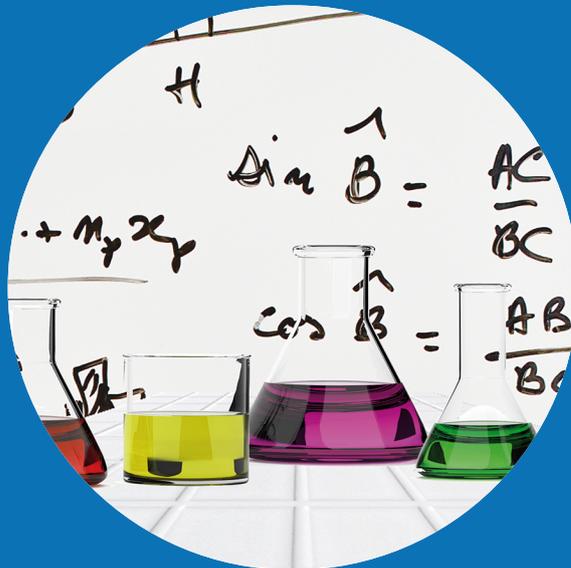




**REPÈRES  
POUR AGIR**

| disciplines & compétences

# Démarches d'investigation en Mathématiques- Sciences



**CANOPÉ**  
ÉDITIONS

Ouvrage dirigé par  
Alain FOU CART



# Démarches d'investigation en Mathématiques-Sciences

**Sous la direction d'Alain Foucart**

Inspecteur de l'Éducation nationale - Enseignement général honoraire



ISBN 978-2-86629-536-3  
ISSN en cours

Directeur de la publication : Michèle Ottombre-Borsoni  
Responsable éditorial : Fabien Nguyen  
Maquette intérieure : Dominique Perrin  
Secrétariat de rédaction : Lauriane Cornet

© Canopé - CRDP de l'académie de Nice, juin 2014

Canopé - Centre régional de documentation pédagogique de l'académie de Nice  
51 ter, avenue Cap de Croix – 06101 Nice Cedex 2  
Tél. : 04 93 53 71 97 / 04 93 53 73 20  
Fax : 04 93 53 73 29

Image de couverture : © Fotolia © Canopé - CRDP de l'académie de Nice

*Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.*

Le code de la propriété intellectuelle n'autorisant aux termes des articles L. 122-4 et L. 122-5, d'une part, que « les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite ». Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français de l'exploitation du droit de copie, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

# **Démarches d'investigation en Mathématiques-Sciences**

**Sous la direction d'Alain Foucart,**  
Inspecteur de l'Éducation nationale - enseignement général honoraire

## **Aide à la mise en œuvre des programmes de Mathématiques - Sciences**

Éric Legras, inspecteur de l'Éducation nationale - enseignement général  
Jean-Pierre Nuzzo, inspecteur de l'Éducation nationale - enseignement général  
Alain Foucart, inspecteur de l'Éducation nationale - enseignement général honoraire

## **Auteurs**

Kémira Bartoloméo, lycée Rouvière, Toulon  
Lionel Tigli, professeur au lycée professionnel des métiers Georges Cisson, Toulon  
Stéphane Leca, professeur au lycée professionnel Jules Antonini, Ajaccio  
Christophe Alberti, professeur au lycée professionnel Fred Scamaroni & Paul Vincensini, Bastia  
Ringo Nicolas-Arques, professeur au lycée des métiers Beau-Site, Nice

**Édition du Canopé de l'académie de Nice**



# Table des matières

## Partie I : Aide à la mise en œuvre des programmes en Mathématiques-Sciences

### Les démarches d'investigation en Mathématiques-Sciences : des approches ouvertes pour l'appropriation des connaissances et le développement des compétences

9

#### Des ressources pédagogiques pour qui, pour quoi faire ?

9

Pour qui ?

9

Pour quoi faire ?

9

Le point de vue des inspecteurs

9

#### Une méthode pédagogique : la démarche d'investigation

10

Etymologie

10

Historique de sa place dans les programmes d'enseignement

10

Attendus des programmes de Mathématiques-Sciences

10

Les méthodes pédagogiques et le processus d'apprentissage

14

Les différentes phases de la DIMS

15

Des pistes pour la mise en œuvre de la DIMS ?

16

Observations de terrain

17

Les niveaux d'expertise

18

Contraintes / difficultés de mise en œuvre

20

#### Pour une bonne utilisation des modules de formation

21

Les choix didactiques

21

L'organisation des tâches

22

Structures des modules

22

## Partie II : Modules

25

### Le randonneur égaré - Les piles

26

Caractéristiques

26

Organisation des apprentissages

27

Trace écrite

31

Fiches élève

32

### Fixation d'une visière photovoltaïque - Equilibre d'un système mécanique soumis à trois forces coplanaires et non parallèles

38

Caractéristiques

38

Organisation des apprentissages

39

Trace écrite

45

Fiches élève

46

### Détermination de la hauteur d'un bâtiment - Relations trigonométriques dans le triangle rectangle

56

Caractéristiques

56

Organisation des apprentissages

57

Trace écrite

63

Fiches élève

64

<b>Comparaison de volumes - Utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique pour résoudre un problème à une variable</b>	<b>70</b>
Caractéristiques	70
Organisation des apprentissages	71
Trace écrite	75
Fiches élève	77
<b>La roulette - Les sondages - Fluctuation d'échantillonnages</b>	<b>82</b>
Caractéristiques	82
Organisation des apprentissages	83
Trace écrite	88
Fiches élève	89
<b>Protégeons nos oreilles - Les acouphènes - Acoustique et fonctions logarithmiques</b>	<b>96</b>
Caractéristiques	96
Organisation des apprentissages	99
Trace écrite	113
Fiches élève	115
<b>Protégeons nos oreilles - Etude du niveau sonore en fonction de la distance entre l'émetteur et le récepteur</b>	<b>118</b>
Caractéristiques	118
Organisation des apprentissages	119
Trace écrite	124
Fiches élève	125
<b>Le chargeur d'accumulateur - Transformateur-Diode</b>	<b>132</b>
Caractéristiques	132
Organisation des apprentissages	133
Trace écrite	140
Fiches élève	142
<b>Choix d'un bidon - Etude qualitative et quantitative de solutions ioniques</b>	<b>150</b>
Caractéristiques	150
Organisation des apprentissages	152
Trace écrite	159
Fiches élève	160
<b>Une randonnée dans le Sahara - Systèmes de deux équations à deux inconnues</b>	<b>172</b>
Caractéristiques	172
Organisation des apprentissages	173
Trace écrite	178
Fiches élève	179
Liste des logiciels disponibles	188
Sitographie	189

# Partie I

Aide à la mise en œuvre  
des programmes de  
Mathématiques-Sciences



# LES DÉMARCHES D'INVESTIGATION EN MATHÉMATIQUES-SCIENCES : des approches ouvertes pour l'appropriation des connaissances et le développement des compétences

**DIMS** pour « Démarche d'Investigation en Mathématiques-Sciences » est un ensemble de ressources pédagogiques réalisées pour et autour la mise en œuvre de la démarche d'investigation en Maths-Sciences. Il est composé de modules d'enseignement scientifiques reliés par cette même volonté : favoriser le développement de cette démarche. Dans la collection complète « Comprendre-Maîtriser-Agir », les modules de formation de cet ouvrage se situent dans la troisième partie. Il s'agit de rendre opérationnels dans des activités accessibles les principes de la démarche d'investigation.

## Des ressources pédagogiques pour qui, pour quoi faire ?

### Pour qui ?

Le public visé est celui des enseignants de Mathématiques-Sciences en lycée professionnel, bien que la lecture de cet ouvrage puisse être conseillée à tout enseignant du domaine scientifique ou plus généralement à tout formateur s'intéressant à la mise en œuvre d'une démarche pédagogique spécifique. Le niveau des élèves concernés par cet ouvrage est celui des baccalauréats professionnels dans le cadre des programmes en vigueur depuis 2009.

### Pour quoi faire ?

Tout enseignant et plus généralement tout formateur conçoit son enseignement en référence à un cadre pédagogique. Celui-ci peut être, pour partie plus ou moins importante, conscient, explicite et pour partie implicite. Ce cadre oriente les choix qui concernent, d'une part, l'organisation des contenus et les approches didactiques et, d'autre part, les activités qui supporteront les parcours d'apprentissage des élèves.

Par ce texte nous voulons indiquer sommairement aux professeurs de lycées professionnels les modèles et les pratiques pédagogiques qui sous-tendent les modules d'enseignement que nous proposons dans cette édition.

Ainsi, les enseignants qui voudront utiliser nos documents observeront dès la lecture de la fiche « Caractéristiques du module » que nous stimulons l'intérêt, la motivation des élèves au travers d'une situation-problème concrète aussi proche que possible de la réalité sociale ou professionnelle et que nous développons systématiquement des démarches de résolution de problème qui s'apparentent à des démarches d'investigation. Afin de maintenir dans le temps l'investissement des jeunes nous stimulons, au travers d'activités qui s'appuient sur des fiches de travail et/ou des fiches d'expérimentation, leur activité mentale et physique avec des temps de travail individuel, des temps de travail en groupes et enfin des temps de travail en classe entière.

### Le point de vue des inspecteurs

Les programmes des baccalauréats professionnels parus en 2009 marquent pour beaucoup une rupture ; il convient davantage d'appréhender ses préconisations dans une dynamique plus générale qui s'est mise en place progressivement. D'ailleurs n'a-t-on pas entendu de la bouche de certains enseignants : « Rien de bien nouveau, on le faisait déjà avant ! »

C'est sûrement en partie vrai, connaissant l'imagination d'un professeur de lycée professionnel face à des élèves souvent en perte de vue dans leur parcours scolaire. Il n'en demeure pas moins que ces programmes marquent l'avènement de nouveaux modèles d'apprentissage ; en cela ils apportent une vraie nouveauté. L'un d'entre eux, c'est justement la démarche d'investigation. La mise en place de cette démarche dans le quotidien d'un cours de Mathématiques-Sciences n'est pour autant pas aussi simple. De nombreux facteurs peuvent expliquer ces difficultés, nous y reviendrons dans cette introduction. Une des remarques que les enseignants ont très globalement émises est leur manque de formation. Et leur principale demande sur le terrain peut se résumer par cette phrase que l'on a souvent entendue : « Montrez-nous des exemples concrets ! ».

Ce livre a été conçu pour tenter d'apporter une réponse simple à cette demande légitime.

Il convient de faire deux remarques préalables.

Certes, nous avons fait le choix d'être très descriptifs mais c'est pour que les enseignants qui en prennent connaissance puissent les utiliser en l'état s'ils le désirent, il n'est pas dans notre intention de les transformer en simples répétiteurs. Si nous avons été si descriptifs, c'est aussi que nous avons souvent rencontré des collègues qui adhèrent intellectuellement au cadre pédagogique recommandé mais qui ont quelques difficultés à passer à la mise au point de séances d'enseignement qui s'y inscrivent. Pour respecter la liberté pédagogique des enseignants, à laquelle nous sommes attachés, nous proposons des documents élèves non protégés ce qui permet à l'enseignant de les modifier à sa guise.

