

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE NORMALE SUPERIEURE

FORMATION DOCTORALE « SCIENCES DE L'EDUCATION
ET DIDACTIQUES DE DISCIPLINES »

DEA DIDACTIQUES DES DISCIPLINES

Options : Sciences Expérimentales

Mémoire BIBLIOGRAPHIQUE



L'EXPERIMENTATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR
ET L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA VIE ET
DE LA TERRE

Présentée par : RAZAFIMALALA Pierrette

09 Septembre 2013

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Les étapes de la transposition didactique (d'après J.P Astolfi, 1997).

Figure 2: Les composants communs à tous les systèmes d'Ex.A.O.

Figure 3: Le dispositif d'expérimentation assistée par ordinateur.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Capteur ou appareil de mesure.

Tableau2 : Les possibilités d'expérimentation en SVT

SOMMAIRE

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE: L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE.....5

I. L'ENSEIGNEMENT DE LA S.V.T	6
I.1. Les Finalités et objectifs de l'enseignement de la S.V.T	6
I.1.1- Les objectifs généraux	6
I.1.2- Les objectifs spécifiques	7
I.1.3- Les objectifs opérationnels	8
I.2. Spécificité de l'enseignement de la S.V.T	8
I.2.1. La représentation	9
I.2.2. La conceptualisation	10
I.2.2.1 L'obstacle épistémologique	10
I.2.2.2 Notion de rupture et d'obstacle	11
I.2.2.3 La conceptualisations proprement dite	11
I.2.3. La concrétisation	12
I.3. Langue d'enseignement et S.V.T	13
I.3.1. Importance du langage dans l'enseignement de la S.V.T	13
I.3.1.1. Quelques définitions	13
I.3.1.2 Langue comme véhicule de toute connaissance scientifique	14
I.3.1.3- Problème de la langue d'enseignement en SVT.	15

DEUXIEME PARTIE: LE CONCEPT DIDACTIQUE16

II. LE CONCEPT DIDACTIQUE	17
II.1. Le concept de la transposition didactique :	17
II.2. Les étapes de la transposition didactique (figures 1,2) :	17
II.2.1. La transposition didactique externe	17
II.2.2. La transposition didactique interne	18
II.3. Distance entre « savoir savant », « savoir enseigner » et savoir socio familial »	18

TROISIEME PARTIE: L'EXPERIMENTATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR.....20

III. L'EXPERIMENTATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR:	21
III.1. La place de l'expérimentation dans l'enseignement des S.V.T en Lycée.	21
III.2. Les fonctions principales de l'ordinateur à l'enseignement des sciences de la vie et de la terre. ...	21
III.2.1. L'utilisation de l'ordinateur en sciences de la vie et de la terre.	21
III.2.2. Expérimentation assistée par ordinateur proprement dite	22
III.2.2.1. Elément du système d'ExAO	22
III.2.2.2. Evolution de l'expérimentation assistée par ordinateur :	24
III.3. Quelques exemples d'Ex.A.O en SVT	27
III.3.1. Les possibles en Ex.A.O en Classe de Seconde :	28
III.3.2. Les possibles en EXAO en Classe de Première :	29
III.3.3 Les possibles en Ex.A.O en Classe de Terminale :	30
III.4. Compétences des enseignants	32
III.5. Impact de l'ExAO	33
III.6- Suggestion, face à la complexité de l'utilisation de logiciels d'ExAO	33
CONCLUSION	35
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE	37

INTRODUCTION

L'objectif de l'enseignement n'est pas seulement de faire acquérir des connaissances mais plus fondamentalement de transformer des représentations et des interprétations du monde (Astolfi, 2008).

Les programmes actuels des classes de lycée en science de la vie et de la terre accordent une part importante à l'utilisation des outils informatiques dont la place est explicitée dans les instructions méthodologiques des programmes, l'accent étant mis sur le renouvellement des activités expérimentales, chez les pays développés. Parmi les outils pédagogiques faisant appel à l'informatique, l'Ex.A.O est désormais l'un des plus répandue en science de la vie et de la terre : D.Pol précise dans son article sur l'évolution de l'Ex.A.O de 1990-1997 « Parmi les applications aujourd'hui disponible, l'Ex.A.O est une de celles qui, malgré un démarrage tardif, a connu un grand succès en raison des apports ».

L'intégration des T.I.C dans l'enseignement apprentissage est une nécessité sociale, économique et pédagogique (Namara, 2003 dans Neyestani, 2008).

Nous proposons au cours de ce mémoire bibliographique d'explicitier la concrétisation de l'enseignement de S.V.T : où tient place l'observation qui nécessite des matériels et des objets concrets qu'on peut manier et faire travailler les cinq sens et qui feront intervenir l'activité physique et intellectuelle des élèves face à l'Ex.A.O ? Faire face aux savoirs à enseigner, l'expérimentation assistée par ordinateur n'exige-t-elle pas une double compétence chez les enseignants ?

Notre travail de recherche comprend trois parties : l'enseignement de la S.V.T, en première partie, suivi de concept de transposition didactique dans la deuxième et la troisième sera réservé à l'expérimentation assistée par ordinateur : place de l'ordinateur dans la pratique expérimentale.

C'est à partir de mon mémoire tutoré et des textes d'un certains nombres d'auteurs qui m'ont permis de construire un cadre de référence nécessaire à cette étude : expérimentations assistée par ordinateurs et l'enseignement des sciences de la vie et de la terre.

PREMIERE PARTIE:

**L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA VIE ET DE
LA TERRE**

I. L'ENSEIGNEMENT DE LA S.V.T

L'enseignement de la S.V.T participe avec les autres matières à la formation des citoyens. Comme toutes les autres matières, elle a des objectifs spécifiques, et des méthodes d'enseignement particulières et par conséquent un langage propre à cet effet. La première partie étudiera donc la particularité de la S.V.T : ses objectifs, ses méthodes d'enseignement, et son langage.

D'après (Hameline 1995), « un objectif général, est un énoncé d'intention pédagogique décrivant en terme de compétence la capacité de l'apprenant l'un des résultats escomptés d'une séquence d'apprentissage ».

Formuler des objectifs généraux et cependant une pratique recommandable parce que c'est à ce niveau que les concepteurs de formation, enseignant, animateur,..., peuvent infléchir leur attitude, et, à propos d'une action de formation ou de la préparation d'un programme d'enseignement, se centrer résolument sur les apprenants et leurs capacités à développer, et non plus sur les contenus et leurs exposition à assurer. « Un objectif spécifique ou opérationnel est issu de la démultiplication d'un objectif général en autant d'énoncés rendu nécessaire pour que quatre exigence *opérationnelles* soient satisfaites » :

- Décrire d'une façon univoque le contenu de l'intention pédagogique.
- Décrire une activité de l'apprenant identifiable par un comportement observable.
- Mentionner les conditions dans lesquelles le comportement souhaité doit se manifester.
- Indiquer à quel niveau doit se situer l'activité terminale de l'apprenant et quels critères serviront à évaluer le résultat.

I.1- Les Finalités et objectifs de l'enseignement de la S.V.T

L'enseignement de la S.V.T, comme celui de toutes les autres matières, se doit de former l'homme, et non seulement de leur inculquer des connaissances scientifiques. Il doit édifier l'homme futur, comme Kant, cité par Hazan, ...l'a affirmé ; on ne doit pas élever les enfants d'après l'état présent de l'espèce humaine mais d'après un état meilleur, possible dans l'avenir.

Cet état meilleur est défini par la société, les concepts politiques et religieux de la nation ou du monde entier. Pour y arriver, l'enseignement ne doit pas se permettre de fournir des individus différents ou disparates. Il doit former des individus homogènes, imbus d'une même valeur morale. Il faut donc qu'il soit objectif et précis. Il en ressort donc des recherches en pédagogie (Hameline, 1995). On peut en déceler en 3 types :

I.1.1- Les objectifs généraux

Les objectifs généraux ou finalités, dont Laeng (1974) en donne la définition la plus explicite : « c'est la présentation d'une réalité futur qui conditionne et dirige l'action dans la réalité présente ». Ils expriment les valeurs morales donc non mesurables et définies à long terme. Il est donc impératif par l'enseignement, particulièrement celui de la S.V.T, de faire naître chez les étudiants à leur issus, les valeurs moraux qui réclament la société et l'Etat.

Rappelons que dans le contexte de la mondialisation, la société malgache veut que chacun de ses membres puisse s'ouvrir au monde moderne et y acquérir les connaissances scientifiques avec les progrès qui en résultent. Au plan national, l'Etat exige que le citoyen malgache soit capable de promouvoir les valeurs culturelles et la protection de l'environnement (Loi n°94-033 du 13 Mars 1995 portant orientation générale du système éducatif).

La matière S.V.T contribue à façonner ce model en donnant aux élèves les connaissances de bases en biologie, écologie, et géologie. Elle cultive l'esprit scientifique impliquant la capacité d'observation, le raisonnement logique, l'esprit d'analyse et de synthèse. Des comportements moraux tels que le sens de la responsabilité, l'esthétique, le goût de l'effort, la persévérance et le sens du vrai s'en suivent.

Finalement la matière S.V.T entretient l'attitude propre est très importante pour une étude scientifique qui est le sens pratique de l'expérience. Toutes ses connaissances et comportement apprennent l'élève à respecter la vie et la nature et leur permettent de se développer et comprendre sa personne dans le monde auquel il évolue (U.E.R.P, 1995). A la fin de l'éducation donc, la S.V.T devra permettre à l'élève d'atteindre ces finalités, et les utiliser tout au long de sa vie et ne se limite pas au niveau de la vie scolaire.

I .1 .2- Les objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques, ils sont définis en termes de comportement, non mesurable, mais qui se rapportent plus particulièrement à chaque matière. Ils déterminent les comportements et les aptitudes des élèves à la fin de chaque niveau d'étude et propre à chaque matière. Ils visent en inculper des comportements et des attitudes scientifiques ; dont l'ensemble comprend une performance significative. Pour chaque niveau, ces objectifs conduisent l'élève à acquérir des performances correspondant à son niveau intellectuel et dont chacune est en cohérence l'une avec l'autre permettant un apprentissage progressif. Selon le programme scolaire, ces objectifs se répartissent comme suit :

- Pour la classe de 2^{nde} l'enseignement de la S.V.T donne aux élèves la capacité de décrire l'unité fondamentale de la matière vivante, qui est la cellule, d'en expliquer le regroupement et leur fonction, et ensuite expliquer l'interdépendance de cet être organisé avec son milieu.

En géologie, l'élève doit être capable d'identifier et de décrire les minéraux, l'unité fondamentale des constituants du globe terrestre ; d'en expliquer l'organisation, d'identifier et de classer les différents types ainsi que les roches résultant de cette organisation.

L'aptitude requise à ce niveau d'étude et de pouvoir utiliser les connaissances pour expliquer la structure de globe terrestre, d'utiliser la démarche d'étude scientifique.

- En continuité avec les études en classe de 2^{nde}, la classe de première littéraire, comme les scientifiques, auront une étude plus approfondie. En effet, l'enseignement de la S.V.T devra leur permettre de connaître les constituants des être vivants et leur fonctionnement, de comprendre la stratigraphie, ses composants et leur évolution.

