



MINISTÈRE DE  
L'ÉDUCATION NATIONALE

MINISTÈRE DE  
L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE

# **REPÈRES POUR LA MISE EN OEUVRE D'UNE DÉMARCHE D'INVESTIGATION EN LYCÉE PROFESSIONNEL**

**DOCUMENT PÉDAGOGIQUE  
À L'ATTENTION  
DES PROFESSEURS DE LYCÉE PROFESSIONNEL  
MATHÉMATIQUES – SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES**

## PREFACE

Les programmes de mathématiques et de sciences physiques et chimiques des classes de baccalauréat professionnel sont déclinés en connaissances, capacités et attitudes constitutives des compétences que les élèves doivent construire au cours de leur formation. Ils sont conçus en vue de préparer à la poursuite d'études, à la formation tout au long de la vie et, le cas échéant, d'achever la validation du socle commun de connaissances et de compétences. Dans la continuité de l'école primaire et du collège ces programmes privilégient une démarche d'investigation. Cette démarche n'est pas unique et n'est pas non plus exclusive et tous les objets d'étude ne se prêtent pas forcément à sa mise en œuvre. Une présentation par l'enseignant est parfois nécessaire, mais elle ne doit pas, en général, constituer l'essentiel d'une séance d'apprentissages dans le cadre d'une démarche qui privilégie la construction du savoir par l'élève. Il appartiendra donc au professeur de déterminer les sujets qui feront l'objet d'un exposé et ceux pour lesquels la mise en œuvre d'une démarche d'investigation est pertinente.

Ce guide, destiné aux professeurs et formateurs de mathématiques et de sciences physiques et chimiques enseignant dans les formations professionnelles, propose des repères pour la mise en place de cette démarche en prenant en compte les spécificités des programmes en vigueur, des formations et du public accueilli. Il a été rédigé, sous la responsabilité des inspecteurs de l'Éducation nationale de mathématiques et de sciences physiques et chimiques de l'académie d'Aix-Marseille, par deux professeurs de lycée professionnel ayant également en charge la formation continue des enseignants au niveau académique.

Il nous a semblé nécessaire, afin de mieux situer cette démarche, de présenter, sans être exhaustif, les avantages et les limites des différents modèles d'enseignement les plus couramment rencontrés, aujourd'hui, dans les classes de l'école, du collège et des lycées. Compte tenu que cette démarche s'inscrit dans un cadre plus vaste allant de l'école primaire aux premières années de l'enseignement supérieur et que les élèves sont susceptibles d'y être confrontés, à travers différents dispositifs, en amont ou en aval de leur passage au lycée professionnel, certains modèles d'enseignement propres aux sciences physiques et chimiques (annexe III) et aux mathématiques (annexe IV) sont répertoriés dans ce guide.

Les inspecteurs de l'Education nationale  
de mathématiques et de sciences physiques et chimiques  
de l'académie d'Aix-Marseille

## SOMMAIRE

I -	LES DIFFÉRENTS MODÈLES D'ENSEIGNEMENT	Page 3
	Le modèle transmissif	
	Le modèle béhavioriste	
	Le modèle constructiviste	
	Le modèle socioconstructiviste	
II-	DU COLLÈGE VERS LE LYCÉE PROFESSIONNEL	Page 5
	Le collège	
	Le lycée professionnel et ses spécificités	
III-	DEMARCHE D'INVESTIGATION EN LYCEE PROFESSIONNEL	Page 7
	Proposition de canevas	
	Exercices et problèmes	
	Ecrits des élèves	
IV-	EXEMPLES DE DEMARCHE D'INVESTIGATION	Page 9
	ANNEXE I : Proposition de structuration des écrits	Page 19
	ANNEXE II : Commentaires sur les exemples de démarche d'investigation	Page 20
	ANNEXE III : Exemples de modèles d'enseignement des sciences	Page 22
	ANNEXE IV : Exemples de modèles d'enseignement scientifique fondés sur des démarches d'investigation (EFSI), en mathématiques	Page 23
	RÉFÉRENCES	Page 25

## **I- LES DIFFERENTS MODELES D'ENSEIGNEMENT**

*D'après : Arzac, G., Germain, G. & Mante, M. (1988). Problème ouvert et situation-problème. Lyon: IREM n° 64, Université Claude Bernard.*

Chacun des quatre modèles décrits ci-dessous prend appui sur des hypothèses préalables et comporte des avantages et des limites spécifiques.

### **1. Le modèle transmissif**

**Présupposés :**

- Neutralité conceptuelle de l'élève : avant l'enseignement, l'élève n'a pas de conception personnelle sur le sujet à aborder.
- Non déformation du savoir transmis : si l'enseignant expose clairement son sujet et si les élèves écoutent bien, ils vont assimiler le message tel qu'il a été transmis. Des exercices d'entraînement permettront d'ancrer les nouvelles connaissances.

**Le rôle de l'enseignant :** expliquer clairement.

**Le rôle de l'élève :** écouter attentivement.

**Le statut de l'erreur :** accidents dus à une écoute insuffisante ou à une mauvaise explication. On y remédie par une nouvelle explication et une écoute plus attentive.

**Les avantages :** L'enseignement basé sur ce modèle est le plus économe en temps et en moyens. Il est adéquat si les apprenants sont motivés et attentifs.

**Les limites :** Elles dépendent de la validité des deux présupposés :

- Si une conception initiale inadéquate existe elle risque de ne pas être remise en cause, et d'interférer avec la nouvelle connaissance.
- Ce qui est dit par l'enseignant n'est pas toujours entendu de la même façon par tous les élèves.