Les modules que nous proposons sont des modules d'apprentissage. Nous n'abordons en aucune manière la question de l'évaluation des acquisitions, que ce soit dans la perspective d'évaluer la pertinence et l'efficacité des parcours d'apprentissage ou dans la perspective de valider et certifier des acquis comme il est nécessaire de le faire dans le cadre du contrôle en cours de formation. Le cadre national défini par les inspections générales en vue de l'évaluation certificative des acquisitions limite les capacités et connaissances à tester. Les parcours d'apprentissage que nous proposons dépassent fréquemment ces limites.

Dans cette perspective la *grille nationale d'évaluation* a été intégrée à la fin de chaque module de formation afin d'aider les enseignants à s'inscrire dans l'évaluation par compétences.

## Une méthode pédagogique : la démarche d'investigation

### Étymologie

« Investiguer » vient du latin *investigare*, ce qui se traduit par : suivre la piste-chercher. On trouve également des synonymes comme « enquêter / examiner / étudier / creuser / approfondir ». Ces verbes d'action sont assez explicites et indiquent assez facilement le but recherché par celui qui « investigate ». Ils indiquent aussi d'une manière indirecte qu'il y aura des efforts à faire. La « piste », si elle conduit le plus souvent à un but précis, nécessite de prendre des précautions, de respecter un protocole « souple » car il faut parfois « louvoyer » pour atteindre ses objectifs.

### Historique de sa place dans les programmes d'enseignement

Les programmes d'enseignement des Sciences n'ont incité que très récemment les professeurs à mettre en œuvre les démarches expérimentales. En ce sens, il faut rendre hommage au prix Nobel de physique de 1992, Georges Charpak, qui a développé les principes d'un enseignement basé sur l'expérimentation qui se sont progressivement installés dans l'ensemble des programmes scolaires. L'expérimentation dans le primaire de « La main à la pâte » date de 1996 et seulement quatre années plus tard, un plan triennal de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie voit le jour. Le processus est amorcé et ne s'arrêtera pas : en 2002 les programmes du primaire intègrent des membres de l'association « La main à la pâte » pour l'élaboration des fiches connaissances et des documents d'accompagnement.

Le collège connaît quant à lui sa « révolution » avec les programmes de 2008. Le préambule commun aux Mathématiques, à la Physique-Chimie et à la Technologie prévoit en effet d'introduire la démarche d'investigation pour favoriser les apprentissages.

Au lycée professionnel, c'est dès les programmes du CAP en 2002 qu'on peut lire : « Les formateurs qui enseignent à la fois les mathématiques et les sciences physiques et chimiques au niveau CAP ont le souci de dispenser une formation motivante et concrète qui suscite des questions et propose des réponses sur des sujets tant de la vie courante que professionnelle ». Les programmes du baccalauréat professionnel en 2009 définiront explicitement la démarche d'investigation dans son préambule : « Privilégier une démarche d'investigation : Cette démarche, initiée au collège, s'appuie sur un questionnement des élèves relatif au monde réel ». Il est à noter que la démarche d'investigation est non seulement une méthode « recommandée » mais sa pratique chez l'élève peut aussi être évaluée. Dès lors, les inspecteurs accompagneront les professeurs dans les changements de posture que cette méthode implique pour leur métier.

### Attendus des programmes de Maths-Sciences

Le préambule commun des programmes d'enseignement de mathématiques et de sciences physiques et chimiques pour les **classes préparatoires au baccalauréat professionnel**<sup>1</sup> rappelle que la classe de mathématiques et de sciences physiques et chimiques est avant tout un lieu d'analyse, de recherche, de découverte, d'exploitation et de synthèse des résultats.

En conséquence la démarche pédagogique doit « privilégier une démarche d'investigation ». Cette démarche, initiée au collège, s'appuie sur un questionnement des élèves relatif au monde réel. Elle permet la construction de connaissances et de capacités à partir de situations-problèmes motivantes et proches de la réalité pour conduire l'élève à :

- définir l'objet de son étude ;
- rechercher, extraire et organiser l'information utile (écrite, orale, observable) ;
- inventorier les paramètres et formuler des hypothèses ou des conjectures ;
- proposer et réaliser un protocole expérimental permettant de valider ces hypothèses ou de les infirmer (manipulations, mesures, calculs) ;
- choisir un mode de saisie et d'exploitation des données recueillies lors d'une expérimentation ;
- élaborer et utiliser un modèle théorique ;
- énoncer une propriété et en estimer les limites.

Les mêmes remarques seront faites dans le programme de l'enseignement de mathématiques et de physique-chimie applicable dans les sections préparant au Brevet des métiers d'art (BMA)<sup>2</sup>.

Dans les modalités d'évaluation des mathématiques et sciences physiques et chimiques au baccalauréat professionnel<sup>3</sup> et au Brevet des métiers d'art<sup>4</sup>, l'épreuve de mathématiques-physique-chimie doit permettre d'évaluer la façon dont les candidats ont atteint un des grands objectifs visés par le programme, à savoir : pratiquer une activité mathématique et scientifique par la mise en œuvre des démarches d'investigation.

Quant au programme d'enseignement de mathématiques et de sciences physiques et chimiques pour les classes préparatoires au certificat d'aptitude professionnelle<sup>5</sup>, si la démarche d'investigation n'est pas explicitement mentionnée, néanmoins, il est précisé que les formateurs qui enseignent à la fois les mathématiques et les sciences physiques et chimiques au niveau CAP ont le souci de dispenser une formation motivante et concrète qui suscite des questions et propose des réponses sur des sujets tant de la vie courante que professionnelle.

La formation en mathématiques et en sciences physiques et chimiques a pour objectifs, dans le cadre du référentiel de certification, l'acquisition de connaissances de base dans ces domaines et le développement des capacités suivantes :

- formuler une question dans le champ où elle trouve naturellement sa place et analyser les informations qui sous-tendent cette question ;
- argumenter avec précision ;
- appliquer ces techniques avec rigueur ;
- analyser la cohérence des résultats (notamment par la vérification d'ordre de grandeur) ;
- rendre compte par oral et/ou par écrit des résultats obtenus.

Ainsi, pour quelques séquences, des objectifs à atteindre sont proposés en prenant appui sur une question (problématique). Le traitement des questions, dans le cadre de la mise en activité des élèves, permet d'atteindre des objectifs disciplinaires principaux (objectifs d'apprentissages), mais aussi de réinvestir des capacités et des connaissances de l'autre valence acquises précédemment (collège ou classes précédentes de LP, séquences d'enseignement précédentes, ...).

Pour ce faire, les programmes s'articulent autour de thèmes fédérateurs qui allient les thématiques (en mathématiques) et les thèmes (en sciences physiques et chimiques).