La différence entre les séries littéraires et scientifiques réside sur le contenu, où ceux de série scientifiques seront plus approfondis et en regard avec leur orientation ultérieure. Les

séries scientifiques doivent être capables d'utiliser les méthodes statistiques et de comprendre la théorie de la tectonique des plaques. Les séries D devront en outre connaître l'application de la biotechnologie et comprendre le cycle des éléments.

- Les classes terminales ont pour objectifs de comprendre le mécanisme de la transmission génétique ; le mécanisme et la physiologie de la reproduction humaine, ainsi que le mécanisme de l'évolution. En géologie, l'objectif est de pouvoir dresser une coupe géologique.

Toutes ses connaissances devront servir de base pour les classes terminales afin de poursuivre les études supérieures et d'affronter la vie professionnelle.

I.1.3- Les objectifs opérationnels

- Les objectifs opérationnels, qui sont des objectifs concrets, quotidiens et se définissent à court terme. Ils sont définis par chaque étape de l'apprentissage dans une séance. Ils sont mesurables par des actions bien déterminées qu'on demande aux élèves d'effectuer (Besse, 1997).

Puisque les objectifs généraux et les objectifs spécifiques ne sont pas mesurables concrètement, il faut qu'il y ait d'autres moyens pour évaluer l'efficacité de l'enseignement. Les objectifs opérationnels peuvent permettre donc d'évaluer l'efficacité de différentes phases d'apprentissages pendant une séance.

On peut donc estimer que les objectifs de l'enseignement sont atteints quand on peut s'assurer que les objectifs opérationnels sont atteints. Car dans la formation de l'esprit scientifique, toutes les performances intellectuelles requièrent des qualités morales. C'est dans la direction de ces objectifs que sont donc élaborés les contenus de l'enseignement par le biais des programmes scolaires. Ils conditionnent les fonctions d'enseignement et les méthodes à adopter par les enseignants. Enfin, c'est dans la perspective de l'homme futur visé par l'enseignement qu'on définit les objectifs à atteindre par l'élève.

D'une façon générale, le triplet de système didactique, formé par les trois pôles fondamentaux des relations pédagogiques : le maître - l'élève - le savoir tourne autour des objectifs de l'enseignement. Pour atteindre les objectifs une méthode d'enseignement adéquate et appropriée s'impose pour chaque matière. Pour la S.V.T, la prise en compte de certain composant de l'enseignement s'avère indispensable.

I.2. Spécificité de l'enseignement de la S.V.T

L'enseignement de la S.V.T, en outre de méthodes communes à toutes les matières, a une particularité. Il a comme fonction de donner aux élèves les éléments essentiels leur permettant de répondre à des questions scientifiques dans leur vie quotidienne, et même tant, développer chez des attitudes, des méthodes de pensée qui s'apparente à celle que les scientifiques mettent en œuvre dans leur laboratoire (Astolfi, Develey, 1989).

Pour accomplir cette double fonction, l'enseignement de la S.V.T, comme les autres matières scientifiques en générale, présente quelques composants dont nous essayerons de faire émerger l'importance. Ce sont notamment :

- La représentation
- La conceptualisation

- La concrétisation qui engendre les présentations figuratives (tels les schémas, graphes ...), les travaux pratiques, les sorties éducatives et les voyages d'études.

I.2.1. La représentation

La représentation est le contenu structuré de la pensée d'un sujet concernant un phénomène ou une classe phénomène. (Vergnaud 1977, Joshua et Dupin 1989).

La représentation s'agit d'un ensemble d'images mentales, de modèles, présent chez l'élève avant que l'activité ne commence (Giordan et de Vecchi, 1987).

La représentation est un ensemble de connaissances ou de règles d'actions qui ont été élaborées par les élèves au cours de leur vécu, d'une façon directe ou indirecte, et qui leur donne des significations aux phénomènes et événements.

La représentation comporte deux types de connaissances : le prérequis et le préacquis.

Les prérequis sont des connaissances acquises dans les classes inférieures ou par les autres disciplines.

Les préacquis par contre, sont des connaissances acquises par le vécu de l'élève que ce soit directement à l'aide des expériences personnelles, ou indirectement par les croyances, traditions, les connaissances transmises par les parents, ou d'autres personnes.

Dans l'enseignement des sciences, la représentation tient une place primordiale, car « l'élève ne part pas d'un niveau zéro de connaissance » (Joshua, et Dupin, 1993). Et ces connaissances doivent s'adapter aux nouvelles connaissances que l'enseignement propose. Maintes recherches en pédagogie ont prouvé que l'on ne peut pas détruire ces représentations si elles sont fausses mais orienter l'apprenant, le guider à partir de cette représentation fautive sans le blâmer. Elles peuvent émerger un jour ou l'autre, et se mettre en conflit avec les nouvelles connaissances. Ceci peut constituer des obstacles pour l'acquisition d'un nouveau concept.

Il importe donc de prendre en considération les représentations des élèves, même si elles sont fausses vis-à-vis du concept. En réalité, les représentations ne sont jamais fausses. Elles permettent d'élucider les obstacles rencontrés par l'élève, qui les induit à l'erreur « les élèves ne peuvent corriger leurs erreurs qu'en les confrontant à l'expérience ; C'est ainsi qu'ils peuvent devenir sensibles aux contradictions et avoir envie de mettre en œuvre ses instruments de raisonnements (Joshua, Dupin, 1993).

La représentation servira donc aux élèves d'outils leur permettant d'avancer dans leur propre démarche expérimentale, et d'acquérir par eux même une nouvelle connaissance ; les propos de Philippe Meirieu expliquent bien que les acquis antérieurs sont déterminants, il faut que le sujet dispose de quelques outils pour qu'ils puissent affronter l'obscurité, et c'est cela que le maître doit chercher en priorité, s'appuyer sur ce que les élèves savent et savent faire.

Elle doit servir aussi à l'enseignant pour susciter et éveiller le désir d'apprendre, la motivation de remettre en question les anciennes connaissances pour pouvoir construire une nouvelle.

I.2.2. La conceptualisation

Le concept est un ensemble de lois ou de théories qui permettent de construire une connaissance (Astolfi et Develay, 1989) caractérisent les concepts scientifiques comme pouvant avoir plusieurs significations selon le contexte. Ainsi on peut les définir de diverses manières. Ils ne sont pas « ordonnées en une suite linéaire, mais chaque concept se trouve au nœud d'un réseau complexe qui chevauche en général plusieurs disciplines. On peut parler à ce propos de réseau conceptuel, de champ conceptuel ou de trame conceptuelle ». Pour acquérir une connaissance, l'élève devra maîtriser les différents concepts qui la définissent.

Comme (Bachelard., 1938) l'a précisé, l'acquisition d'une connaissance scientifique ne peut se faire par une accumulation de concepts. Elle se fait par l'établissement d'une relation entre le nouveau concept et la représentation de l'élève, et la mise en relation de ces deux concepts se fait par un processus particulier qui correspond au processus de raisonnement et d'apprentissage que l'enseignant doit tenir compte. Ces processus d'apprentissage sont individuels pour chaque élève et en relation avec leur représentation et leur vécu, mais nous avons estimé indispensable de souligner quelques points forts de l'enseignement des Sciences Naturelles.

I.2.2.1 L'obstacle épistémologique

L'obstacle

Les obstacles ne sont que des blocages intellectuels inopportuns, se mettant en travers d'un « chemin de la connaissance » qui sans eux, serait tout tracé. Ils n'auraient d'autres fonctions que de gêner l'appropriation « normale » des concepts (Bernard, 1973)

Pour Bachelard, « en didactique », les obstacles peuvent être définis comme des structures et de mode de pensées qui font résistance dans l'enseignement et dans l'apprentissage

Les obstacles épistémologiques sont des obstacles relatifs au développement de la science, à la valeur de la connaissance scientifique, au sens et à l'utilité des connaissances scientifiques pour l'esprit humain. Selon le cas, ces obstacles épistémologiques vont donner un sens à l'apprentissage dans la mesure où ils coïncident aux questions que les élèves se sont posés, on dit alors que l'apprentissage est « finalisé par l'amont » ou aux questions qui peuvent se poser et anticiper dans l'avenir, on parle d'un apprentissage « finalisé par l'aval » (Postic, 1986). Les obstacles émergent donc des différentes situations rencontrées par l'élève en classe ou dans leur vie personnelle, et vont servir de motivation lorsque les nouvelles connaissances apportées par l'apprentissage en donnent la solution. Dans d'autre cas, ces obstacles peuvent empêcher le développement des connaissances scientifiques et sa construction. Il est donc important pour l'enseignant de connaître ces obstacles épistémologiques, qui concernent au concept quelconque, car il y a été prouvé que les manières dont les élèves affrontent ces obstacles sont les mêmes que les savants ont fait dans

leurs laboratoires. Il faut donc connaître leur histoire, l'origine de leur découverte, la démarche expérimentale entreprise par les scientifiques pour élaborer ce concept.

Le rôle de l'enseignant est seulement de guider l'élève à suivre cette démarche, de créer une situation-problème qui imprégnerait l'élève dans les situations d'apprentissage. On entend par situation-problème une situation didactique dans laquelle il est proposé au sujet une tâche qu'il ne peut mener à bien sans effectuer un apprentissage précis (Meirieu., 1987). L'apprentissage s'effectue alors en levant les obstacles qu'engendre la situation créée par l'enseignant. L'élève se trouve alors devant une situation particulière où il devra remettre en question les acquis et les hypothèses qu'il se fait. A partir de l'observation et l'expérimentation apportée par la situation-problème, il confrontera ses acquis antérieurs, prendra du recul, et tentera d'en vérifier la portée. C'est ainsi que se construit le nouveau concept. C'est cette situation qui nous emmène à l'étude d'un autre point essentiel de l'enseignement des sciences. C'est la notion de rupture et d'obstacle.

I.2.2.2 Notion de rupture et d'obstacle

Le progrès et la construction de la pensée scientifique ne se font pas de manière linéaire, mais constitué de démarche complexe avec des reculs (Astolfi et Develay, 1989). Ce qui nous conduit à admettre que les connaissances scientifiques ne se constituent pas par des additions et accumulations de faits nouveaux, mais par des ruptures et des obstacles.

Les affirmations de Bachelard le confirment quand il dit que tout véritable apprentissage exige une rupture avec d'anciennes représentations ou de préjugés antérieurs (...) et c'est en terme d'obstacle qu'il faut poser le problème de la connaissance scientifique.

La situation-problème (Meirieu, 1987) créée par l'enseignant va produire une déstabilisation dans le système de pensée de l'élève, va engendrer une rupture avec la représentation, et finalement va contraindre l'élève à modifier ses façons de penser par ses propres moyens.

C'est ainsi que la connaissance scientifique peut être acquise et assurément ancrée dans l'esprit de l'élève. Les expériences entreprises par les pédagogues pendant bien des années emmènent Vinh Bang de proposer qu'il faut éviter d'intervenir et de suggérer la réussite, car une connaissance reçue rapportée, reste superficielle et ne sera pas intégrée.

