponse :

Dessine le mouvement Lune - Terre - Soleil:



Astronomie, Evaluation 1 AN APRES

Nom et prénom : Bruttin Muriel

Classe : CM2 M^r Yadot

JV5

1) Expliquer pourquoi les gens au Sud de la Terre ne tombent pas :

Parce que la terre est comme un aimant, elle nous attire vers son milieu.

2) Expliquer pourquoi l'aiguille d'une boussole est attirée par le Nord :

Parce que le nord attire comme un aimant l'aiguille d'une boussole.

3) Expliquer pourquoi il fait tantôt jour, tantôt nuit :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre tourne autour du Soleil fixe sans tourner sur elle-même,
- La Terre tourne sur elle-même sans tourner autour du Soleil fixe,
- Le Soleil tourne autour de la Terre fixe,
- La Lune permet d'expliquer la nuit,
- La Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil,
- La Terre tourne sur elle-même et le Soleil tourne,
- Autre proposition :

Faire un dessin :



Ecrivez ce que vous avez pensé de l'Astronomie, ce que vous avez préféré, ce que vous avez moins aimé :

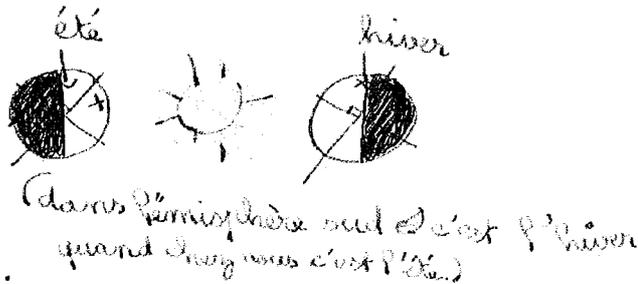
En gros, tout était bien. Ça m'a plu quand même que j'ai pu tout ce qui concerne l'espace.

4) Expliquer pourquoi la journée est plus longue en été qu'en hiver :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre tourne sur elle-même moins vite en été,
- La Terre est penchée vers le Soleil,
- La Terre est plus près du Soleil,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

Faire un dessin :

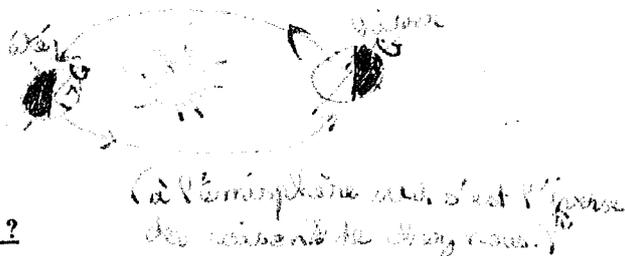


5) Expliquer le phénomène des saisons :

Cocher la bonne réponse :

- La Terre est plus près du Soleil en été et plus loin en hiver,
- La Terre est penchée vers le Soleil en été et vers l'extérieur en hiver,
- Le Soleil brille plus fort en été,
- Autre proposition :

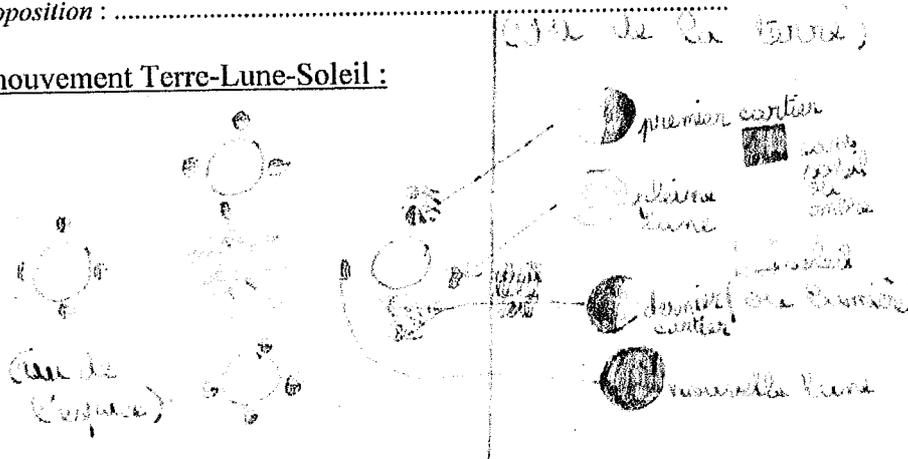
Faire un dessin du mouvement Terre-Soleil :



6) Pourquoi la lune change de forme ?

- La Lune tourne autour de la Terre et on la voit différemment,
- La Terre cache la Lune avec son ombre,
- La Lune est mangée par les étoiles tous les mois,
- Autre proposition :

Faire un dessin du mouvement Terre-Lune-Soleil :



Résumé :

Le travail consiste en une démarche d'ingénierie didactique relative à l'enseignement de l'astronomie au cycle III (CE2, CM1 et CM2) de la forme des astres (Terre et Soleil) au phénomène des saisons, en France.

Des analyses préalables nous ont conduit à tester trois hypothèses reposant sur l'influence du développement cognitif au sens piagétien, l'influence de la prise en compte des conceptions avant enseignement et l'influence de la manipulation concrète lors de phases de modélisation ou d'expérimentation sur la compréhension de la séquence.

Leur mise en œuvre d'abord dans onze classes expérimentales s'inspirant du « socio-constructivisme » par le chercheur puis dans quatorze classes (dont deux classes repères proches du transmissif et deux classes repères intermédiaires et dix classes expérimentales s'inspirant du « socio-constructivisme » par des professeurs des écoles distincts du chercheur) ont permis de découvrir :

- L'importance du développement cognitif de l'élève sur la compréhension de la séquence, notamment pour ce qui concerne l'espace projectif.
- Le lien entre le développement cognitif et la nature de la conception avant enseignement.
- Le lien entre la nature de la conception avant enseignement et la compréhension de la séquence.
- L'efficacité d'une séquence s'inspirant du « socio-constructivisme » dans la compréhension des phénomènes par les élèves à travers la prise en compte des conceptions avant enseignement et les manipulations.
- L'importance de favoriser l'argumentation orale et écrite lors des séances.

Mots clés :

Argumentation – Astronomie – Conception avant enseignement – Didactique – Enseignement – Développement cognitif – Ingénierie didactique – Modélisation – Saisons – Séquence – Socio-constructivisme.