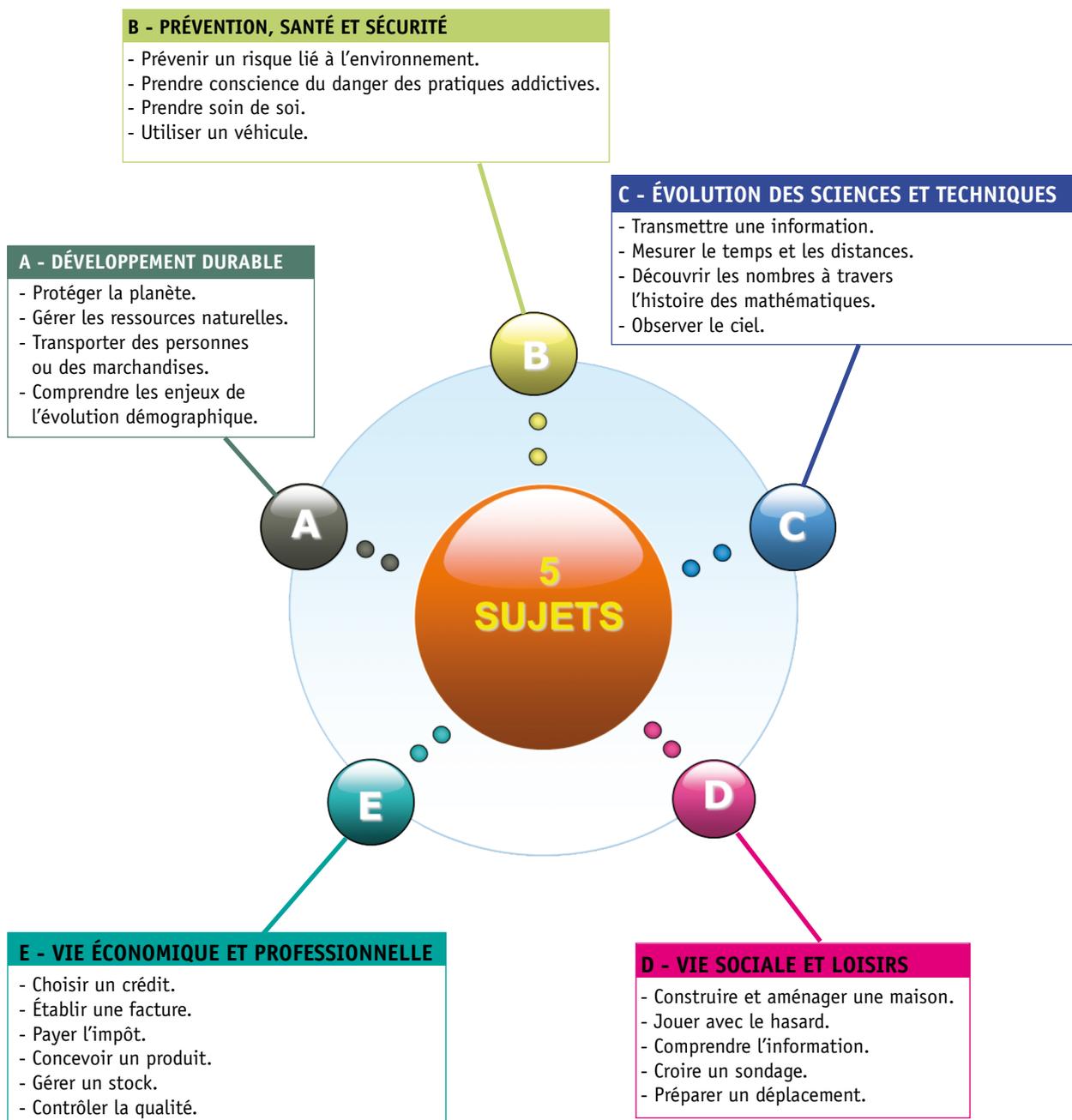
2 - BOEN n°23 du 6 juin 2013

3 - BOEN n° 20 du 20 mai 2010

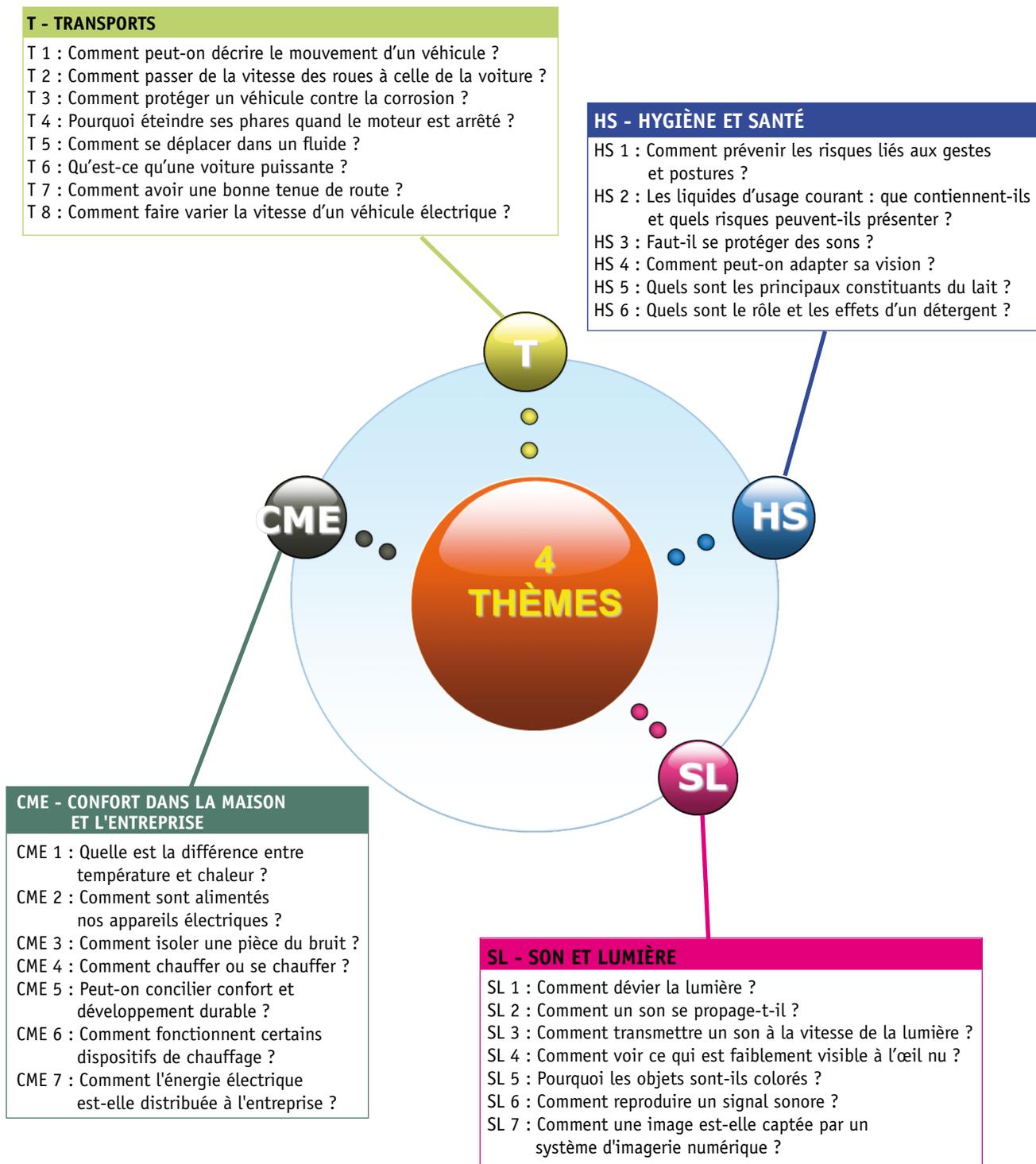
4 - BOEN n° 23 du 6 juin 2013

5 - BOEN n°8 du 25 février 2010

En mathématiques, l'enseignant est invité à choisir au moins deux thématiques dans deux grands sujets différents :



En sciences physiques et chimiques, le programme des baccalauréats professionnels est organisé autour de quatre thèmes. Chaque thème est décliné en modules sous forme de questions favorisant une démarche d'investigation.



## Les méthodes pédagogiques et les processus d'apprentissage

La démarche d'investigation se présente comme un outil pédagogique visant à développer l'autonomie des élèves, le goût pour la recherche, la motivation pour les sciences. Cette méthode a été développée dans les autres pays européens et elle est connue sous le nom de *Inquiry Based Learning* (IBL). Le rapport Rocard (2007) préconise cette nouvelle méthode d'enseignement pour lutter contre la désaffection des élèves pour les études scientifiques.

Le rapport explique qu'il y a une volonté de changer les pratiques d'enseignement ainsi que les places respectives du professeur et de l'élève : d'une approche « top down » transmission dans laquelle le professeur présente les savoirs et leurs applications à l'élève qui doit les appliquer vers une approche « bottom up », où le professeur laisse l'élève faire des essais, se tromper, revenir en arrière, etc.

La conjonction des prescriptions implique de plus de construire des compétences liées à l'investigation au travers des situations proposées.

Cette démarche contribue largement au développement des capacités méthodologiques en favorisant lors de séances de travaux dirigés le travail en autonomie. En outre, la mise en commun des résultats est la conséquence d'une réflexion préalable ayant conduit l'élève à un début de formalisation écrite : elle permet dans des conditions favorables de rationaliser et de développer la communication orale.

Les démarches pédagogiques mises en œuvre favorisent la production des élèves. Le travail de rédaction personnel ou collectif est particulièrement développé, mis en œuvre dans le cadre d'activités individualisées.

Les travaux de résolution d'exercices et de problèmes, en classe ou à la maison, sont les principaux supports d'activités de consolidation du cours et de préparation à l'examen. Les activités personnelles en autonomie ou en petit groupe alternent avec celles de mise au point et de correction en grand groupe.

Une démarche d'investigation se prête donc très bien à une formation et une évaluation par compétences ; compétences clairement identifiées dans la grille nationale d'évaluation en mathématiques et en sciences physiques et chimiques :

COMPÉTENCES	CAPACITÉS
<b>S'approprier</b>	Rechercher, extraire et organiser l'information.
<b>Analyser</b> <b>Raisonnement</b>	Émettre une conjecture, une hypothèse. Proposer une méthode de résolution, un protocole expérimental.
<b>Réaliser</b>	Choisir une méthode de résolution, un protocole expérimental. Exécuter une méthode de résolution, expérimenter, simuler.
<b>Valider</b>	Contrôler la vraisemblance d'une conjecture, d'une hypothèse. Critiquer un résultat, argumenter.
<b>Communiquer</b>	Rendre compte d'une démarche, d'un résultat, à l'oral ou à l'écrit.

Rappelons que la compétence s'exprime face à des tâches ou des situations complexes et inédites. Cela suppose de familiariser les élèves avec de telles situations, puis d'en créer à nouveau, pour l'évaluation, capables de participer à l'apprentissage.

## Les différentes phases de la DIMS

Il est communément admis que la démarche d'investigation se caractérise par la mise en œuvre de **sept étapes**.

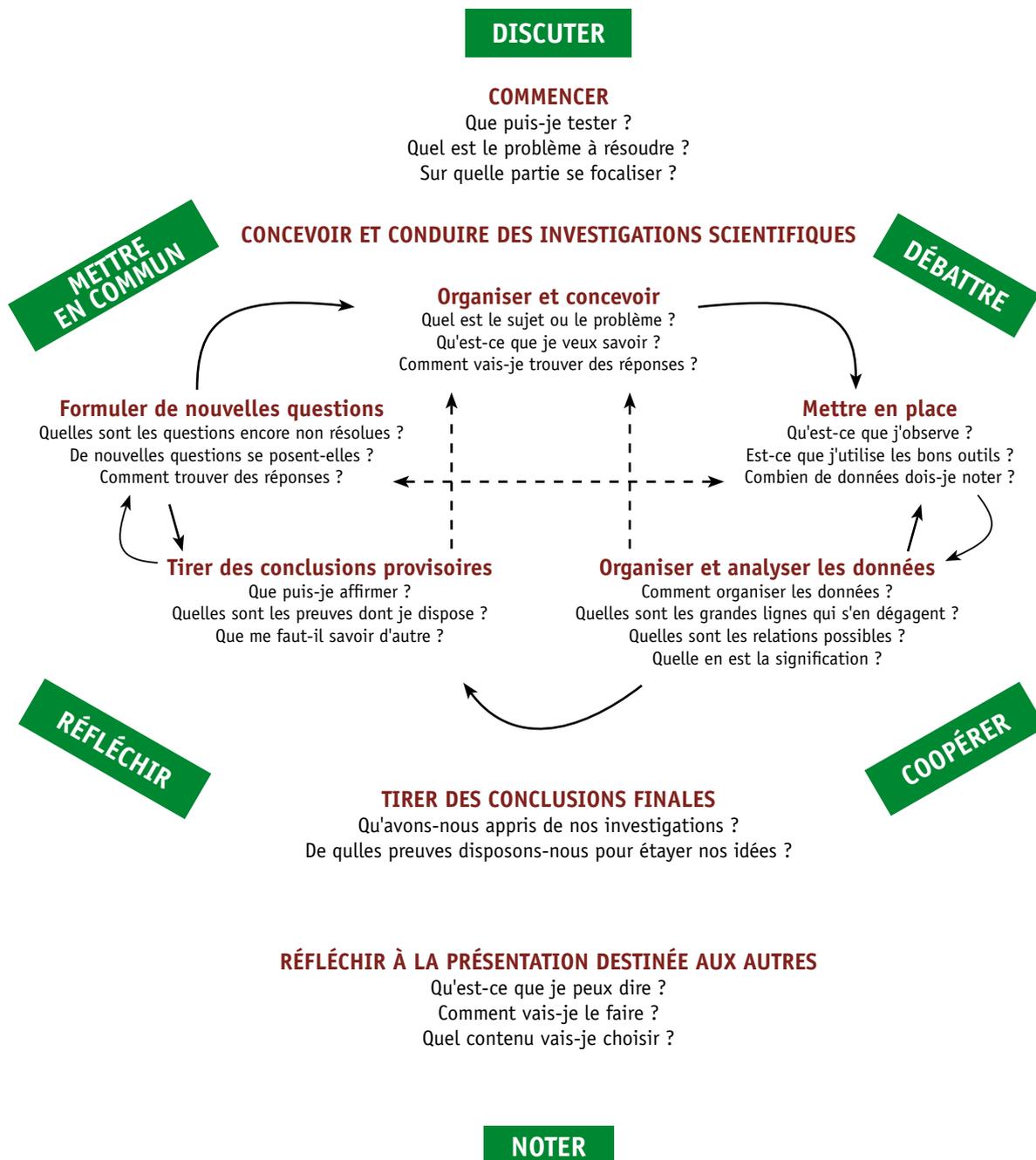
Pour une meilleure compréhension le tableau suivant donne en plus de l'intitulé de l'étape les attentes, respectivement chez l'enseignant et chez les élèves. En rouge le rôle de l'acteur prédominant pour chaque étape.