I.2.2.3 La conceptualisations proprement dite

Les concepts scientifiques se trouvent au nœud de plusieurs phénomènes qui les définissent. Ainsi, l'acquisition d'un concept scientifique requiert la maîtrise de plusieurs disciplines qui le définissent et qui le caractérisent. Rappelons aussi qu'un concept peut avoir plusieurs significations selon le domaine dont il fait partie.

Une fois le concept acquis, il importe de le mettre en relation pour former un réseau complexe, constituant le réseau conceptuel, trame conceptuelle, aboutissant à la formalisation d'une connaissance scientifique.

L'enseignant, en aidant l'élève à construire lui-même ses connaissances par l'émergence de conflit sociocognitif, va l'aider ensuite à articuler chaque concept afin d'établir la cohérence notionnelle. C'est la formalisation de cette cohérence qui permet d'intérioriser la connaissance et être utilisé dans l'apprentissage.

On peut résumer la conceptualisation en 4 étapes :

- Repérer et faire émerger les acquis (ou la représentation) et les obstacles.
- Construire le concept à partir de conflit entre la représentation et la situation problème créée par l'enseignant.
- Articuler à posteriori les concepts afin d'établir le réseau conceptuel et restaurer la cohérence notionnelle.
- Permettre la formalisation des connaissances acquises et transformer la situation problème en situation ressource, pouvant être utilisée dans le processus d'apprentissage (Meirieu, 1987).

1.2.3. La concrétisation

L'enseignement des sciences exige l'utilisation de deux outils importants mais complémentaires aussi; le premier est le langage qui traite les théories, les lois et donc la connaissance déclarative : le second étant les différents codes élaborés en sciences et qui traitent les aspects imagés dont les schémas, graphes, différents symboles et également la connaissance pratique.

La concrétisation est alors indispensable pour l'enseignement des sciences, car en effet Giordan (1989) préconise que « se sont les techniques s'appuyant plutôt sur l'activité et le vécu des enfants qui semblent les plus efficaces, et non les méthodes qui ont pour seul point de référence le discours du maître ». On ne peut pas dire que l'aspect verbal de l'enseignement est insignifiant, mais il ne suffit pas sans l'aspect imagé et pratique.

La pratique tient une place importante, et elle est la base même de la méthode la plus utilisée en science, utilisant la démarche expérimentale dite OHERIC (Observation – Hypothèse – Expérimentation – Interprétation - Conclusion), dont le fondement est l'observation et l'expérimentation, Joshuas et Dupin (1993) définissent la science de la nature en tant qu'une science expérimentale et qui serait par une essence un pur produit de l'observation.

L'observation implique donc des matériels et des objets concrets, qu'on peut manier et faire travailler les cinq sens, et qui feront intervenir l'activité physique et intellectuelle des élèves. Le propos de Kant cité par Hazan, illustre bien en disant que le meilleur moyen de comprendre c'est de faire. Pour illustrer l'enseignement des sciences, on peut avoir recours à trois types de concrétisation ; l'expérimentation au laboratoire qui nécessite la manipulation des divers matériels et équipement scientifiques, celui-ci constitue la concrétisation proprement dite. La semi- concrétisation qui utilise les dessins et les schémas, les images

fixés, la vidéo, les modèles et marquettes. Et enfin la sortie éducative ou sortie nature qui met l'élève en contact direct avec la nature (Rakotondradona, 2004).

Les schémas et les codes graphiques sont indispensables car ils fixent mieux les idées, ils permettent d'avoir une vue d'ensemble et un tout cohérent sur une notion ; qui dans l'expression verbale, serait perçu successivement (Joshuas et Dupin, 1993). Ils permettent aussi d'assimiler plus rapidement et servent d'aide infaillible à la mémoire.

Quand à l'enseignement pratique, tous les auteurs et chercheurs en pédagogie sont d'accord sur le fait que l'enseignement purement verbal et livresque ne permet pas de faire acquérir les connaissances, surtout scientifiques. C'est que l'on apprend le plus solidement et ce que l'on retient le mieux, c'est ce qu'on apprend par soi même. Les élèves retiennent plus les connaissances qu'ils ont confrontées à leur vécu et à l'expérience.

Non seulement l'enseignement pratique est intéressant pour le développement cognitif de l'élève, mais il l'est aussi pour le développement socio-affectif et surtout psychomoteur. En effet, il augmente la motivation, et la sensation de liberté pendant les activités pratiques, éveille l'intérêt des élèves, favorise la socialisation entre l'élève et l'enseignant, et surtout la socialisation entre eux, qui s'avère très efficace pour la construction du savoir. Dans la conceptualisation, la confrontation entre les apprenants leur permet de remettre en cause leurs connaissances et donc de mettre en route une approche expérimentale suivant leur démarche et non celle de l'enseignant. Et finalement, l'enseignement pratique cultive chez l'élève un savoir-faire qui se perfectionne à la manipulation des matériels et à l'expérimentation.

I.3. Langue d'enseignement et S.V.T

I.3.1. Importance du langage dans l'enseignement de la S.V.T

I.3.1.1. Quelques définitions

Pour saisir l'importance du langage dans l'enseignement, nous avons estimé important de connaître la définition de quelques termes.

Le langage, selon l'encyclopédie des sciences, est une faculté propre à l'homme d'exprimer et de communiquer sa pensée au moyen de système de signes vocaux. Ces signes vocaux (la langue) peuvent être transcrits. C'est aussi une manière de parler, propre à une communauté linguistique, à un groupe, à un individu.

Le langage articulé est le langage parlé. Maria MontessoriI, (1958) dans son développement sur la pédagogie scientifique donne une définition du langage articulé. C'est le premier stade du langage parlé. Elle « se perfectionne au fur et à mesure que l'audition perçoit mieux les sons, et que les voies psychomotrices se font de plus en plus perméables à l'articulation ». Le perfectionnement du langage articulé se fait à un âge bien défini chez les enfants (vers 3ans) et reste définitif après. Il est alors difficile de le corriger après ce stade.

Le langage graphique est par contre la forme inscrite du langage articulé. Elle perfectionne le langage parlé et « permet d'exprimer la pensée déjà organisée logiquement, et de recueillir les idées de personnes invisibles » (Maria Montessori, 1958). Le langage graphique sert aussi à matérialiser le langage articulé et le stabilise grâce à l'usage des signes graphiques, constituant l'écriture et les différents codes langagiers. Le langage graphique est par contre la forme inscrite du langage articulé. Elle perfectionne le langage parlé et permet d'exprimer la pensée déjà organisée logiquement et de recueillir les idées de personne invisible. Le langage graphique sert aussi à matérialiser le langage articulé et le stabiliser, grâce à l'usage des signes graphiques constituant l'écriture et les différents codes langagiers. Le langage graphique comprend aussi les différents symboles (utilisés dans le domaine scientifique), les schémas, les graphes et autre figures.

Les codes sont un ensemble de convention en usage dans un domaine déterminé, des systèmes de symboles permettant de représenter une information. Les codes constituent donc un langage spécifique pour un domaine, ce qui fait que n'importe qui, quelle que soit sa langue parlée, peut se comprendre et s'y retrouver aisément.

D'après ces quelques définitions, le langage à surtout fonction de communication qui se perfectionne continuellement, pour faciliter la communication et la socialisation entre les hommes.

On peut dire inévitablement que toute activité humaine ne peut se concevoir dans le langage. La civilisation et les progrès scientifiques lui doivent sa prospérité, sans elle, l'intelligence humaine ne serait rien, car elle ne peut se manifester ni se matérialiser pour le bien de l'humanité. En plus, elle a beaucoup aidé au développement du cerveau, et elle a donc une fonction d'aide à la pensée.

I.3.1.2 Langue comme véhicule de toute connaissance scientifique

La langue ayant contribué à l'évolution de la pensée, a en conséquence contribué à l'émergence de toutes connaissances scientifiques. Car toutes découvertes scientifiques trouvent ses origines à des idées préconçues, communément appelé intuition, à des questions qu'on s'est déjà posées. Il s'ensuit toutes les démarches conduisant à la découverte.

L'homme qui à toujours soif de connaître le comment et le pourquoi de phénomènes naturels, part de l'observation des faits, et pose des problèmes et des hypothèses. Le rôle du langage y est important, car la description des faits nécessite de la rigueur ; c'est d'ailleurs le principal caractère de l'esprit scientifique, et qui par conséquent permet la pertinence du problème, Bachelard qui explique le mieux comment s'est formé une connaissance scientifique, précise que celle-ci ne peut se concevoir tant que la question posée n'est pas comprise, et qu'elle n'est pas clairement formulée : « Avant tout il faut savoir poser des problèmes ».

La clarté et la précision des termes utilisés sont des conditions sine qua non dans l'enseignement de la S.V.T.

I.3.1.3-Problème de la langue d'enseignement en SVT.

Le langage est primordial pour l'enseignement.

C'est par lui que l'enseignant transmet ses connaissances et traduit toutes les activités qu'il demande pour le bon déroulement de son enseignement. A son tour, l'apprenant construit son savoir à partir de ce que lui offre l'enseignant. S'il existe donc une défaillance aux niveaux de la langue d'enseignement, les connaissances acquises peuvent être erronées, et l'apprentissage n'est pas possible. Il se trouve donc que le choix de la langue d'enseignement est assez difficile, surtout pour les anciennes colonies comme Madagascar, où toute une génération s'est imprégnée de la langue du colonisateur. Les problèmes de la langue d'enseignement sont donc assez complexes, et ceci se traduit par de multiples changements d'option linguistique. Depuis l'Indépendance, on a hésité entre le français et le malgache sans que ni l'un, ni l'autre ne trouvent de véritable succès. Vers 1990 on a adopté les deux langues comme langues d'enseignement, et le français et le malgache disposent de la même importance. Vu la conséquence de la colonisation, Madagascar se trouve dans une ambiguïté culturelle et politique, et le système éducatif en est la plus importante victime. Le système éducatif et la politique linguistique dans l'éducation changent à chaque fois que le gouvernement ou le ministre responsable change, ces changements sont souvent relatifs à la politique générale adoptée, et qui règne dans des multiples contraintes autant nationales, qu'internationales. Mais le problème se pose toujours ; qu'elle est la limite de l'usage de l'un, et de l'autre et s'il fallait utiliser les deux langues ensemble, de quelle façon un enseignant pourrait-il les gérer, surtout dans l'enseignement des sciences de la vie et de la terre ?

DEUXIEME PARTIE:
LE CONCEPT DIDACTIQUE

II. LE CONCEPT DIDACTIQUE

II.1. Le concept de la transposition didactique :

Définition

C'est le Sociologue Michel Verret (1975) qui a créé le concept de transposition didactique en spécifiant que « toute pratique d'enseignement d'un objet présuppose une transformation préalable de cet objet en objet d'enseignement » puis Yves Chevallard (1985) l'a introduit en didactique des mathématiques « un contenu de savoir ayant été désigné comme savoir à enseigner dès lors un ensemble de transformation adaptative qui vont le rendre apte à prendre place parmi les objets d'enseignement ; le travail qui, d'un objet de savoir à enseigner, fait un objet d'enseignement est appelé la transposition didactique »

Cette notion a été élargit en didactique d'autres disciplines scientifiques (Arsac et al 1989, Astolfi et al 1997). Clément (1998) a dévoilé l'utilité de ce concept pour étudier les processus de médiatisation (exemple les cerveaux d'hommes et de femmes).