PRINCIPALES ETAPES	LE PROFESSEUR	LES ÉLÈVES
<b>Questionnement initial</b>	Le professeur propose une situation-problème claire en relation avec le monde réel.	
	Il analyse les savoirs visés et objectifs, repère les acquis, identifie les conceptions et les difficultés et élabore un scénario en fonction de ces éléments.	
<b>Appropriation</b>	Le professeur guide les élèves pour les aider à reformuler les questions pour s'assurer de leur sens, de recentrer le questionnement sur le problème à résoudre, de faire émerger des éléments de solutions à partir des conceptions, de confronter les divergences pour faire naître le questionnement.	L'élève reformule la problématique initiale pour s'assurer qu'il en a bien saisi le sens et commence à percevoir et exprimer des éléments de solution.
<b>Formulation</b>	Le professeur peut proposer un protocole expérimental pour répondre aux questionnements des élèves.	L'élève formule des conjectures, des hypothèses explicatives, par écrit ou par oral, individuellement ou par groupes ; il peut également proposer un protocole expérimental.
<b>Investigation</b>	Le professeur encadre logiquement les expérimentations réalisées par les élèves ; il veille à ce que des erreurs d'expérimentation ne conduisent pas les élèves vers des conclusions erronées.	L'investigation ou la résolution du problème est réalisée par les élèves. Elle repose sur une expérimentation dont l'exploitation des résultats doit concourir soit à valider le questionnement formulé à la phase précédente ou pas.
<b>Echange sur les résultats</b>	Le professeur guide l'échange argumenté autour des propositions élaborées par communication des résultats.	L'élève communique sa conclusion pour la confronter.
<b>Structuration</b>	Le professeur formule avec soin l'acquisition et la structuration des connaissances mise en évidence.	L'élève doit faire le lien entre ces nouvelles connaissances et la situation-problème initiale.
<b>Operationalisation</b>	Le professeur propose des exercices et des problèmes pour rendre opérationnelles les nouvelles connaissances. Il peut évaluer leur degré d'acquisition.	L'élève réinvestit les nouvelles connaissances dans des exercices et problèmes les mettant en jeu.

La question qui se pose naturellement aux enseignants qui projettent de mettre en œuvre une activité de démarche d'investigation est de savoir s'il faut ou pas respecter ce cadre relativement rigide. Autrement dit, est-on toujours dans une démarche d'investigation si par exemple l'on n'a pas le temps ou le souhait de suivre chaque étape ? Il n'y a évidemment pas de réponse unique car cela dépend d'un grand nombre de critères. En premier lieu, il est important de dire qu'il vaut toujours mieux une mise en œuvre même incomplète d'une démarche d'investigation que rien du tout ! En effet, les élèves doivent, tout autant que l'enseignant d'ailleurs, apprendre à travailler dans ce cadre pédagogique. Les attitudes qu'ils doivent développer ne sauraient être innées et donc seront, elles aussi le résultat d'un apprentissage. Cependant, on peut aussi souligner les dangers

d'une activité qui ressemble à une DIMS mais qui en fait en détourne de trop nombreux invariants pédagogiques ; par exemple une place bien trop faible laissée à la phase de recherche, notamment en raison d'un guidage du professeur bien trop apparent et rigide. L'élève risque de perdre confiance dans ce formidable outil pédagogique et se laissera finalement « guider » dans la direction prévue par le professeur. Dans ce cas, on peut prévoir une démotivation des élèves dans les mêmes proportions qu'une activité « classique ». Quel dommage quand on connaît la part de l'investissement supplémentaire du professeur !

## Des pistes pour la mise en œuvre de la DIMS ?



Un certain nombre de passages obligés émaillent la démarche d'investigation. Bien que certaines étapes puissent être adaptées à la réalité de la classe, certains principes fondamentaux doivent sous-tendre toute l'activité menée avec les élèves :

- une problématisation de la situation, que l'élève doit s'approprier. L'écueil à éviter est la proposition d'un problème par l'enseignant, qui n'est un problème... que pour l'enseignant. Cet ouvrage cherche justement à proposer des situations-problèmes au plus près du quotidien des élèves.

- la formulation d'hypothèses par les élèves. Un autre écueil est, dans le souci de « contrôler le déroulement de la séance », de chercher à éliminer trop rapidement les hypothèses des élèves qui s'éloignent du programme prévu par l'enseignant. Dans le cadre d'une démarche d'investigation, il serait souhaitable de justement laisser les élèves explorer les hypothèses qu'ils ont formulées. Les contraintes horaires et matérielles ne permettant pas toujours un enseignement aussi exploratoire, un compromis peut cependant s'établir : la réflexion menée avec les élèves au sujet des hypothèses formulées peut amener un recentrage voire une élimination de certaines d'entre elles (recherche de conséquences vérifiables de l'hypothèse, dont l'impossibilité amène à écarter l'hypothèse ; indisponibilité du matériel en classe pour vérifier les hypothèses, etc.) ; l'enseignant peut également proposer aux élèves de réunir pour la séance suivante le matériel nécessaire pour éprouver une de ces hypothèses. Ainsi, l'expérience acquise par l'enseignant peut l'amener à prévoir, avec une autre classe ou les années suivantes, ledit matériel à mettre à la disposition des élèves si nécessaire.

- une unité dans la continuité entre le questionnement initial, la démarche expérimentale, l'acquisition des connaissances, des capacités et des attitudes.

### Observations de terrain

Le passage des préconisations officielles à la réalité du terrain est plus difficile. Comme le montrent des extraits d'un rapport de l'inspection générale datant de 2006, la démarche d'investigation est une démarche pédagogique ayant un certain écho chez les enseignants de physique, ils disent la connaître et la mettre en œuvre régulièrement dans les cours. Quand on regarde de plus près on voit bien que la réalité est plus contrastée. Peu d'entre eux respectent l'ensemble des étapes.

Très souvent, il est noté une crainte de « perdre le contrôle » en laissant trop d'initiative à la classe et une perte de temps très importante inhérente à cette méthode.

« Les enseignants disent bien connaître cette démarche et partager ses objectifs » [...] « De nombreux professeurs pratiquent déjà la recherche de situations-problème et l'appropriation du problème par les élèves. Les autres étapes leur semblent souvent plus difficiles à mettre en œuvre. »

Rapport IGEN n° 2006-091 novembre 2006

Quelques années plus tard, les constats sont quasi semblables, la représentation des enseignants vis-à-vis de la mise en œuvre de la démarche d'investigation se heurte toujours à ces mêmes craintes. Concernant la perte de contrôle du groupe classe, on peut noter de grande disparité entre les professeurs de lycée professionnel. Certains sont déjà très avancés dans la mise en œuvre d'activité de groupes, en revanche d'autres sont plus en retard et encore très attachés à une activité plus classique. Les contenus des programmes, notamment en baccalauréat professionnel, aident grandement les professeurs à s'inscrire dans la dynamique de la démarche d'investigation, car ils sont déclinés en différentes thématiques proposant des problématiques en Mathématiques ou en Sciences. Ainsi, dans « COMMENT PEUT-ON DÉCRIRE LE MOUVEMENT D'UN VÉHICULE ? », les connaissances et capacités du domaine de la cinématique s'inscrivent désormais comme un moyen de répondre à la problématique et non comme une fin en soi (comme évoqué plus haut). Ce changement de paradigme est au cœur des enjeux actuels de l'enseignement des Mathématiques-Sciences en lycée professionnel.

## Les niveaux d'expertise (autonomie ou responsabilisation)

Former des individus « autonomes et responsables » constitue depuis longtemps une des grandes finalités affichées par l'École. Le concept d'autonomie est assez difficile à définir : en effet, quels peuvent être les critères permettant de déterminer si un élève est autonome ? Suite à une étude sur le sujet, le ministère de l'Éducation nationale a publié un ouvrage intitulé *Autonomie et travail personnel des élèves dans l'enseignement des disciplines scientifiques en lycée*<sup>6</sup>, il y définit trois critères d'autonomie :

- L'autonomie sert à se situer et prendre sa place dans l'espace, le temps, les événements, la société (organisation des savoirs). Prendre sa place dans la classe, c'est s'y sentir bien. Abandonné à lui-même, l'élève s'arrête dans son travail, ressentant un malaise devant une difficulté dont il ne voit pas la solution, ou devant une nouvelle orientation à prendre. Il a besoin d'un échange avec son professeur pour le rassurer sur ce qu'il a déjà fait, lui donner la « petite idée » qui le relancera dans son effort.

- L'autonomie sert à pouvoir faire des choix dans le domaine des idées comme au niveau des comportements, pouvoir prendre des décisions et les mettre en œuvre (utilisation pertinente des savoirs).

Lorsque l'on demande à l'élève d'effectuer un travail autonome, on lui demande de faire preuve d'initiative et de se prendre en charge. Il faut faire attention de ne pas confondre laisser l'élève se prendre en charge et le laisser se débrouiller tout seul. Si l'élève a l'impression d'être « abandonné », il ne travaillera pas correctement et fera tout autre chose (s'amuser avec ses camarades par exemple).

- L'autonomie sert à pouvoir construire sa propre démarche d'apprentissage et de formation (savoir en évolution).

Le professeur va guider l'élève dans sa propre démarche. L'enseignant n'agira pas comme un chef d'orchestre, il ne dictera pas à l'élève la façon de procéder. Il va l'aiguiller pas à pas, partant de ce que veut faire l'élève. Un processus de guidage est alors mis en place pour aider l'apprenant à résoudre le problème. L'enseignant donne à l'élève les moyens nécessaires pour atteindre les objectifs fixés, et l'élève évolue dans un cadre préalablement défini par le professeur.

L'apprenant va donc organiser sa pensée et son savoir afin d'atteindre les objectifs fixés. Il fait ses propres choix, il devient acteur ! En étant confronté à une situation nouvelle, qui bouscule ses représentations, l'élève doit ainsi construire de nouvelles représentations, plus adaptées : il s'approprie le savoir. En étant confronté à ce type de travail, l'élève va acquérir des méthodes de travail.

Les notions d'autonomie, de responsabilisation, et d'apprendre à apprendre sont donc intimement liées. Ceci renvoie à la difficile question « qu'est-ce qu'apprendre ? » tant les réponses à cette question sont innombrables, jalonnant les époques, et admettant différentes définitions, selon les conceptions théoriques envisagées. Selon Henri Portine (1998) « Apprendre à apprendre, c'est viser sa propre transformation d'individu en apprenant en fonction des contextes. Apprendre à apprendre, c'est donc se préparer à être autonome. ». Pour Françoise Blin (1998), explorant en détail les concepts d'autonomie et d'autonomisation de l'apprenant, l'autonomie se définit « comme une approche éducative qui [...] permet aux apprenants de prendre la responsabilité et le contrôle de leur apprentissage, et qui les aide à évoluer progressivement d'un état de dépendance vis-à-vis de l'enseignant à un état d'indépendance et d'interdépendance.[...] Une formation autonomisante devra donc développer la capacité à être autonome : apprendre à apprendre, à construire des savoirs et savoir-faire langagiers et à collaborer en seront les éléments clés. » En cela, les démarches d'investigation sont une pédagogie tout à fait propice au développement chez les apprenants d'attitudes telles que l'autonomie et la responsabilisation.

Dans le cadre du projet européen S-TEAM<sup>7</sup>, des chercheurs ont élaboré un modèle apte à identifier l'activité d'enseignants de sciences au cours d'une séance fondée sur les démarches d'investigation. Cette étude part du principe que la démarche d'investigation ne consiste pas en une procédure linéaire que les enseignants pourraient appliquer de manière normée, en suivant une démarche toujours identique. Les démarches d'investigations sont définies à partir d'une combinaison de caractéristiques qui représentent des lignes directrices et laissent une place importante à l'autonomie des acteurs, les professeurs comme les élèves. C'est pourquoi, il est préférable de parler des démarches d'investigation plutôt que de la démarche d'investigation.