Si nous voulons emprunter l'exemple de Francis Halbwachs (1975), on peut situer la biologie du maître entre la biologie du biologiste et la biologie de l'élève, ainsi la pratique de l'enseignement de la biologie est très différente de celle d'un biologiste.

Pour Yves Chevallard (1982), la transposition didactique est la distinction entre le « savoir savant » tel qu'il émane de la recherche, et le « savoir enseigné » qu'on observe dans les pratiques de la classe.

La transposition didactique permet d'adapter, de transformer un savoir savant en objet d'enseignement dans un contexte social et historique.

II.2. Les étapes de la transposition didactique (figures 1) :

II.2.1. La transposition didactique externe

Elle analyse comment et pourquoi les programmes sont renouvelés dans chaque contexte social : en fonction de quelles références (nouvelles connaissances, pratiques sociales, valeurs) et de quelles influences (conceptions des acteurs qui effectuent ces choix pour le système éducatif).

La transposition didactique externe est effectuée par ce que Chevallard appelle la noosphère qui regroupe les universitaires, les auteurs des manuels, les inspecteurs, les innovateurs et les didacticiens, ces derniers choisissent les contenus qui doivent être enseignés ou médiatisés, ils définissent les programmes et analysent les stratégies de tous les acteurs de la transposition didactique.

La transposition didactique est dite externe puisqu'elle se fait en dehors du système didactique, ainsi, comme l'a suggéré Chevallard, l'étape cruciale de la transposition didactique se fait en dehors de l'enseignement « lorsque l'enseignement intervient pour écrire

cette variante locale du texte du savoir qu'il appelle son cours, il a longtemps déjà que la transposition didactique a commencé »

II.2.2. La transposition didactique interne

Elle analyse comment les programmes sont mis en œuvres dans les manuels scolaires et dans les enseignements eux même. C'est pendant cette étape que se produisent les adaptations particulières à chaque enseignement.

La transposition didactique interne analyse la façon dont les savoirs de référence (objet à enseigner) sont transposés en objets d'enseignement dans les manuels scolaires et par l'enseignement en classe.

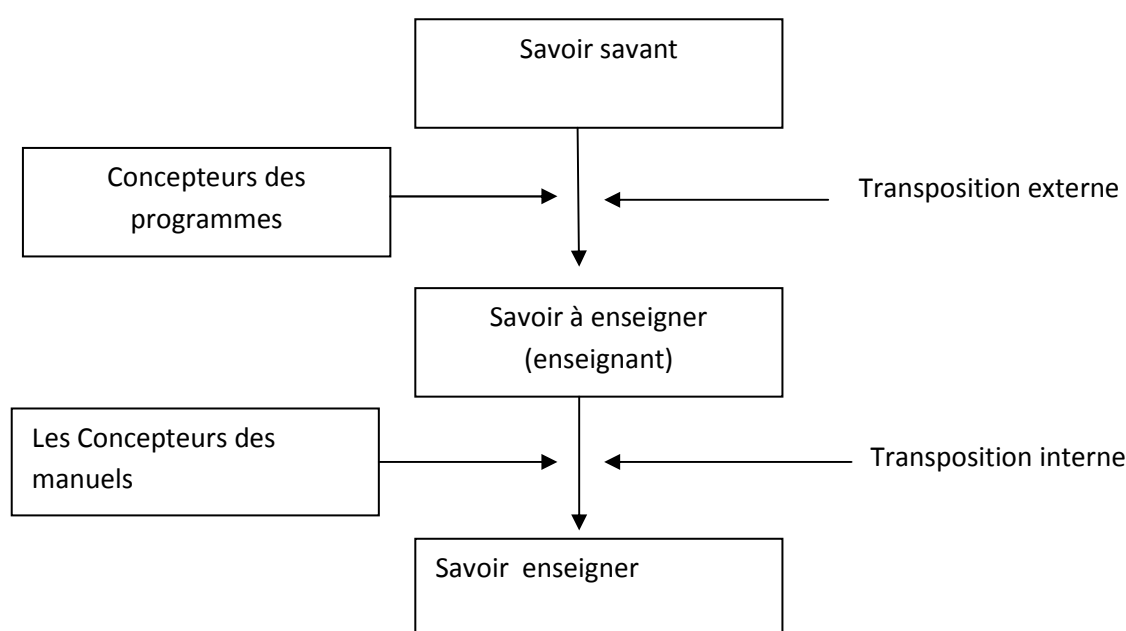


Figure 1 : les étapes de la transposition didactique (d'après J.P Astolfi, 1997).

II.3. Distance entre « savoir savant », « savoir enseigner » et savoir socio familial »

Il importe de rappeler que l'objet de la transposition didactique, comme la définit Michel Develay est l'ensemble « des processus qui conduisent à la définition dans un contexte déterminé, d'un savoir à enseigner et converge vers un travail d'historien, d'épistémologue et de sociologue de la connaissance ».

Le produit de la transposition didactique est différencié en objet, tâche, connaissances déclaratives et procédures.

L'intérêt de la transposition didactique est de situer le savoir dans son contexte social et historique, ainsi et d'après Develay , émane une double vigilance :

- Une vigilance épistémologique quand à la distance entre les savoirs à enseigner leur origine du côté des savoirs savants.
- Une vigilance sociologique quant à la distance entre les savoirs à enseigner et leur origine du côté des pratiques sociales de référence ou des conditions historiques de constitution des savoirs savants.

D'après Yves Chevallard, le savoir à enseigner doit avoir une certaine distance mi-chemin qui l'éloigne d'une part du « savoir savant » et du « savoir socio familial », il ne doit pas être ni trop proche ni trop éloigné des autres savoirs : Si le « savoir à enseigner » n'est pas très différent du « savoir savant », il demeure incompréhensible par les partenaires de l'école, s'il est très simplifié, trop éloigné, il devient archaïque, non actualisé et dépassé. De même si le « savoir à enseigner » est trop proche du savoir familial, l'école devient inutile et se heurte à l'obstacle du sens commun et s'il en est trop éloigné, l'enseignement n'est pas bien accepté par les parents

Il y a donc écart entre le « savoir savant » et « le savoir à enseigner » (l'école n'a jamais enseigné des savoirs (purs) mais des contenus d'enseignement quelque chose qui n'a d'existence qu'à l'intérieur de l'école et qui n'a pas de correspondant immédiat ni dans la sphère de la production ni dans la sphère de la culture » (Cornu, 1992).

Le concept tel qu'il est intégré dans un programme scolaire subit une simplification, une transformation et même parfois une **dénaturation** et/ou une **dogmatisation** qui sont parfois inévitables.

La transposition didactique fait naître parfois un nouveau savoir qui est très différent du savoir savant d'où il a pris naissance « il y a une créativité didactique, c'est-à-dire création d'objectifs d'enseignements qui ne figurent pas dans le savoir savant » (Gilbert Arsac, 1998). La transposition consiste donc à extraire un savoir de son contexte (universitaire, social ...) pour le décontextualiser dans le contexte de la classe.

Jean Louis Martinand (1986), en construisant la notion de pratique de référence a introduit l'idée selon laquelle « tous les savoirs enseignés ne sont pas issus d'une source savante ». En effet d'autres sources de savoirs sont proposés ou peuvent être utilisés pour analyser les savoirs enseignés, au même titre que le savoir savant. La transposition didactique et les pratiques sociales de références renverraient ainsi à des instruments d'analyses des savoirs scolaires : l'un par rapport au champ scientifique, l'autre par rapport aux champs des pratiques sociales.

Cette pratique de référence ne s'agit pas de contextualiser des savoirs, mais de prendre en compte des pratiques dans tous leurs aspects y compris dans leur composante de savoir et même les concepts centraux peuvent être différents selon les pratiques alors que les objets semblent les mêmes.

TROIXIEME PARTIE:

L'EXPERIMENTATION ASSISTEE PAR
ORDINATEUR

III. L'EXPERIMENTATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR:

Selon les programmes officiels, la démarche expérimentale est préconisée dans le collège, plus particulièrement en science. Au lycée, l'enseignement des sciences de la vie et de la terre vise plusieurs objectifs dans celui de l'approfondissement de la formation méthodologique, notamment en développant la maîtrise de la démarche expérimentale. La démarche expérimentale (observation, hypothèse, expérience, résultat, interprétation, conclusion) était plus située dans le cadre d'activité pratique ou le concret et la manipulation était davantage valorisée. Voyons d'abord, la place de l'expérimentation.

III.1. La place de l'expérimentation dans l'enseignement des S.V.T en Lycée.

« En prenant appui sur les besoins naturels aux enfants d'agir et de manipuler, l'éducation scientifique fournit alors des occasions privilégiées pour développer une réflexion, bien enracinée à partir de ces actions et manipulation » (Astolfi , 2001).

Trois registre de l'expérimental.

- « L'expérimentation action », qui relève de l'attitude scientifique. La classe est ici invitée à voir, à essayer à explorer. Les expériences visent à permettre aux élèves d'approprier un domaine, une technique, un instrument, avant de pouvoir construire un raisonnement ou aboutir à un savoir. Ce sont des moments essentiels surtout avec les jeunes élèves, et fréquemment sous-estimés.
- « L'expérimentation – objet », qui révèle de la démarche scientifique. La classe est ici à tester, à contester, à argumenter. Les expériences visent dans ce cas à débattre des formes de raisonnement employées, à comparer des procédures, à s'assurer de la validité des conclusions.
- « L'expérimentation outil » qui révèle de la construction du savoir scientifique. La classe est ici invitée à démontrer, conceptualiser, modéliser. Les expériences visent plutôt à introduire des savoirs opératoires par une pratique de la résolution de problème.(Coquidé , 1998).

III.2. Les fonctions principales de l'ordinateur à l'enseignement des sciences de la vie et de la terre.

Ce paragraphe comporte deux volets : la première traite de l'utilisation de l'ordinateur en sciences de la vie et de la terre, et plus particulièrement en biologie, au lycée, et la deuxième est réservée aux compétences que l'enseignant devrait avoir.

III.2.1. L'utilisation de l'ordinateur en sciences de la vie et de la terre.

L'informatique rend d'importance service à l'expérimentation ; avec l'ordinateur, l'analyse et le traitement des données sont rapides et efficaces. L'ordinateur rend possible la simulation, la modélisation. L'ordinateur permet de traiter des images numériques et analogiques.

- Cette nouvelle technique permet de maintenir des expériences concrètes réalisées sur des phénomènes inaccessibles jusqu'à présent (exemple : toutes les manipulations d'électrophysiologies sur les activités cardiaques, nerveuses, musculaires).
- Les expériences peuvent être renouvelées, des exemples différents peuvent être multipliés (par exemple : l'étude de la vitesse d'action d'une enzyme en fonction de divers facteurs : pH, température, concentration en substrat (Bellart, 1994).
- C'est une technique qui procure des gains en rapidité, précision, abondance et fiabilité sur les mesures expérimentales. Ainsi l'élève peut aller directement aux mesures

significatives et utilise au problème traité « l'Ex.A.O ne devrait pas être un outil de démonstration mais doit être une technique au service des élèves » (Faure, 1991).

En effet, lorsque les élèves sont deux à trois par machine, ils peuvent s'investir activement dans la conception et la mise en œuvre d'un protocole en explorant les résultats (Demounem, 1991).

III.2.2. Expérimentation assistée par ordinateur proprement dite

Historique.

L'expérimentation assistée par ordinateur a été conçue par Nonnon et Laurencelle dès 1972, son implantation en milieu scolaire y présente beaucoup de retard (Marcotte 2004). Ailleurs, elle est pourtant en pleine expansion par exemple en France et de façon moindre aux Etats Unis (Nonnon 2002, dans Marcotte 2004). Plusieurs sigles et expressions sont d'équivalents d'ExAO, notamment : Apparitor Robot en robotique pédagogique, ATIDEX pour Acquisition et Traitement Informatique de Données Expérimentales, MBL pour Microcomputer Based Laboratory et CAEx pour Computer Assisted d'Expérimentation. L'introduction de l'ordinateur dans les laboratoires des sciences est considérée comme une réussite en France, ExAO dans tous les lycées, épreuve obligatoire au baccalauréat, implantation actuelle dans les collèges (Marcotte 2004).

L'Expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) ne diffère pas fondamentalement de l'expérimentation telle qu'elle était menée classiquement avec divers instruments de mesures et appareils de laboratoires, mais l'incorporation de l'ordinateur dans une chaîne de mesure apporte de nombreux avantages. L'acquisition des données peut être automatisée, les résultats sous forme graphique sont considérablement simplifiés, ce qui en facilite l'analyse et l'exploitation pédagogique.

III.2.2.1. Elément du système d'ExAO

Trois éléments fondamentaux composent un système d'ExAO : les capteurs, l'interface et le logiciel.

Les capteurs sont les instruments de mesure à proprement parler. À la différence des instruments classiques, les capteurs ne possèdent pas nécessairement de circuits électroniques permettant l'interaction directe de l'utilisateur sur l'instrument (ex. écran d'affichage, bouton de sélection, interrupteurs...). Le capteur produit un signal dont la valeur est proportionnelle à celle du paramètre mesuré.

Ce signal est transmis à l'interface d'acquisition qui retransmet les signaux électriques des capteurs en signaux numériques vers l'ordinateur.

Exemples : pH-mètre, dynamomètre, thermomètre, microvoltmètre, ampèremètre, etc...

- **L'interface** est l'appareil qui fait le lien entre le ou les capteurs et l'ordinateur. Souvent sous forme de carte enfichable, il peut aussi s'agir de petit appareil qui se branche à l'ordinateur. L'interface peut traduire ou régulariser le signal, selon le capteur et le système utilisé.

Certaines interfaces sont portatives : on peut alors mener des expérimentations sans être reliées directement à un ordinateur. Les données sont par la suite téléversées à l'ordinateur.

L'une des caractéristiques importante d'une interface est sa **fréquence d'échantillonnage**, mesurée en MHz.

- **L'ordinateur**. Sauf pour des raisons de compatibilité de l'interface ou du logiciel, à peu près n'importe quel type d'ordinateur (PC XT, AT, 286, 386, 486, pentium, Mac... Commodore 64 !) muni de n'importe quelle plate-forme (DOS, Windows, Mac OS, Linux...) peut servir d'intermédiaire. Évidemment, la puissance de l'ordinateur et ses capacités d'affichage graphique feront varier la convivialité de l'expérimentation (cette puissance n'est toutefois pas nécessairement synonyme d'efficacité !).

Les logiciels

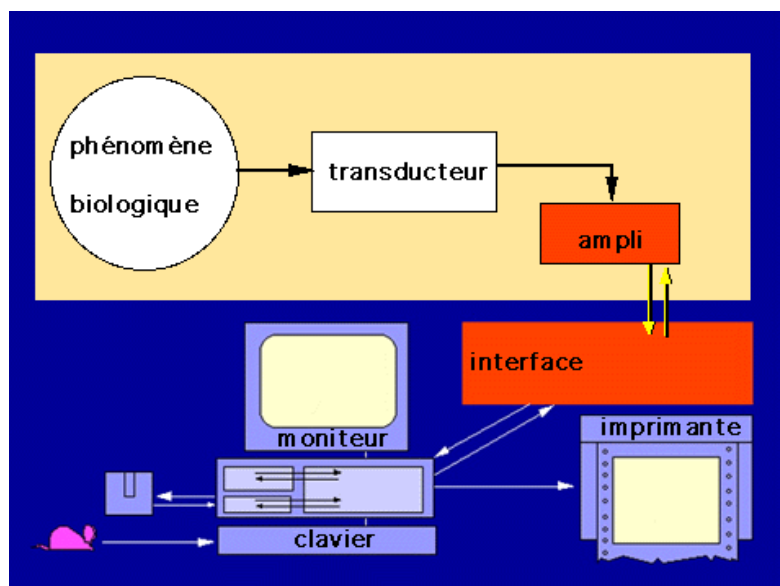
Un logiciel adéquat pilote l'interface et permet de traiter les mesures réalisées, notamment sous forme graphique. Il existe une assez grande diversité de logiciels pour l'ExAO. Leurs fonctions ne sont toutefois pas nécessairement équivalentes. Comme il n'existe pas de standards en ExAO à proprement parler, leur interopérabilité n'est pas toujours assurée. La plupart du temps, le logiciel et l'interface utilisés sont interdépendants et sont vendus simultanément. Dans certains cas le logiciel est donné.

Nous pouvons distinguer deux types de logiciels :

- **Les spécialistes** sont dédiés à un type d'expérimentation déterminé et proposent des procédures prêtes à l'emploi. Les variations de signaux fournies par les capteurs sont directement utilisés par le programme;
- **Les généralistes** sont conçus pour interagir indépendamment de l'expérience menée. Ils permettent de contrôler l'acquisition des résultats, quels que soient les capteurs utilisés et les manipulations réalisées. Les résultats sont affichés de manière plutôt brute à l'écran.

La figure ci-dessous montre ces composants de base communs à tous les systèmes d'ExAO.

Figure 2- les composants communs à tous les systèmes d'ExAO



Source : WWW.SVT-ac-Versaille.fr/spip/php?articl744.12/11/12

III.2.2.2. Evolution de l'expérimentation assistée par ordinateur :

Parmi les applications aujourd'hui disponibles, l'ExAO est une des celles qui, malgré un démarrage tardif a connu un grand succès en raison des apports scientifiques et pédagogiques qui lui sont reconnus (Jalvy et al, 1992). Entre les années 70 et 80, quelques entreprises sont commencées à développer du matériel d'ExAO. (Pol 1990-1997)

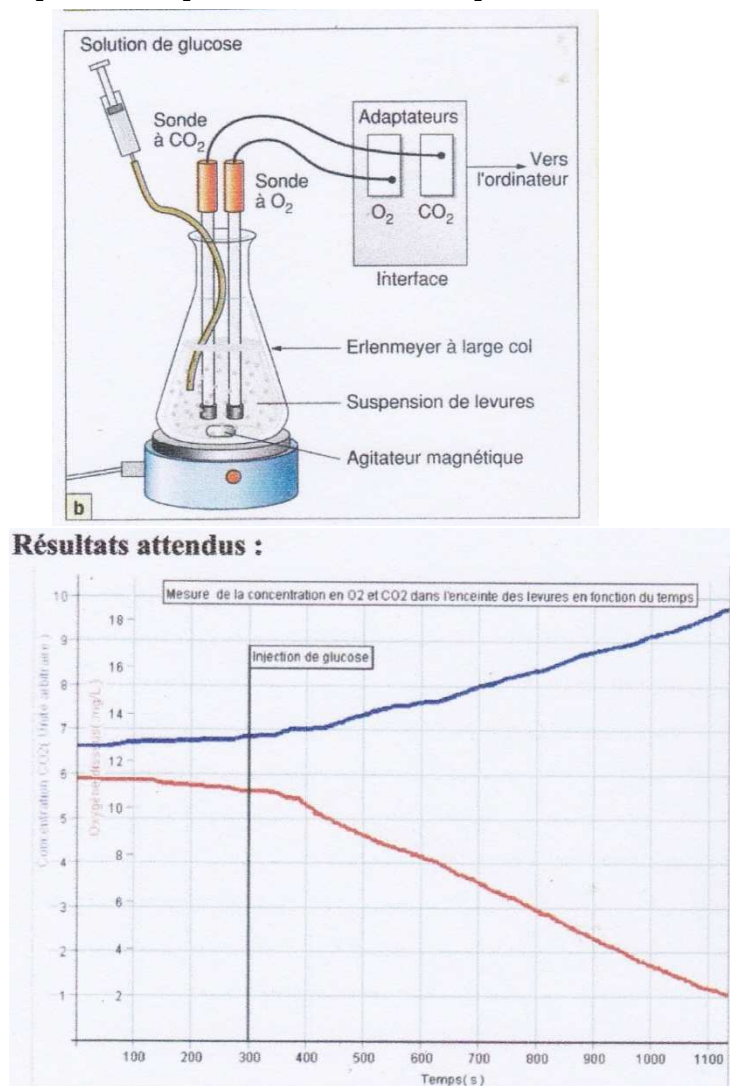
Les tendances de l'évolution de l'ExAO peuvent être identifiées essentiellement par l'examen des productions des fabricants, en ce qui concerne les matériels et logiciels, et dans les publications spécialisées en ce qui concerne les applications pédagogiques qu'ils rendent possibles.

- **Les capteurs**

Les premiers systèmes d'ExAO permettaient deux grandes catégories d'utilisation centrées, d'une part, sur la mesure de la concentration d'oxygène avec une électrode de Clark et, d'autre part, sur le recueil de données électro physiologique à travers un amplificateur différentiel. A ces capteurs de base s'ajoutaient quelques instruments de laboratoire plus simples, notamment luxmètre, thermomètre, et pH-mètres eux aussi conçus pour être connecté à l'interface d'acquisition reliée à un ordinateur.

La figure ci-dessous montre le dispositif d'expérimentation assistée par ordinateur dans une séance de la biologie végétale.

Figure 3 : Dispositif d'expérimentation assistée par ordinateur



Aujourd'hui, si ces deux ensembles de base restent probablement les plus utilisés, on observe chez les fabricants une diversification des capteurs disponibles. Il peut s'agir soit de capteurs développés dans un but unique pédagogique soit de capteurs d'origine industrielle.