6 - Autonomie et travail personnel des élèves dans l'enseignement des disciplines scientifiques en lycée, Bureau des Innovations Pédagogiques et Technologies Nouvelles - DLC-MEN- Paris (Ed.) (1991).

7 - Science Teacher Education Advanced Methods.

En résumé, dans le modèle proposé, l'activité enseignante dans une démarche d'investigation peut-être organisée selon six dimensions critiques :

- 1- l'origine du questionnement ;
- 2- la nature du problème ;
- 3- la responsabilisation des élèves dans la conduite de l'investigation ;
- 4- la prise en considération de la diversité des élèves ;
- 5- le rôle de l'argumentation ;
- 6- l'explicitation des savoirs et stratégies à apprendre.

Chacune de ces dimensions constitue un continuum sur lequel les stratégies d'enseignement peuvent être positionnées ou observées.

Sur ce continuum, on place quatre modes servant de repères.

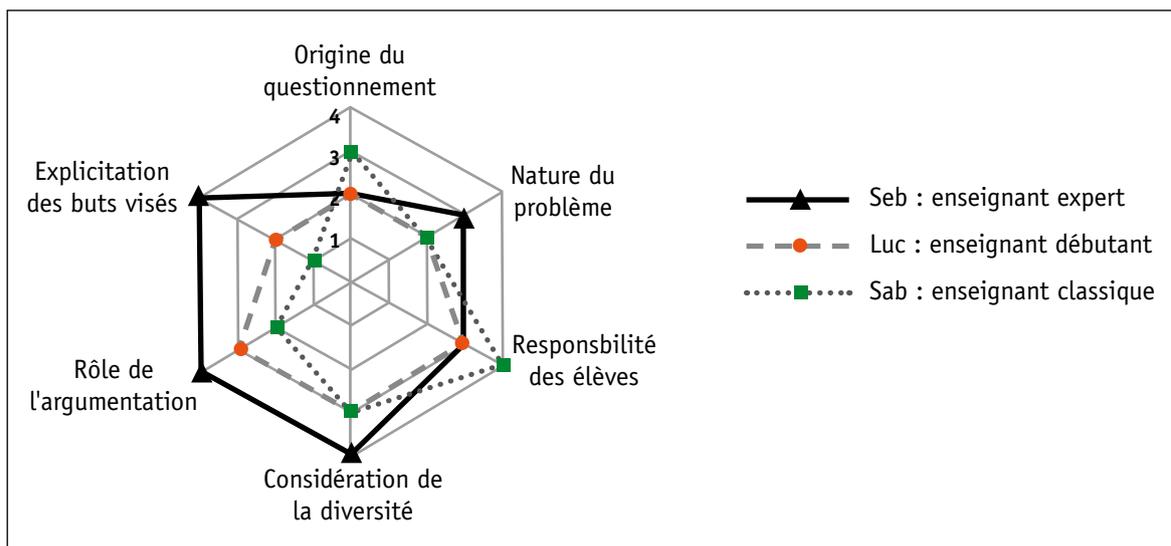
Les deux premiers modes correspondent à des stratégies plutôt centrées sur le cœur du métier : l'enseignant et les contenus.

Les deux modes terminaux correspondent à des stratégies plus complexes, ouvertes à la variabilité : centrées sur les apprenants et la maîtrise de connaissances et de compétences mises en œuvre dans les démarches d'investigations.

<b>DIMENSION 1 : QUI EST À L'ORIGINE DU QUESTIONNEMENT ?</b>			
1.1 : L'enseignant apporte le questionnement initial	1.2 : L'enseignant propose un questionnement initial en lien avec l'expérience des élèves	1.3 : Les élèves construisent un questionnement à partir d'une situation proposée par l'enseignant	1.4 : Les élèves construisent un questionnement à partir d'un thème qui dépasse la seule séance en cours
<b>DIMENSION 2 : QUELLE EST LA NATURE DU PROBLÈME ?</b>			
2.1 : L'enseignant propose un protocole à suivre étape par étape	2.2 : L'enseignant propose une situation connue permettant aux élèves de concevoir un protocole	2.3 : Les élèves disposent d'un matériel limité pour répondre à une consigne ouverte	2.4 : Les élèves disposent d'un matériel libre pour répondre à une consigne ouverte
<b>DIMENSION 3 : QUELLE RESPONSABILITÉ ONT LES ÉLÈVES ?</b>			
3.1 : L'enseignant met en place les étapes de la démarche d'investigation	3.2 : L'enseignant amène les élèves à concevoir plusieurs procédures	3.3 : Les élèves sont responsables du processus d'investigation	3.4 : Les élèves disposent d'outils d'auto-évaluation conçus par ou avec l'enseignant
<b>DIMENSION 4 : QUE FAIRE DE LA DIVERSITÉ DES ÉLÈVES ?</b>			
4.1 : L'enseignant gère le comportement de certains élèves pour les rendre actifs	4.2 : L'enseignant modifie la tâche pour maintenir l'engagement de certains élèves	4.3 : Chaque groupe ou un nombre significatif d'élèves bénéficie du guidage de l'enseignant	4.4 : Certains élèves, ayant des besoins spécifiques, bénéficient d'une adaptation de la situation
<b>DIMENSION 5 : QUELLE EST LA PLACE DE L'ARGUMENTATION ?</b>			
5.1 : L'enseignant facilite la communication entre les élèves dans les groupes ou dans la classe	5.2 : L'enseignant fait communiquer à la classe les propositions des élèves	5.3 : Les élèves sont encouragés à prendre en compte les arguments d'autrui	5.4 : Les élèves sont encouragés à justifier leurs réponses par des connaissances ou des résultats
<b>DIMENSION 6 : QUEL NIVEAU D'EXPLICITATION DES SAVOIRS PAR L'ENSEIGNANT ?</b>			
6.1 : L'enseignant énonce ses attentes pour la séance en cours	6.2 : L'enseignant fait le bilan de la séance à propos des savoirs	6.3 : Les élèves expliquent ce qu'ils ont appris durant la séance	6.4 : Les élèves disposent explicitement des savoirs nécessaires à un réinvestissement des acquis

Source : Grangeat, M. (Ed.) (2013). Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation.

Les résultats de l'étude peuvent être rendus sous forme de diagrammes polaires qui illustrent le positionnement de tel ou tel enseignant observé. Les graphes montrent qu'aucun enseignant ne se situe au maximum pour toutes les dimensions, ce qui correspond à l'attendu. Ils mettent alors en évidence les choix pédagogiques, plus ou moins conscients, des enseignants.



Source : Grangeat, M. (Ed.) (2013). Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation.

Par exemple, dans la figure ci-dessus, l'enseignant Seb propose le questionnaire lui-même mais c'est un problème ouvert qui permet de développer l'argumentation. L'enseignante Sab ouvre le questionnaire et laisse construire le protocole pour donner des responsabilités aux élèves, tandis que l'enseignant Luc cherche à couvrir tous les axes, tout en parvenant particulièrement à donner des responsabilités aux élèves, à prendre en compte leur diversité et à développer l'argumentation.

Un des intérêts de cette modélisation est d'ouvrir vers une perspective praxéologique : permettre de repérer les stratégies d'enseignement de manière à évaluer leur adéquation avec les démarches d'investigation. D'ailleurs, le positionnement des acteurs sur ce modèle à six dimensions peut être réalisé de l'extérieur, mais aussi par la personne elle-même, sous forme d'auto-évaluation. Dans les deux cas, le but est de mieux comprendre les pratiques et de les améliorer. Ce positionnement devrait aider les acteurs à justifier leurs choix pédagogiques, à les rassurer quant à l'impossibilité de travailler toujours en « performance maximale » et à soutenir leur confiance dans la mise en œuvre des démarches d'investigation.

### Contraintes/difficultés de mise en œuvre

La démarche d'investigation interroge sur la place de l'enseignant dans la classe. En effet, celui-ci ne se place plus uniquement dans la transmission de connaissances, mais dans celle d'un guide qui place les élèves en posture d'exploration. Les allers-retours entre la réflexion, la collecte de données, les résultats expérimentaux et les modèles physiques, chimiques et mathématiques amènent les élèves à acquérir non seulement des connaissances, des capacités mais surtout des attitudes (le sens de l'observation ; la curiosité, l'imagination raisonnée, la créativité, l'ouverture d'esprit ; l'ouverture à la communication, au dialogue et au débat argumenté ; le goût de chercher et de raisonner ; la rigueur et la précision ; l'esprit critique vis-à-vis de l'information disponible ; le respect de soi et d'autrui ; l'intérêt pour les progrès scientifiques et techniques, pour la vie publique et les grands enjeux de la société...). La démarche d'investigation est une méthode d'acquisition particulièrement intéressante d'appropriation des contenus.

Il faut être soucieux de donner une vision systémique de la démarche d'investigation en privilégiant les allers-retours entre les différentes « étapes » pour ne pas que la démarche devienne seulement une procédure linéaire et analytique.

Par ailleurs les résultats d'une enquête<sup>8</sup> interrogent les raisons de l'adhésion des enseignants aux démarches d'investigation. Celle-ci semble finalement davantage fondée sur la demande de l'institution plutôt que sur de véritables raisons épistémologiques et/ou didactiques.

Selon un rapport de l'Institut Français de l'Éducation (IFÉ) et l'École Normale Supérieure (ENS) de Lyon<sup>9</sup>, un consensus se dégage entre les répondants des différentes disciplines concernant la difficulté de mettre en place des démarches d'investigation dans leur enseignement. Les contraintes qui ressortent essentiellement sont le manque de temps, le manque d'autonomie des élèves et des difficultés de gestion des élèves durant une séance.

## Pour une bonne utilisation des modules de formations

### Les choix didactiques

Conformément aux préconisations des récents programmes de Maths-Sciences, le recours aux outils TICE (Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement) a été une ligne directrice pour l'ensemble des modules de formation de ce livre. La mise œuvre de ces activités nécessite un équipement informatique minimum. L'hétérogénéité des équipements rend difficile de rendre compte d'une situation standard, nous faisons le choix de nous placer dans le cadre suivant qui ne se veut pas un modèle :

#### - Classe mobile d'ordinateurs portables

On peut imaginer toutes sortes de combinaisons ; d'un ordinateur par groupe (trois à quatre élèves) à un ordinateur par élève en passant par un ordinateur par binôme. Tout dépend finalement de ce dont on dispose dans l'établissement, les stratégies mises en œuvre ne sont forcément pas les mêmes en terme d'organisation des tâches mais cela ne change pas l'objectif principal du professeur.

#### - Réseau pédagogique dont l'enseignant est l'administrateur

Il s'agit pour le professeur de gérer une classe virtuelle. Il peut s'il le souhaite envoyer un document à l'ensemble des élèves ou à seulement ceux de son choix. En retour, les élèves peuvent lui renvoyer le document ou demander une aide précise. Le professeur peut « prendre » la main sur l'ordinateur d'un ou plusieurs élèves.

#### - Imprimante partagée

Elle permet d'imprimer en temps réel les travaux des élèves ; les documents produits peuvent par exemple servir de base aux débats au sein d'un groupe afin de confronter ses solutions à celles des autres. Le professeur peut également s'en servir pour imprimer les synthèses construites en fin de séance.

#### - Un moyen de projection (vidéoprojecteur) ou un tableau blanc interactif (TBI)

Les salles de Mathématiques-Sciences sont la plupart du temps équipées d'un vidéoprojecteur. Les TBI sont beaucoup plus rares bien que dans l'usage ils introduisent une dimension interactive supplémentaire.

#### - Des logiciels informatiques

Un logiciel de traitement de texte, un tableur-grapheur et un logiciel de géométrie dynamique constituent le kit de base. Ces dernières années ont vu apparaître des utilisations fréquentes de logiciel de construction assistée par ordinateur, car certains sont disponibles gratuitement sur internet et leur usage est de plus en plus intuitif. Ils permettent notamment de traiter facilement une nouvelle partie en géométrie du programme de mathématiques : de la 3D à la 2D.

Pour accréditer et illustrer ce point de vue nous proposons deux diaporamas associés à deux modules différents et qui présentent deux types de matériels ainsi que des événements ponctuant la réalisation en classe de chaque module.

8 - Démarches scientifiques, démarches d'investigation en sciences expérimentales et en mathématiques - Evolution des représentations des enseignants débutants de l'IUFM à l'issue de la formation, Eric Triquet, Michèle Gandit, Jean-Claude Guillaud

9 - Démarches d'investigation dans l'enseignement secondaire : représentations des enseignants de mathématiques, SPC, SVT et technologie, Rapport d'enquête IFÉ – ENS de Lyon, Décembre 2011.

Pour autant nous savons que ces matériels ne sont pas toujours présents dans les établissements. Nos modules peuvent alimenter l'argumentation des enseignants qui souhaitent que l'établissement se dote de tels matériels. Nous avons cependant conçu nos modules de telle sorte qu'un enseignant puisse les utiliser en grande partie même en l'absence de certains matériels. Ainsi, par exemple, dans l'un des modules, les auteurs ont réalisé un diaporama qui organise l'utilisation d'un tableau blanc classique. Dans la plupart des modules, les ordinateurs élèves peuvent être remplacés par des calculatrices graphiques. Cependant, ces dernières limitent les possibilités d'action et d'expression des élèves et, comme nous l'avons fortement suggéré ci-dessus, nous accordons une extrême importance à ce que le processus de construction de savoir soit largement investi par les élèves, que ce soit une démarche de construction collective.

À noter une tendance dans l'équipement des salles de Mathématiques-Sciences : la salle dite mixte équipée d'ordinateurs et de bureaux classiques. Bien souvent, l'ordinateur est intégré à un meuble qui sert aussi de bureau.

## L'organisation des tâches

La participation active des élèves aux parcours d'apprentissage se concrétise dans l'organisation des moments consacrés à la réalisation des tâches qui leur sont confiées. Les modules sont partagés en périodes et chaque période partagée en phases (nous y revenons ci-après). Dans chaque période, il y a au moins une phase de travail en groupes. Lorsque l'on est engagé dans une démarche expérimentale mobilisant un montage et un dispositif de mesures, le groupe se réduit à un binôme. Dans les autres cas, les modules de mathématiques notamment, nous suggérons la mise en groupes de quatre.

Deux conditions sont susceptibles de garantir l'efficacité du travail de ces groupes pourvu qu'on les respecte simultanément :

- un **temps d'apprentissage du travail de groupe** est à prévoir. Notre expérience montre qu'il faut accorder quelques semaines de délai si l'organisation est rigoureuse ;
- une **organisation rigoureuse du travail de groupe** est indispensable. Les documents accompagnant ce type de travail doivent être bien adaptés aux capacités des élèves, ils doivent être de bonne qualité, les consignes, dont on a vérifié qu'elles ont été bien comprises de tous les élèves, doivent être claires et précises. Il faut également prévoir une organisation du travail collectif.

Nous faisons les suggestions suivantes :

- la composition des groupes doit être fixe dans le temps (ce qui n'interdit pas des changements si le professeur le juge nécessaire mais ceci doit rester exceptionnel) ;
- trois rôles sont distribués : l'animateur qui veille à l'avancement de la tâche – le secrétaire qui renseigne la fiche informatisée – le rapporteur qui commente les résultats du groupe ;
- la distribution des rôles change à chaque séance (par permutation circulaire par exemple).

## Structures des modules

Les modules ont tous la même structure, ils comportent des documents réservés au professeur :

- la fiche « **Caractéristiques du module** » qui précise le public cible, le matériel didactique nécessaire, les références au programme des baccalauréats professionnels, l'objectif général du module, les principaux objectifs d'apprentissage, les principaux pré-requis et une esquisse de l'organisation du parcours d'apprentissage;
- la fiche « **Organisation des apprentissages** » qui détaille les périodes et les phases du parcours d'apprentissage. Chaque période comporte quatre phases :
  - la phase de mobilisation qui vise à stimuler l'investissement des élèves et introduire le travail de groupe ;
  - la phase de travail de groupe qui vise à laisser les élèves poursuivre un travail en autonomie. Ce travail s'appuie soit sur une fiche de travail, soit sur une fiche d'expérimentation. Afin de limiter, autant que faire se peut, l'intervention du professeur, une fiche d'aide est parfois proposée ;
  - la phase de collecte et confrontation qui vise la collecte, par le professeur, des résultats obtenus par les différents groupes et présentés par les rapporteurs. Par ailleurs, le professeur anime la confrontation des résultats qui vise à dégager les propositions partagées et argumentées et à corriger, tout en justifiant, les propositions erronées ;
  - la phase de structuration qui vise, d'une part, à valider et compléter les résultats retenus lors de la phase précédente et, d'autre part, à dégager les éléments de savoir généraux sous-jacents à l'activité ;
- la fiche « **Trace écrite** » qui propose au professeur un exemple de rédaction de la synthèse des savoirs construits lors du module.

Chaque module comporte également les documents prévus pour les élèves :

- la fiche « **situation-problème** » qui explicite le contexte et la structure de la situation particulière ainsi que la question posée ;
- les **fiches de travail** qui explicitent la ou les tâches que les élèves doivent poursuivre dans le cadre des travaux de groupes ;
- les **fiches d'expérimentation** qui précisent, pour chaque expérimentation : le but, le matériel, le montage, le protocole, l'organisation du recueil de données et son exploitation ;
- les **fiches de réinvestissement** qui permettent de renforcer les acquis en les mettant en scène dans des situations-problèmes de la même famille.

Les documents listés dans les modules de cet ouvrage sont disponibles sur le site complémentaire « DIMS » :

<http://www.reseau-canope.fr/dims>



# Partie II

## Modules

# 1

# LE RANDONNEUR ÉGARÉ



## LES PILES



### PUBLIC CONCERNÉ

- Élèves du cycle terminal de baccalauréat professionnel. Élèves de tous les secteurs concernés par l'enseignement scientifique.
- Les activités expérimentales se déroulent en demi-classes et en binômes.



### CONDITIONS MATÉRIELLES

Le matériel didactique pour la classe :

- un tableau blanc et marqueurs à sec ;
- un tableau interactif ;
- soit une classe mobile (ou classe nomade) composée d'un meuble pouvant accueillir de 6 à 12 ordinateurs portables pour les élèves (prévoir, dans une séance en classe entière, un ordinateur par groupe de 4 et, dans une séance en demi-classe pour des activités expérimentales, un ordinateur par binôme), d'un ordinateur portable « tête de réseau » pour le professeur, d'un vidéoprojecteur, d'une imprimante réseau et d'un logiciel de gestion du réseau qui seront un équipement complémentaire très utile ;
- soit une salle mixte comprenant des tables classiques et des postes informatiques, permettant ainsi aux élèves d'alterner les activités informatiques et expérimentales.

L'enseignement de ce module peut se dérouler sans infrastructures informatiques. Elles facilitent néanmoins la circulation de l'information et la communication dans la classe ainsi que la collecte des travaux et leur visualisation en mosaïque, en prévision de la construction/structuration des savoirs.

/...

### CARACTÉRISTIQUES

#### • RÉFÉRENCES PROGRAMME

Ce module de formation s'inscrit dans la thématique « Transports » au niveau des modules T3 et T4 (Comment protéger un véhicule contre la corrosion ? Pourquoi éteindre ses phares quand le moteur est arrêté ?).

Les capacités visées sont ainsi libellées :

- ▶ identifier dans une réaction donnée un oxydant et un réducteur ;
- ▶ réaliser une pile et mesurer la tension aux bornes de cette pile.

#### • OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

À l'issue de la formation l'apprenant doit être capable :

- ▶ d'énoncer les conditions favorables à la réalisation d'une pile ;
- ▶ expliquer, au moins qualitativement, le fonctionnement des piles citées dans le programme (pile Daniell, pile « agricole », « pile au fromage »).

#### • PRINCIPAUX PRÉ-REQUIS

Si le thème a déjà été abordé au collège, nous ne mettons pas en pré-requis ce qui aurait pu y être acquis.

Cependant, l'enseignant pourra solliciter les éventuels acquis pendant le déroulement du module :

- ▶ utilisation d'un voltmètre ;
- ▶ notions de circuit électrique et sens du courant (cf. socle commun de connaissances, de compétences et de culture de collège).

Être familiarisé (si possible) avec la démarche expérimentale didactique qui prend appui sur une situation-problème et plus largement par la suite sur une famille de situations problèmes et qui s'apparente à une démarche d'investigation.

#### • STRUCTURE GÉNÉRALE ET DURÉE PRÉVISIONNELLE

Ce module se déroule sur deux séances :

- ▶ La première séance d'une heure se déroule en classe entière et se divise en deux périodes.

- Une situation-problème est proposée au cours de la première période.

Le support pédagogique est la [fiche de travail n° 1](#).

La démarche pédagogique se développe selon quatre phases :

- phase de mobilisation : exposé de la situation-problème ;
  - phase de travail de groupe ;
  - phase de collecte des travaux et d'analyse collective (enseignant inclus) du problème ;
  - phase de structuration : premiers éléments de réponse, premières hypothèses. Mise en évidence de la nécessité de connaître tout ce qui était à la disposition du randonneur, y compris la composition de son sac à dos.
- La deuxième période vise à élaborer un protocole expérimental permettant de réaliser une proto-pile.

Les supports pédagogiques sont la [fiche Composition du sac du randonneur](#) et la [fiche de travail n°2](#).

La démarche pédagogique se déroule à nouveau en quatre phases :

- phase de mobilisation : problématisation de la recherche à conduire ;
- phase de travaux de groupes ;
- phase de collecte des travaux et d'analyse collective (enseignant inclus) du problème ;
- phase de structuration : hypothèses de conditions favorables à la construction d'une pile et élaboration d'un protocole expérimental de fabrication d'une proto-pile.

► **La deuxième séance d'une heure se déroule en demi-classe.** Elle se présente à nouveau en deux périodes.

- Le protocole envisagé lors de la séance précédente est réalisé en binômes lors de la première période.

Le support pédagogique est la fiche d'expérimentation.