On dispose ainsi aujourd'hui d'une large gamme de capteurs ou d'appareils de laboratoires ineffaçables avec l'ordinateur rendant possible des types d'expérimentations dans des domaines variés. Le tableau ci-dessous présente les capteurs ou les appareils disponibles.
Tableau 1 : capteur ou appareil de mesure

Capteur ou appareil de mesure
Electrode de Clark (oxymètre)
Luxmètre
Thermomètre
Hygromètre
Débitmètre
pH-mètre
Amplificateur différentiel
Microphone
Dynamomètres (différentes gammes)
Jauges de contrainte (différentes gammes)
Capteurs de pression (absolu, différentiel)
Conductimètres
Capteurs de gaz (éthanol, CO, SO _x , NO _x)
Capteurs CCD
Electrodes sélectives (ions)
Colorimètre, spectrophotomètre, fluorimètre, luminomètre
Densitomètre
Balance électronique

Source : [Http://WWW.didier.pol.net.16/11/12](http://WWW.didier.pol.net.16/11/12)

En fait, tout dispositif de mesure électronique peut désormais être relié à un ordinateur autorisant ainsi une très grande variété d'acquisitions expérimentales.

Le tableau ci-dessous donne une idée de la richesse des possibilités d'expérimentation en présentant les principaux domaines concernés dans les sciences de la vie.

Tableau 2 : Les possibilités d'expérimentation en SVT.

Biologie végétale	Biologie animale	Biochimie	Ecologie
Photosynthèse Production d'oxygène, réaction de Hill, spectre d'absorption des pigments, spectre d'action de la photosynthèse, fluorescence de la chlorophylle	Respiration Respiration animale et humaine, adaptation respiratoire à l'effort, respiration cellulaire	Enzymologie Mise en évidence d'activités enzymatiques, cinétique enzymatique, métabolisme cellulaire	Nappes phréatiques (maquettes)
Respiration Respiration des végétaux, d'organes isolés, respiration cellulaire, respiration mitochondriale	Physiologie nerveuse et musculaire Electrophysiologie animale (nerf, chaîne nerveuse, ganglion, muscle), électrophysiologie humaine (réflexe myotatique, motricité volontaire, mouvements oculaires), neurochimie (ganglion d'invertébré, synapse neuromusculaire)	Dosages biochimiques Dosages spectrophotométriques, suivi de réactions métaboliques	Pollutions Pollutions de l'air, effet de serre (maquettes), pollutions des eaux, des sols
Autres Absorption d'eau, absorption et production racinaires d'ions, transpiration foliaire, germination, croissance, fructification, mouvements	Physiologie cardiovasculaire Electrocardiographie, pression artérielle, adaptation cardiovasculaire à l'effort	Spectres d'absorption Hémoglobines, cytochromes, coenzymes	Eaux Demande biologique en oxygène, demande chimique en oxygène, composition chimique des eaux
Microbiologie Fermentations, croissance d'une population, métabolisme	Divers Action d'une hormone, mouvements, communication sonore, bioluminescence	Divers Lecture et quantification d'électrophorèses, suivi de réactions immunologiques	Radiométrie (maquettes)

La variété des sujets d'études accessible à l'ExAO permet donc de l'utiliser désormais dans la plupart des domaines scientifiques couverts par des programmes des lycées.

En résumé, l'évolution dans le domaine des capteurs correspond principalement à une diversification donnant accès à une très grande diversité de champs expérimentaux.

- **Les interfaces :**

Depuis les débuts de l'ExAO, différentes sociétés se sont lancées dans la fabrication et/ou la commercialisation d'interface à usage pédagogique avec des succès commerciaux divers. Certaines marques présentes il y a quelques années ont disparu du marché, tandis que des nouvelles marques apparaissent. Aujourd'hui, une demi-douzaine des fabricants sont présents sur le marché, et la plupart ont fait porter leurs efforts de développement sur les performances, la portabilité et l'autonomie des interfaces et sur l'utilisation de l'ExAO au collège et lycée selon Pol

Les premières interfaces ne comportaient qu'un nombre restreint des voies d'entrée, les interfaces actuelles permettent le branchement simultané d'un plus grand nombre de capteurs (Lestournelles, Meyfredi 1994).

Les interfaces portables :

Diverses interfaces portables sont maintenant disponibles. L'utilisation d'interface portable autonome, capable d'acquisition en absence d'ordinateur rend possible des mesures sur le terrain ou sur l'individu hors du laboratoire et contribue ainsi, à la diversification des activités scientifiques, notamment dans le domaine de l'éducation à l'environnement.

Evolution des logiciels :

Logiciels généralistes et logiciels dédiés.

Au cours des premières années du développement de l'ExAO, la très grande majorité des enseignants de SVT de Versailles, a préféré utiliser des logiciels dédiés. Ces logiciels ont eu le mérite de permettre à des enseignants, peu familiers de l'ordinateur, de découvrir l'ExAO et d'en faire profiter leurs élèves. Aujourd'hui, la situation change car devant la multiplication des capteurs et des expérimentations disponibles, utilisés pour les acquisitions expérimentales, un logiciel généraliste devient indispensable. Les logiciels généralistes présentent de nombreux avantages avec eux, tout nouvel appareil de laboratoire devient immédiatement exploitable en ExAO.

III.3. Quelques exemples d'Ex.A.O en SVT :

Ces exemples sont tirés des travaux de groupe Ex.A.O de Versailles : Fabienne BASSET et Lucia JAKUBIK, et publié par Oliver Avisseau et Thierry Coince. 12 Septembre 2012.

III.3.1. Les possibles en Ex.A.O en Classe de Seconde :

Thème 1- La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant : une planète habitée

Extraits B.O	Activités Ex.A.Oproposées	Matériels Ex.A.O
La nature du vivant De nombreuses transformations chimiques se déroulent à l'intérieur de la cellule : elles constituent le métabolisme. Il est contrôlé par les conditions du milieu et par le patrimoine génétique. La cellule est un espace limité par une membrane qui échange de la matière et de l'énergie avec son environnement. Cette unité structurale et fonctionnelle commune à tous les êtres vivants est un indice de leur parenté.	Mise en évidence du métabolisme et influence de l'environnement Influence de la présence de glucose sur la respiration des levures Influence de la présence de la lumière sur la photosynthèse des algues unicellulaires chlorophylliennes Comparaison Euglènes avec Euglènes sans chloroplastes Évolution d'une population cellulaire en fonction des conditions du milieu	Réaliser des mesures : - de la quantité d'O₂ (sonde O₂) et/ ou de CO₂ (sonde CO₂) dans le milieu en absence et présence de glucose. Réaliser des mesures : -de la quantité d'O₂ (*sonde O₂) et/ ou de CO₂ (*sonde CO₂) en absence et présence de lumière (luxmètre) dans un milieu avec des Euglènes chlorophylliennes ou avec des mutants Euglénoides. Réaliser des mesures : -de l'absorbance de populations de levures soumises à des conditions différentes du milieu (colorimètre ou spectrophotomètre).

Thème 2- B : Enjeux planétaires contemporains : énergie, sol.

Extraits B.O	Activités Ex.A.Oproposées	Matériels Ex.A.O	
Le Soleil, source de l'énergie essentielle La lumière solaire permet, dans les parties chlorophylliennes des végétaux, la synthèse de matière organique à partir d'eau, de sels minéraux et de dioxyde de carbone. Dans de environnements de haute productivité, une faible proportion de la matière organique échappe à l'action des décomposeurs puis se transforme en combustible fossile au cours de son enfouissement. L'utilisation de combustible fossile restitue rapidement à l'atmosphère du dioxyde de carbone	Mise en évidence de la consommation en CO₂ lors de la photosynthèse chez les végétaux chlorophylliens Mise en évidence de l'influence de l'éclairement sur la synthèse de matière organique Mise en évidence de la consommation de la matière organique par les microorganismes présents dans l'eau. Mise en évidence de libération de CO₂ lors de la combustion d'un échantillon de	Réaliser des mesures : De la quantité de CO₂ (sonde CO₂) dans l'enceinte avec un végétal chlorophyllien en fonction de la quantité d'énergie lumineuse reçue (luxmètre) Réaliser des mesures : De l'absorbance de cultures de Chlorelles placées dans différentes conditions d'éclairement (colorimètre) Réaliser des mesures : De la quantité d' d'O₂ (sonde O₂) dans l'eau en absence et en présence de microorganismes Réaliser des mesures : De la quantité de CO₂ (sonde CO₂) et de la température.	<u>Activité CO₂ et fanes de radis</u> <u>Activité combustibles fossiles et CO₂.</u>

III.3.2. Les possibles en EXAO en Classe de Première :

Thème 1- B : La tectonique des plaques : l'histoire d'un modèle.

Extraits B.O	Activités Ex.A.O proposées	Matériels Ex.A.O	
L’interprétation actuelle des différences d’altitude moyennes entre les continents et les océans La différence d’altitude observée entre continents et océans reflète un contraste géologique. Les études sismiques et pétrographiques permettent de caractériser et de limiter deux grands types de croûtes terrestres : une croûte océanique essentiellement formée de basalte et de gabbro et une croûte continentale constituée entre autres de granite. La croûte repose sur le manteau, constitué de péridotite. L’hypothèse d’une expansion océanique et sa confrontation à des constats nouveaux Au début des années 1960, les découvertes de la topographie océanique et des variations du flux thermique permettent d’imaginer une expansion océanique par accréation de matériau remontant à l’axe des dorsales, conséquence d’une convection profonde. La mise en évidence de bandes d’anomalies magnétiques symétriques par rapport à l’axe des dorsales océaniques, corrélables avec les phénomènes d’inversion des pôles magnétiques (connus depuis le début du siècle), permet d’éprouver cette hypothèse et de calculer des vitesses d’expansion.	Mise en évidence de propagation d’ondes à travers des matériaux de nature pétrographique différente. Mise en évidence de l’enregistrement des anomalies magnétiques au niveau d’une dorsale	Réaliser des mesures : De la vitesse de propagation des ondes dans les matériaux de nature différente (capteurs piézoélectriques) Réaliser des mesures : -de l’intensité du champ magnétique suivant un trajet perpendiculaire à l’axe des aimants (capteur tesla mètre) (plusieurs aimants orientés différemment par rapport au champ magnétique terrestre)	<u>Activité vitesse propagation des ondes dans les matériaux différents</u> <u>Modélisation des anomalies magnétiques</u>

Thème 2 - B: Nourrir l'humanité

Extraits B.O	Activités Ex.A.O proposées	Matériels Ex.A.O	
La production végétale : utilisation productive primaire L'agriculture repose sur la constitution d'agrosystèmes gérés dans le but de fournir des produits (dont les aliments) nécessaires à l'humanité.	Mise en évidence de l'influence des pratiques culturales sur l'activité des micro-organismes du sol	Réaliser des mesures : De la variation de la consommation d'O ₂ dans le sol aéré et compacté (sonde O₂) Variations de l'activité des êtres vivants du sol en fonction de la structure du sol : travail sur terre aérée, compactée, gorgée d'eau (mesure indirecte de cette respiration : ExAO avec sonde CO₂)	Influence de la structure du sol sur l'activité des décomposeurs Mesure des variations de l'activité des êtres vivants du sol en fonction de la structure du sol : travail sur terre aérée, compactée, gorgée d'eau (mesure indirecte de cette respiration : ExAO avec sonde CO₂).

III.3.3 Les possibles en Ex.A.O en Classe de Terminale :

- **Introduction**

Dans le thème 2 du programme de Seconde, les élèves ont vu que chez les végétaux, la photosynthèse nécessite de la lumière et qu'elle n'a lieu que dans les parties chlorophylliennes. Dans le thème 1 du programme de Terminale S Spécialité, il s'agit d'aborder la photosynthèse à l'échelle de la cellule chlorophyllienne et du chloroplaste (thème 1) : il faut montrer que cette cellule (ou cet organelle) possède tous les « ingrédients » permettant la photosynthèse.

Les Euglènes sont des cellules chlorophylliennes souvent utilisées au cours des séances de travaux pratiques. Elles permettent entre autre d'étudier certains aspects du métabolisme autotrophe et de la photosynthèse. Elles donnent ainsi l'occasion de réaliser des mesures à l'aide d'un dispositif ExAO afin de mettre en évidence des échanges gazeux entre des cellules chlorophylliennes et leur milieu.

- **Scenario Pédagogique**

Il s'agit d'identifier les éléments impliqués dans la capture de l'énergie lumineuse indispensable à la photosynthèse. Selon la progression choisie, les élèves ont pu voir auparavant qu'une solution de chlorophylle brute absorbe certaines longueurs d'onde du visible (bleu, rouge) mais pas d'autres (vert). Une chromatographie révèle que cette même solution est composée de plusieurs pigments. On montre ensuite que chaque pigment possède un spectre d'absorption propre.

Les pigments chlorophylliens absorbent certaines radiations de la lumière visible, mais cela ne démontre pas que ces radiations sont celles qui sont utiles à la photosynthèse. On peut alors faire l'hypothèse que ces pigments sont aussi des pigments photosynthétiques : les radiations qu'ils absorbent permettent la photosynthèse.

On teste alors l'influence des radiations absorbées par les pigments sur l'efficacité de la photosynthèse de cellules chlorophylliennes éclairées par des lumières

monochromatiques (bleu, rouge et vert). On compare les résultats obtenus avec ceux acquis lorsque ces cellules chlorophylliennes sont éclairées par une lumière blanche (témoin positif de la photosynthèse) ou sont plongées dans l'obscurité (témoin positif de la respiration ou témoin négatif de la photosynthèse).

Dans ce cadre, les élèves peuvent pratiquer certaines étapes types de la démarche d'investigation :

- La conception d'une stratégie ou d'un protocole pour éprouver une hypothèse ;
- La confrontation des résultats obtenus et de l'hypothèse.

Thème 1 – La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution de la vie Énergie et cellule vivante

Extraits B.O	Activités Ex.A.O proposées	Matériels Ex.A.O	
La cellule chlorophyllienne des végétaux verts effectue la photosynthèse grâce à l'énergie lumineuse. Le chloroplaste est l'organite clé de cette fonction. La phase photochimique produit des composés réduits RH_2 et de l'ATP. La phase chimique produit du glucose à partir de CO_2 en utilisant les produits de la phase photochimique. La plupart des cellules eucaryotes (y compris les cellules chlorophylliennes) respirent : à l'aide de dioxygène, elles oxydent la matière organique en matière minérale. La mitochondrie joue un rôle majeur dans la respiration cellulaire. L'oxydation du glucose comprend la glycolyse (dans le cytoplasme) puis le cycle de Krebs (dans la mitochondrie) : dans leur ensemble, ces réactions produisent du CO_2 et des composés réduits $\text{R}'\text{H}_2$. Certaines cellules eucaryotes réalisent une fermentation. L'utilisation fermentaire d'une molécule de glucose produit beaucoup moins d'ATP que lors de la respiration.	Mise en évidence des échanges gazeux photosynthétiques Mise en évidence du spectre d'absorption de la chlorophylle brute. Mise en évidence des échanges gazeux respiratoires Mise en évidence de la respiration mitochondriale et de son substrat Mise en évidence de la fermentation chez les levures	Réaliser des mesures : De la quantité d'O_2 (sonde O_2) et ou de CO_2 (sonde CO_2) dans le milieu avec des algues unicellulaires en absence et présence de lumière (sonde luxmètre). Réaliser des mesures : Du spectre d'absorption d'une solution de chlorophylle brute (spectrophotomètre balayant le spectre du visible). Réaliser des mesures : De la quantité d'O_2 (sonde O_2) et ou de CO_2 (sonde CO_2) dans le milieu ; sur des suspensions de levures, de tissus végétaux non chlorophylliennes en absence de lumière (sonde luxmètre). Réaliser des mesures : de la quantité d'O_2 (sonde O_2) et ou de CO_2 (sonde CO_2) dans une suspension de fraction mitochondriale lors de l'ajout de glucose ou du succinate de Na. Réaliser des mesures : De la quantité d'O_2 (sonde O_2) et ou de CO_2 (sonde CO_2) et de la quantité d'éthanol (sonde éthanol) dans le milieu avec des levures.	<u>Influence des radiations lumineuses sur l'efficacité de la photosynthèse des cellules chlorophylliennes</u>

Thème 2 – Corps humain et santé

Extraits B.O	Activités Ex.A.O proposées	Matériels Ex.A.O	
Thème 3-B Neurone et fibre musculaire : la communication nerveuse Le réflexe myotatique est un réflexe monosynaptique. Il met en jeu différents éléments qui constituent l'arc-réflexe.	Mise en évidence des éléments de l'arc-réflexe Le réflexe myotatique Mise en évidence de l'activité électrique du nerf	Réaliser des enregistrements: De l'activité électrique musculaire (boîtier électrophysio, électrodes et marteau réflexe) Réaliser des enregistrements : De l'activité électrique d'un nerf isolé (boîtier électrophysio et plaque à nerf).	<u>Enregistrer le réflexe myotatique</u>

III.4. Compétences des enseignants

Actuellement, il n'est plus imaginable de préparer un cours sans recherche de document, que ce soit sur des ouvrages (livres), ou sur internet avec un moteur de recherche, comme Google et ses différents modules, ou l'encyclopédie Wikipedia, avec les qualités et les limites d'un site coopératif fait par les internautes.

C'est en cela que réside les doubles compétences que les enseignants devraient avoir. Premièrement, la maîtrise de contenu, qui fait appel au concept de la transposition didactique : le savoir recontextualiser le savoir savant en savoir enseigné pour qu'il soit enseignable en classe. D'après Yves Chevalard « il ne doit pas être ni trop proche, ni trop éloigné des autres savoirs : si le savoir enseigné n'est pas très différent du « savoir savant », il demeure incompréhensible par les partenaires de l'école, s'il est très simplifié, trop éloigné, il devient archaïque, non actualisé et dépassée ».

Deuxièmement, la présence de l'ordinateur et de l'internet en cours n'enlève pas le rôle fondamental de l'enseignant, elle le lui redonne.

Outre, le fait qu'elles sont motivantes pour les élèves et qu'elles leurs permettent de développer de très nombreuses compétences et aptitudes, les activités offertes par les ordinateurs et internet se révèlent en premier lieu, bénéfique pour l'enseignant qui se trouve valoriser par l'utilisation de ces outils. L'enseignant n'est plus uniquement un distributeur de connaissance. Il est considéré et respecté pour ses nouveaux statut de formateur et de « metteur en scène » il donne les consignes initiales, il élabore les activités permettant à l'élève de comprendre, et s'approprier les notions, il aide les élèves rencontrant des difficultés, évalue, les produits finale.

Ces rôles d'enseignants exigent une compétence en informatique.

Compétences qu'Ex.A.O exigent:

- Savoir mettre en œuvre le matériel Ex.A.O, les logiciels.
- Respect des consignes et rigueurs de la démarche
- Savoir faire expérimental
- Savoir gérer les liaisons entre les différents éléments de la chaîne expérimentale
- Savoir intervenir sur les paramètres expérimentaux
- Etre capable de transposer les méthodes acquises

- Savoir émettre des hypothèses.

Plusieurs enseignants ne savent pas du tout se servir de ces technologies.

III.5. Impact de l'ExAO

La rapidité de réalisation des expériences avec l'ordinateur permet un gain de temps, mais, où tient place l'observation qui nécessite des matériels et des objets concrets qu'on peut manier et faire travailler les cinq sens et qui feront intervenir l'activité physique et intellectuelle des élèves ?

Dans bien des cas, l'Ex.A.O apporte des solutions à la réalisation de certaines manipulations mais « malheureusement, l'évolution des techniques ne permet plus de proposer aux élèves certaines expériences fondamentales et le recours à la simulation sur ordinateur est une solution apportée à la mise en place de séance de travaux pratiques , par exemple , le logiciel « fibre nerveuse » s'intègre parfaitement dans certains programmes de terminale scientifique. Ce logiciel propose différente simulation d'expériences que l'élève peut réaliser, en recueillir les résultats puis les traiter graphiquement ». (Meirieux, Richard. 1991).

La simulation est loin de la réalité. Il est très important de préciser aux élèves qu'ils ne travaillent pas directement à partir du réel, mais à partir d'un modèle rentré dans l'ordinateur.

L'Ex.A.O représente un matériel assez conséquent (ordinateur, logiciels, capteurs) qui risque d'éloigner l'élève du contact du vivant, un des objectifs prioritaires dans l'enseignement de la biologie. Sur ce point, Faure souligne « il est important de préserver des séquences où l'élève est directement en contact avec le vivant ? ».

Dans un article sur la situation de l'enseignement de la biologie-géologie au lycée, Demounem analyse la place de l'Ex.A.O dans la pédagogie active : « ces nouvelles pratiques se développent en plus de TP traditionnels ». Il paraît essentiel de replacer l'Ex.A.O au sein des autres techniques d'expérimentation et d'observation et d'insister sur leur complémentarité, afin d'utiliser au mieux les avantages de chacune.

L'ordinateur constitue un nouvel élément à intégrer dans les contenus enseignés. Les données en biologie sont de plus en plus nombreuses et la nécessité de banques de données scientifiques est actuellement indispensable (en génétique, dans l'évolution) ; Lestournelles en propose la classification suivante (disquette, cédéroms, internet, logiciel). Le cédérom et l'internet sont actuellement des banques de données incontournables et commencent à être utilisés dans les lycées. Leurs utilisations pendant l'apprentissage n'exigent-ils pas une double compétence chez l'enseignant ?

III.6-Suggestion, face à la complexité de l'utilisation de logiciels d'ExAO

Pol, chargé d'étude et de recherche à l'INRP, dans sa communication présenté au colloque ENS-INRP : « Informatique et Communication dans l'enseignement des sciences de la vie et de la terre » Paris, 15-17 /10/1997, a expliqué la différence entre le logiciel dédié et le logiciel généraliste, lequel de ces deux est mieux praticable, pédagogique, en faveur des enseignants et des apprenants. Le logiciel généraliste présente de nombreux avantages. Ils permettent de créer des pages spécifiques à tel ou tel capteur ou expérimentation, ce qui permet de garder au mémoire une configuration donnée d'acquisition avec les mêmes avantages qu'un logiciel dédié. En outre avec l'insertion des données multimédias (sons, images de montage, schémas, photos ou séquence vidéo) il est possible de créer des pages

permettant de guider les élèves dans les procédures ou de leur apporter une aide pédagogique à la manière de certains logiciels dédiés. Un logiciel généraliste tout au long de l'année scolaire, quel que soit le type d'expérimentation mis en œuvre, est d'avantage susceptible de faciliter le travail des élèves, fait gagner du temps, oblige les élèves à s'interroger sur la nature des données acquises et se révèle nettement moins coûteux qu'une collection de logiciel dédié .