La démarche pédagogique se déroule en quatre phases :

- phase de mobilisation : explicitation du protocole expérimental ;
- phase de réalisation du protocole à l'aide de la fiche d'expérimentation ;
- phase de collecte des travaux : analyse collective (enseignant inclus) du problème ;
- phase de structuration : première étape de généralisation des conditions de réalisation d'une pile.

- Au cours de la deuxième période, il s'agit de généraliser les conditions de réalisation d'une pile, de vérifier la véracité des propos du randonneur et d'expliquer le phénomène de pile dans les trois cas du programme : pile Daniell, pile agricole et pile au fromage.

## ORGANISATION DES APPRENTISSAGES

### • SÉANCE 1

#### ► Première période

##### Phase 1 - Mobilisation

Cette phase commence par la demande du professeur aux groupes d'ouvrir le fichier de la [fiche de travail n° 1](#) qu'il projette lui-même sur le [tableau blanc interactif](#).

Il distribue également [un exemplaire papier de cette fiche](#).

Cette phase permet à l'enseignant de stimuler le questionnement initial des élèves. Il faut toutefois préciser que ce questionnement doit être encadré.

L'enseignant doit s'assurer que la lecture de l'énoncé ne suscite aucune incompréhension aux niveaux du vocabulaire et de la syntaxe.

##### Phase 2 - Travaux de groupes

Les élèves doivent formuler, par écrit, les informations supplémentaires nécessaires à une bonne compréhension de la situation-problème proposée.

Les éléments manquants sont nombreux.



## CONDITIONS MATÉRIELLES (SUITE)

L'enseignant qui ne peut disposer de ces infrastructures trouvera, dans l'annexe, un diaporama de suggestion d'utilisation du tableau blanc interactif.

L'enseignant pourra accompagner son cours du diaporama de la séance, et utiliser également le diaporama du professeur (diaporamas dans l'annexe).

Le matériel didactique expérimental pour la classe :

- diverses solutions ioniques conditionnées à 0,1 mol/L en 1 L (exemple de sulfate de cuivre, permanganate de potassium, chlorure de sodium, hypochlorite de sodium)
- sucre
- LE PACK RANDONNEUR (sac à dos, tente complète, nourriture)
- téléphone portable modifié
- montre à quartz, compteur de vélo, podomètre, calculatrice...utilisant des piles boutons de 1,5V modifiées (cf. photographies en annexe)
- le matériel didactique expérimental pour les élèves
- pissettes d'eau déminéralisée
- plaques métalliques (100 x 20 mm) en zinc, cuivre, aluminium, plomb et acier
- électrodes en graphite
- 4 Bêchers plastiques de 100 mL
- conducteurs et pinces crocodiles en nombre suffisant
- 1 voltmètre
- 1 LED



## INFORMATION

- Le module aurait pu avoir pour titre : « Du randonneur égaré à l'égarément du randonneur ». En effet, son récit (qui n'est en fait qu'une fiction pour les besoins du module) est erroné car le débit d'électricité fourni par la proto-pile qu'il peut réaliser avec ce dont il dispose n'est pas suffisant pour permettre l'émission d'un message par le téléphone portable.

Idéalement, le professeur aura pris soin de dissimuler le matériel expérimental (exemple : **une partie du kit Randonneur**) à la vue des élèves.

Pendant cette phase, le professeur circule dans la classe et va de groupe en groupe.

Il veille à ce qu'il n'y ait pas de blocage, si le cas se présente, il doit orienter son propos vers :

“ **D'après vous, que doit emporter un randonneur ? ...**

On peut estimer la durée de cette phase entre 5 et 10 minutes.

L'enseignant peut aussi, en guise d'aide, présenter des photos du contenu du sac type (cf. **annexe**).

Chaque secrétaire de groupe porte les réponses sur la fiche de travail dédiée au groupe.

### Phase 3 - Collecte et confrontation des résultats des travaux

La collecte des travaux écrits est importante.

Tout d'abord, le professeur met en mosaïque sur le tableau interactif les fichiers des différents groupes. Ce qui permet, par la comparaison des réponses, de repérer les propositions communes et d'animer le débat sur la pertinence des réponses.

Ce débat permet collégialement de préciser les éléments *a priori* utiles au randonneur.

On peut trouver des réponses de groupe dans lesquelles il y a déjà des piles...

### Phase 4 - Structuration

La structuration résume les propositions « favorables » et rassure les auditeurs sur le bien fondé de la démarche. Cette fois, l'enseignant s'adresse à l'ensemble des élèves.

Le discours adopté peut être :

“ **Nous sommes, donc, tous d'accord, il s'agit de connaître la composition du sac du randonneur. Afin que tout le monde puisse travailler sur les mêmes éléments, je vous fournis **une liste de ce qu'il avait avec lui, ce jour-là.****

On peut envisager 25 minutes pour cette période.

## ► Deuxième période

### Phase 1 - Mobilisation

L'enseignant distribue à chaque groupe un exemplaire de la composition du sac et à chaque élève la **fiche de travail n° 2**.

Il reprecise la problématique ainsi que la tâche à accomplir :

#### 1. Quels sont les nouveaux éléments qui peuvent permettre la production d'électricité ?

Cette période doit permettre d'obtenir une liste d'éléments extraits de la composition du sac permettant, selon les élèves de chaque groupe, d'obtenir un générateur électrique.

Cette liste sera intégralement proposée lors de la phase de collecte et de confrontation.

### Annexe

Le randonneur et la composition du sac.



## 2. Schématiser une expérience permettant de fabriquer de l'électricité avec ces éléments.

Cette période permet également à l'enseignant de se faire une idée de la représentation d'une pile par chaque groupe d'élèves.

L'enseignant sera attentif, en particulier, à la présence ou non de deux pôles.

### Phase 2 - Travaux de groupes

Les élèves font le tri, l'enseignant circule dans les rangs en insistant sur l'objectif : « Produire de l'électricité avec les éléments du sac ».

L'enseignant peut suggérer aux groupes dubitatifs d'observer la batterie de leur téléphone portable.

Cette suggestion doit les guider vers la nécessité de deux pôles différents pour la proto-pile (préparation de la phase expérimentale).

Chaque secrétaire de groupe porte les réponses sur la fiche de travail dédiée au groupe.

### Phase 3 - Collecte et confrontation des résultats des travaux

Comme pour la phase du même nom de la première période, le professeur met en mosaïque sur le tableau blanc interactif les fichiers des différents groupes. Ceci permet, par la comparaison des réponses, de repérer les propositions communes ainsi que les propositions isolées.

### Phase 4 - Structuration

Cette phase de structuration doit permettre d'organiser l'activité expérimentale qui se déroulera au cours de la séance 2 notamment en produisant un schéma sommaire d'une pile. À ce stade, la tente de randonnée fait partie du matériel favorable (car elle n'a pas été exclue), pour autant seuls les piquets de tente et éventuellement les arceaux en aluminium seront retenus.

De plus, il convient de faire apparaître sous forme d'hypothèses qui devront être validées expérimentalement, deux réalités des générateurs électrochimiques :

- les deux pôles (ou cathode et anode, évoquées au collège), solides conducteurs comme le sont les métaux ;
- un liquide électriquement conducteur (ou électrolyte, évoqué au collège).

Ainsi, le questionnement et la schématisation retenue doivent permettre de réaliser une proto-pile. Encore faut-il pouvoir vérifier que cet objet peut délivrer de l'énergie électrique. L'enseignant précise (ou fait préciser) que l'on peut vérifier que l'élément construit peut prétendre s'appeler une pile électrochimique avec :

- soit un témoin tel qu'une LED ;
- soit un voltmètre.

On peut envisager 25 minutes pour cette période.

## • SÉANCE 2

### ► Première période

#### Phase 1 - Mobilisation

Il est rappelé au cours de cette phase :

- que l'un des objectifs de la séance est de répondre à la question de la situation-problème proposée lors de la séance précédente ;
- les acquis de la séance précédente et en particulier les résultats obtenus lors de la phase de structuration de la deuxième période.

C'est le moment que choisit l'enseignant pour faire correspondre les résultats obtenus lors de la phase de structuration de la deuxième période et le dispositif expérimental.

Ainsi, les élèves peuvent faire correspondre le dispositif présenté sur la paillasse professeur avec ce schéma approuvé par l'ensemble.

### Phase 2 - Expérimentation en binômes

Le matériel expérimental, le même pour chaque binôme, est distribué avec [la fiche d'expérimentation](#).

Le reste (les différents électrolytes possibles issus de l'inventaire du sac du randonneur – jus de citron et Dakin – ou non – eau déminéralisée, eau sucrée, solution de sulfate de cuivre ; voltmètre et LED) est pour le moment sur le chariot mais peut être utilisé par l'enseignant pour stimuler l'activité d'un groupe.

### Phase 3 - Collecte et confrontation des résultats des travaux

Le professeur met en mosaïque sur le tableau interactif les parties de fichiers concernant la « mise en forme des données recueillies » des différents groupes.

### Phase 4 - Structuration de la première période

En début de phase, et en prenant appui sur la confrontation des résultats expérimentaux, l'enseignant fait verbaliser la validation des hypothèses émises lors de la deuxième structuration de la première séance, c'est-à-dire :

“ **Deux métaux différents appelés électrodes – cathode et anode – plongés dans un milieu contenant un liquide conducteur appelé électrolyte fournissent à leurs extrémités de l'énergie électrique.** ”

Il convient alors de revenir à la situation-problème initiale et de :

- faire établir que le randonneur pouvait produire de l'énergie électrique avec les éléments dont il disposait ;
- demander au groupe d'élèves qui a les résultats les plus probants, de tenter de faire fonctionner le téléphone avec leur proto-pile (l'enseignant aura pris soin de préparer sur le chariot [un téléphone portable préparé comme sur la photo en annexe](#)).

On constate alors qu'il est impossible de faire fonctionner le téléphone portable malgré la production d'énergie électrique vérifiée.

Cette observation permet d'élaborer une hypothèse qui devra être validée ultérieurement :

“ **La mise en fonctionnement d'un récepteur électrique nécessite une certaine puissance électrique, c'est-à-dire, pour une différence de potentiel électrique fixée, une certaine intensité du courant débité par la pile.** ”

On peut envisager 30 minutes minimum pour cette étape.

### ► Deuxième période

Cette période est consacrée, d'une part, à des situations de réinvestissement et, d'autre part, à la [formulation d'une synthèse](#) ou [trace écrite des acquis](#).

Les situations de réinvestissement peuvent être :

- les piles citées dans le programme (pile au citron et pile au fromage) ;
- les piles historiques (pile Daniell et pile Volta).

### Annexe

Téléphone portable avec branchements, vue du dos et de la batterie.



Pour les piles du programme, nous conseillons aux enseignants de les réaliser et de les mettre en fonctionnement avec comme récepteur une LED, qui sert par ailleurs de témoin.

Le but de cette première phase de réinvestissement est de conforter les acquis précédents et de préparer ainsi la synthèse/trace écrite :

- les électrodes sont constituées de matériaux conducteurs différents, la tension aux bornes des électrodes dépend de la nature des matériaux ;
- les électrodes sont plongées dans un milieu conducteur, c'est un électrolyte qui assure la conduction ;
- l'électrode cathode est le siège d'une oxydation et l'électrode anode d'une réduction.