CONCLUSION

Ce mémoire bibliographique nous a permis de voir une vue d'ensemble l'enseignement de la S.V.T d'une part et l'expérimentation assistée par ordinateur d'autre part.

Nous avons parlé des objectifs de l'enseignement de S.V.T. Cette matière a pour but d'apporter les connaissances de base en biologie, écologie, géologie et d'inculquer l'esprit scientifique. Ces aptitudes requis dans l'apprentissage de la S.V.T serviront à l'élève de préparer la vie professionnelle et les études supérieures. Pour y arriver, la nécessité d'une méthode d'enseignement adéquate et efficace est impérative. Nous avons donc évoqué quelques particularités de l'enseignement des sciences, dont la prise en compte de certains aspects du processus enseignement/apprentissage s'avère indispensable. Ce sont la représentation la conceptualisation et la concrétisation.

Nous avons essayé de situer la place de la langue d'enseignement dans la matière S.V.T : son importance et sa spécificité. Dans la mesure où le langage est un outil indispensable à l'enseignement et au développement de la pensée humaine, la place du langage dans l'enseignement de la S.V.T est primordial. Le langage en science comporte une forte spécificité, mais dans l'enseignement, il faut trouver un système de signification commune pour l'enseignement et les élèves Ensuite le problème de la langue d'enseignement qui reste toujours une question de choix entre le français et le malagasy ou le franc -malagasy.

En outre, une aperçue du concept « transposition didactique s'avère nécessaire, car elle est un élément inséparable de la S.V.T. Les quels des savoirs, « savoir savants » devraient être transformé et adapter ? Comment les enseignants décontextualisent et récontextualisent ces savoirs en fonction du niveau de la classe ?

Les nouvelles technologies de l'information de la communication évoluent rapidement et occupent une place très importante dans les différents domaines de notre société. Le domaine de l'enseignement doit profiter pleinement de l'apport de ces technologies. Actuellement l'Ex.A.O est un moyen pour diversifier l'enseignement et motiver les élèves. L'ordinateur permet d'enregistrer des données d'expériences et de les traiter rapidement. Pourtant vis-à-vis de cette nouvelle pratique, nombreuse sont les difficultés rencontrées par les enseignants. Une enquête sur l'équipe et les pratiques de l'Ex.A.O dans l'académie de Versailles effectué par le groupe de formateur. Ex.A.O, Octobre 2012 aux enseignants de S.V.T publié par Bruno Boucher et Olivier Avisseau, écrit que : « Le matériel Ex.A.O est trop compliqué à mettre en œuvre ; le matériel Ex.A.O prend trop de temps à mettre en œuvre. Les logiciels permettant la mise en œuvre de l'Ex.A.O sont trop compliqués à utiliser. Les logiciels sont trop complexes. Face à cette complexité Pol (1997) a suggéré d'utiliser le logiciel généraliste pour faciliter les travaux des élèves et pour gagner des temps

L'informatique joue un rôle important dans les nouvelles technologies comme discipline de service. Elle mériterait d'être enseignée comme discipline à part entière car elle est très formatrice ; dans ce cas, à quel niveau et suivant quelles modalités ?

Une initiation à l'ExAO dès la formation initiale dans l'Ecole Normale Supérieure et une formation continue proposée par le Ministère de l'Education Nationale constituent les éléments importants pour la diffusion de cet outil scientifique et pédagogique désormais irremplaçables.

Peut-on penser, l'implantation de l'ExAO dans l'Ecole Normale Supérieure d'Antananarivo, dans les lycées de Madagascar ? Toutefois, cette évolution sera davantage tributaire des moyens matériels et humains des établissements que des progrès techniques.

Actuellement, l'amour de l'informatique pour les professeurs de lycée de Madagascar, repose par quel type de motivation ?

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- 1-Alice, Marcotte. (2004). Les apports de l'expérimentation par ordinateur (ExAO)
En pédagogie par projet en science de la nature au collégial. Thèse en l'obtention
du grade de philosophiae Doctor (Ph.D.) en didactique
- 2-ASTOLFI ,JP. (1997). Mots clés de la didactique des sciences, col, pratique
pedagogique Edition De Bocck Univeirsité, Paris-Bruxelles.
- 3-ASTOLFI, J. P., Peterfalvi et Verin,xw A. (2001). Comment les enfants apprennent
les sciences. Paris Retz.
- 4-ASTOLFI ,JP., DEVELAY ,M .(1989) . La didactique des Sciences. Collection que
sais-je ? PUF. Paris.
- 5-BACHELAR, G . (1938). Formation de l'esprit scientifique, Paris, Urin.
- 6-BESSE J, M.(1997). Vers une pédagogie par objectif en Bulletin société. A, Binet
et TH Simon n°556-III.
- 7-Bernard, Cl. (1973).Raisonnement expérimentale et recherche toxicologique,
Genève ,Paris,Proz
- 8-CORNU et VERGNIOUX, A. (1992). La didactique en question édit Hachette, col,
"Ressources formation ; enjeux du système éducatif" CNDP Paris.
- 9-COQUIDE, Maryline. (1998). Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants
et conceptions officielles. Aster 26.
- 10-HAMELINE, D. (1995). Les objectifs pédagogiques Paris ESF édition.
- 11-DE VECCHI, G et GIORDAN, A. (1994), L'enseignement scientifique. Comment
faire pour que ça marche ? Copyright Z' édition.
- 12-DEVELAY,M. (1996) . Peut-on former les enseignants, édit, ESF Col
"Pédagogie".
- 13-DURKHEIM, E. (1980) Éducation et sociologie, Paris, PUF.
- 14-DUVAL, J C, Salamé, N. (1991). L'Informatique scientifique dans l'enseignement
de la biologie et de la géologie au Lycée, INRP.
- 15-FAURE, P. (1991). « Utilisation de l'ordinateur en biologie, géologie », Biologie –
Géologie revue de l'association des professeurs de biologie-géologie n°3.
- 16-Giordan, A. (1994). L'élève, et/ou les connaissances scientifiques. Edition
Scientifique Européenne.
- 17-GIORDAN, A., HENRIQUES A et VINH RANG . (1989). Psychologie génétique
et didactique des sciences. Collection exploration cours et contribution pour les
sciences de l'éducation, Berne, Peter Lang, S, A.
- 18-HALBWACHS, F. (1975). La physique du maître entre la physique du physicien et
la physique de l'élève, in Revue française de pédagogie n°33, INRP, Paris.
- 19-HAZAN, E. (1956). Condensé des écrivains pédagogique Paris, Fernand Nathan.
- 20-JOSHUA,S, DUPIN, J.J. (1993). Introduction à la didactique des Sciences et de la
mathématique collection première cycle, PUF, Paris.

- 21-LAENG, M. (1974). Vocabulaire de pédagogie moderne. Le centurium Paris.
- 22-LESTOURNELLES , R, MEYFREDI R. Expérimentation assisté par ordinateur et multiplexage Bulletin de l'EPI.
- 23-Loi n°14-033 du 13 Mars 1995 portant orientation générale du système éducatif.
- 24-MARTINAND, J L. (1994). Un analyseur pour la transposition didactique entre pratique de référence et activité scolaire in G. Arsac et al. (Coord). La transposition didactique à l'expérience Grenoble: La pensée sauvage.
- 25-MEIRIEU, P. (1986). L'école mode d'emploi Paris, ESF.
- 26-MEIRIEU, P. (1987). Apprendre, oui mais comment. Collection pédagogique, Paris, ESF éditeur.
- 27-MEIRIEU, P. Richard, D. (1991). « Utilisation du logiciel « Fibre nerveux » en classe de Terminale », in, L'informatique scientifique dans l'enseignement de la biologie et de la géologie au Lycée. Paris INRP.
- 28-Michel Verret. (1975). Le temps des études, librairie honnoré Champion, Paris
- 29-Mohammad Reza NEYESTANI. (2008). La situation des technologies de l'information et de la communication dans les systèmes éducatifs des pays en voie de développement (Iran et Inde) : les contraintes et les obstacles. Thèse de doctorat de sciences de l'éducation
- 30-MONTESSOURI, M. (1958). La pédagogie scientifique, la découverte de l'enfant. Paris Desclée de Browerd
- 31-Note de cours de Didactique 3.ème année Ecole Normale Supérieure Antananarivo.
- 32-RAKOTONDRAONA, R.(2004). Concrétisation de l'enseignement des SVT dans le collège et le lycée de Madagascar, in revue Didaktika n°2, 2ème semestre CIRD, ENS, Antananarivo.
- 33-Raymond TAVERNIER, Claude LIZEAUX .(2001). Science de la Vie et de la Terre
1^{ère} S-Bordas
- 34-VERRE , M. (1995). Programme scolaire du Lycée, Antananarivo, NIAG.
- 35-VERRET, M. (1975). Le temps des études Librairie Honoré Champion Paris.
- 36-Yves Chevallard. (1985). La transposition didactique.
- 37-Yves Chevallard. (1982). La transposition didactique, Grenoble, la pensée.

NETOGRAPHIE

- Astolfi , JP. (1997). Les représentations dans la classe. Ressource 1997, ORDP Suisse.
[WWW,ac-rouen.fr/premier_degre/presteia/76maniastoofi.htm](http://WWW.ac-rouen.fr/premier_degre/presteia/76maniastoofi.htm).
Astolfi,JP . (2008). La didactique des sciences
WWW.Cavin.info/ mot- clés- de – la- didactique des sciences- 978280137166 htm.
11/10/13
- De VECCHI, G et GIORDAN (A), L'enseignement scientifique. Comment faire pour que ça marche ?16/11/12

[Http//WWW.aideeleve.net/lecture/dossier_conception.Htm](http://WWW.aideeleve.net/lecture/dossier_conception.Htm)

- D. POL. EXAO: l'offre du marché. In "Des outils pour les SVT". Les dossiers de l'ingénierie éducative, n°30. Février 2000.

[Http//WWW.didier.pol.net](http://WWW.didier.pol.net). 16/11/12

- Yves Canet et Alain Prevot. Une révolution dans l'enseignement des SVT. Article (Vs Mrs 2007 et 1999) et liens Prution dans l'US Magazine en Octobre 1999. Mise à jour le Mars 2007.

WWW.epi.asso.fr/revue/article/a_041a.htm. 12/11/12

- Bruno Boucher, Olivier Avisseau. Enquête sur l'équipement et pratiques de l'EXAO dans l'Académie.

- Bruno Boucher et Olivier Avisseau. Les possibles en ExAO

WWW.SVT-ac-Versaille.fr/spip/php?article744. 12/11/12