L'enseignant trouvera en annexe un clip illustrant la réalisation d'une pile rustique et sa mise en fonctionnement avec une montre à affichage digital.

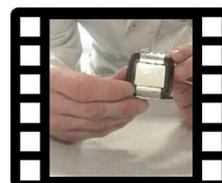
Pour les piles historiques, il est judicieux de rechercher de la documentation sur Internet.

La comparaison avec la simplicité des piles réalisées en classe permet de mettre en évidence la problématique du débit d'électricité.

À titre d'exemple, nous citons : [www.espace-sciences.org](http://www.espace-sciences.org) et [www.uel.education.fr](http://www.uel.education.fr).

#### Annexe

Vidéo montrant comment alimenter un compteur à vélo à partir d'une pile biologique.



## TRACE ÉCRITE

### Remarque préalable

La trace écrite constitue la synthèse de ce que les élèves doivent mémoriser à l'issue de l'enseignement.

Il est donc recommandé de la formuler dans un langage accessible tout en respectant une syntaxe correcte.

Il y a donc avantage à ce que cette formulation soit le plus possible réalisée par les élèves eux-mêmes.

C'est pourquoi nous proposons ci-dessous non pas une formulation canonique mais plutôt une liste des éléments que devrait contenir cette formulation.

### 1 - Éléments constitutifs d'une pile électrochimique

- Deux électrodes de métaux différents.
- Un milieu contenant au moins un liquide électriquement conducteur.

### 2 - Principes de réalisation

- Les électrodes sont plongées dans le milieu conducteur.
- Les électrodes ne se touchent pas.

### 3 - Principes de fonctionnement

- L'électrode cathode est le siège d'une réduction (captation d'électrons).
- L'électrode anode est le siège d'une oxydation (libération d'électrons).
- De l'énergie électrique est disponible aux bornes des électrodes.
- La tension électrique aux bornes des électrodes dépend de la nature des électrodes.

**SITUATION-PROBLÈME**

Voici un article publié dans un quotidien d'une région de montagne au mois de juillet :

« Un randonneur, parti d'un refuge il y a trois jours, n'a toujours pas donné signe de vie. Son épouse a prévenu le P.G.H.M. (Peloton de Gendarmerie de Haute Montagne) afin qu'il puisse effectuer les recherches nécessaires. Elle a confié aux gendarmes que son mari avait l'habitude de quitter les sentiers balisés et qu'il s'était peut être ainsi perdu. Elle a souligné "que son mari avait pris son téléphone portable". Mais n'ayant reçu aucun appel, elle pense "que son téléphone est déchargé". Cependant, elle leur a précisé "que son mari est un bon bricoleur et qu'il se servira des affaires qu'il a emportées dans son sac à dos et de tout ce qu'il pourra trouver afin de produire suffisamment d'énergie pour le faire fonctionner" ».

Le P.G.H.M. est parti à sa recherche et tout le monde est dans l'attente d'un appel rassurant.

**Comment le randonneur peut-il s'y prendre pour produire de l'électricité afin de faire fonctionner son téléphone portable ?**

**1. Êtes-vous en mesure de proposer une réponse ?**

---

---

---

---

**Sinon, quelles sont les informations que vous souhaiteriez demander au randonneur, qui vous permettraient de proposer une solution ?**

---

---

---

**2. Les propositions retenues par la classe.**

---

---

---

Fiche de travail n° 2  
LE RANDONNEUR ÉGARÉ

**SITUATION-PROBLÈME**

Voici un article publié dans un quotidien d'une région de montagne au mois de juillet :

« Un randonneur, parti d'un refuge il y a trois jours n'a toujours pas donné signe de vie. Son épouse a prévenu le P.G.H.M. (Peloton de Gendarmerie de Haute Montagne) afin qu'il puisse effectuer les recherches nécessaires. Elle a confié aux gendarmes que son mari avait l'habitude de quitter les sentiers balisés et qu'il s'était peut être ainsi perdu. Elle a souligné "que son mari avait pris son téléphone portable". Mais n'ayant reçu aucun appel elle pense "que son téléphone est déchargé". Cependant elle leur a précisé "que son mari est un bon bricoleur et qu'il se servira des affaires qu'il a emportées dans son sac à dos et de tout ce qu'il pourra trouver afin de produire suffisamment d'énergie pour le faire fonctionner" ». Le P.G.H.M. est parti à sa recherche et tout le monde est dans l'attente d'un appel rassurant.

**1. De l'ensemble de ce qui est à la disposition du randonneur, quels sont les éléments qui peuvent permettre la production d'énergie électrique ?**

.....  
.....  
.....

**2. Schématisez une expérience permettant de fabriquer de l'électricité avec ces éléments.**

**3. Propositions retenues par la classe.**

.....  
.....  
.....

**BUT DE L'EXPÉRIMENTATION**

- Choisir, dans la liste des objets disponibles sur la paillasse, des matériaux de même nature que ceux du randonneur et qui permettent de réaliser une proto-pile.
- Réaliser la proto-pile et vérifier qu'elle fonctionne en générateur chimique.
- Réaliser d'autres proto-piles.

Liste de matériel mis à disposition :

- pissettes d'eau déminéralisée ;
- plaques métalliques (100x20 mm) en zinc, cuivre, aluminium, plomb et acier ;
- électrodes en graphite ;
- 4 Bêchers plastiques de 100 mL ;
- conducteurs et pinces crocodiles en nombre suffisant ;
- 1 voltmètre ;
- 1 LED.

Le matériel sur le chariot du professeur est également à votre disposition sur simple demande.

**Schéma de montage**

Reproduisez ci-dessous le schéma d'une proto-pile que vous réaliserez ensuite.

**Réalisation de proto-piles**

Vous pouvez réaliser plusieurs proto-piles que vous ferez vérifier par le professeur.

**Mise en forme des observations**

Pour chaque proto-pile fabriquée, vous indiquerez :

- les électrodes utilisées ;
- le milieu conducteur utilisé ;
- la tension électrique mesurée entre les deux électrodes.

**BUT DE L'EXPÉRIMENTATION**

**Mise en forme des observations**

Pour chaque proto-pile fabriquée, vous indiquerez :

- les électrodes utilisées ;
- le milieu conducteur utilisé ;
- la tension électrique mesurée entre les deux électrodes.

**PROTO-PILE N° 1**

Électrodes :

.....

Milieu conducteur :

.....

Tension électrique :

.....

**PROTO-PILE N° 1**

Électrodes :

.....

Milieu conducteur :

.....

Tension électrique :

.....

**PROTO-PILE N° 1**

Électrodes :

.....

Milieu conducteur :

.....

Tension électrique :

.....

**PROTO-PILE N° 1**

Électrodes :

.....

Milieu conducteur :

.....

Tension électrique :

.....

**Interprétation des observations**

.....  
.....  
.....

## ÉVALUATION

GRILLE NATIONALE D'ÉVALUATION EN MATHÉMATIQUES  
ET EN SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

NOM et Prénom : ..... Diplôme préparé : ..... Séquence d'évaluation n° .....

## 1 - Liste des capacités, connaissances et attitudes évaluées

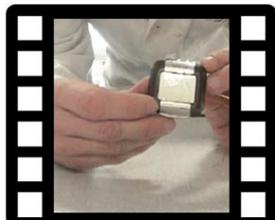
<b>Capacités</b>	Expérimenter : savoir monter les quatre types de proto-piles Contrôler la vraisemblance d'une hypothèse : déterminer la meilleure proto-pile
<b>Connaissances</b>	Savoir qu'une pile nécessite deux électrodes et un milieu conducteur
<b>Attitudes</b>	Organiser son espace de travail proprement Être persévérant

## 2 - Évaluation

Compétences	Capacités	Questions	Appréciation du niveau d'acquisition
<b>S'approprier</b>	Rechercher, extraire et organiser l'information.		
<b>Analyser</b>	Émettre une conjecture, une hypothèse.		
<b>Raisonner</b>	Proposer une méthode de résolution, un protocole expérimental.		
<b>Réaliser</b>	Choisir une méthode de résolution, un protocole expérimental. Exécuter une méthode de résolution, expérimenter, simuler.		
<b>Valider</b>	Contrôler la vraisemblance d'une conjecture, d'une hypothèse. Critiquer un résultat, argumenter.		
<b>Communiquer</b>	Rendre compte d'une démarche, d'un résultat, à l'oral ou à l'écrit.		

Annexe  
LE RANDONNEUR ÉGARÉ

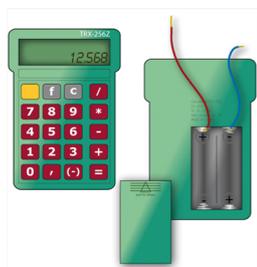
DOCUMENTS FOURNIS EN ANNEXE SUR LE SITE



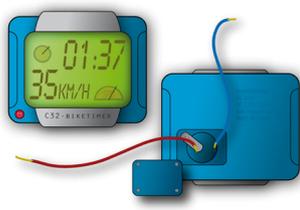
**Titre :** Pile biologique  
**Description :** Vidéo montrant comment alimenter un compteur à vélo à partir d'une pile biologique  
**Type :** vidéo  
**Format :** flv  
**Résolution :** 352x288  
**Poids :** 9,1 mo



**Titre :** Téléphone portable avec branchements, vue du dos et de la batterie  
**Type :** illustration  
**Format :** jpg  
**Résolution :** 800x600  
**Poids :** 90 ko



**Titre :** Calculatrice avec branchements, plaque protectrice de la batterie enlevée  
**Type :** illustration  
**Format :** jpg  
**Résolution :** 800x600  
**Poids :** 90 ko



**Titre :** Compteur de vélo avec branchements, plaque protectrice de la batterie enlevée, pile bouton ôtée  
**Type :** illustration  
**Format :** jpg  
**Résolution :** 800x600  
**Poids :** 90 ko



**Titre :** Le randonneur  
**Type :** illustration  
**Format :** jpg  
**Résolution :** 800x600  
**Poids :** 90 ko



**Titre :** Le randonneur et la composition du sac  
**Type :** illustration  
**Format :** jpg  
**Résolution :** 800x600  
**Poids :** 90 ko

# Démarches d'investigation en Mathématiques-Sciences

Ouvrage dirigé par Alain FOUCART

**L**ES DÉMARCHES D'INVESTIGATION EN MATHÉMATIQUES-SCIENCES font partie intégrante de l'enseignement en lycée professionnel depuis 2009. Cet ouvrage apporte des éclairages didactiques sur l'intégration de démarches pédagogiques ouvertes avec élèves, ainsi que des propositions concrètes de mise en œuvre en classe. Les professeurs en activité, ainsi que les nouveaux enseignants, trouveront dans ces pages et sur le site complémentaire des outils et des ressources pour renouveler leurs pratiques pédagogiques. Les grilles d'évaluation des compétences parues en 2013 sont proposées pour chacun des chapitres.

« RPA disciplines & compétences » valorise des pratiques innovantes et privilégie l'approche par compétences, la pédagogie différenciée, l'évolution didactique d'une discipline.

**32 €**

Code vente: 060B2323



ISSN 1625-3000  
ISBN 978-2-86629-536-3



9 782866 295363