### **2. Le modèle béhavioriste (ou comportementaliste)**

**Présupposé :**

- L'enseignant doit se baser sur les comportements observables de l'élève, c'est-à-dire les réponses qu'il fournit aux questions posées ou les démarches utilisées pour résoudre un problème.
- L'objectif d'apprentissage est décomposé en sous-objectifs formulés en termes de comportements observables (l'élève est capable de ... plutôt que l'élève connaît ...). L'élève passe ainsi très graduellement, sous la conduite de l'enseignant, de la connaissance initiale à la connaissance finale par petites marches.

C'est le modèle qui est en toile de fond de la pédagogie par objectifs : fiches de découverte contenant un grand nombre de questions relativement faciles qui permettent à l'élève de découvrir la notion visée.

**Le rôle de l'enseignant :** définir des sous-objectifs et mettre en place des exercices progressifs permettant de franchir les différentes étapes sans difficultés.

**Le rôle de l'élève :** pratiquer les exercices proposés en suivant l'itinéraire défini par l'enseignant.

**Le statut de l'erreur :** accidents révélateurs de sous-objectifs mal ou insuffisamment décomposés.

**Les avantages :** L'enseignant est attentif aux possibilités et à l'évolution individuelle de l'élève. Il lui propose des activités bien adaptées. L'élève peut progresser à son rythme ; il est le plus souvent en situation de réussite. Les objectifs étant définis précisément, l'évaluation est facilitée et clarifiée.

**Les limites :**

- Les tâches découpées cachent la vision d'ensemble : l'élève peut réussir chacune des étapes du chemin balisé mais être incapable, par manque de vision d'ensemble, de parcourir ce même chemin en l'absence de balises.
- Les conceptions initiales des élèves, n'étant pas prises en compte, elles sont susceptibles de ressurgir lorsque l'élève se trouvera devant un problème plus complexe.

### **3. Le modèle constructiviste**

**Présupposés :**

- C'est en agissant (en résolvant des problèmes) que l'on apprend.
- Les représentations initiales s'érigent souvent en obstacle aux nouvelles connaissances. (« Quel que soit son âge, l'esprit n'est jamais vierge, table rase ou cire sans empreinte ».)

- La connaissance ne s'acquiert pas par simple empilement ; elle passe d'un état d'équilibre à un autre par des phases transitoires au cours desquelles les connaissances antérieures sont mises en défaut.

Selon ce modèle, l'acquisition de connaissances passe par la transformation des informations reçues par l'élève à travers ses expériences et ses connaissances préalables. Pour accéder à un état de connaissance supérieur, il faut donc remettre en cause et réorganiser ses conceptions initiales en y intégrant les nouvelles données. L'élève ne sera pleinement prêt à cet effort difficile (car il implique une phase de déstabilisation) que s'il a pris conscience de l'insuffisance de ses représentations. L'enseignant placera donc l'élève dans une situation propre à lui créer un conflit cognitif provoqué par une contradiction entre son anticipation (basée sur sa conception initiale) et une réalité observée. Le démenti peut provenir de la situation elle-même (c'est le concept de situation-problème) ou de ses pairs (lors d'un travail de groupe). Cependant, il est essentiel qu'il ne vienne pas de l'enseignant, l'élève risquant sinon de résoudre le conflit en distinguant la vérité scolaire de celle de la vie « réelle ».

**Le rôle de l'enseignant :** repérer les obstacles récurrents, puis mettre en place des situations destinées à faire prendre conscience à l'élève de l'insuffisance de ses conceptions. Aider l'élève à construire les nouveaux savoirs, puis à les consolider par des exercices ad hoc.

**Le rôle de l'élève :** s'approprier le problème posé et y investir ses connaissances initiales ; accepter la déstabilisation procurée par le démenti ; reconnaître la nécessité de cette déstabilisation pour pouvoir progresser (ce qui doit faire l'objet d'un *contrat didactique* approprié) et finalement : construire, avec l'aide de l'enseignant, la nouvelle connaissance, puis la consolider par des exercices ad hoc.

**Le statut de l'erreur :** révélatrice de conceptions inadéquates. En ce sens, elle est constitutive de l'apprentissage.

**Les avantages :** le problème à résoudre donne du sens à l'apprentissage en motivant l'introduction des notions. Les conceptions initiales inadéquates ayant été détruites ou remodelées, elles ne risquent plus de refaire surface et le nouvel état d'équilibre est durable.

**Les limites :**

- Chronophage.
- Nécessite un haut niveau de compétence de l'enseignant, autant pour la conception que pour la gestion des séances.
- Difficulté à toujours trouver des situations-problèmes adéquates.
- La phase de déstabilisation est délicate chez certains élèves (en particulier ceux en grande difficulté).

#### 4. Le modèle socioconstructiviste

Les caractéristiques du modèle socioconstructiviste sont les mêmes que celles du modèle constructiviste auxquelles il faut ajouter les éléments suivants :

**Présupposés :**

- La construction d'un savoir, bien que personnelle, s'effectue dans un cadre social ;
- L'acte d'apprendre est une interprétation d'une expérience, d'un langage ou d'un phénomène saisis dans leur contexte ;
- Les interactions entre pairs sont source de développement cognitif dans la mesure où elle introduit une confrontation entre les conceptions divergentes et suscitent des conflits sociocognitifs.

Dans le modèle socioconstructiviste, l'acquisition des savoirs relève davantage de l'appropriation que de la construction. Un élève seul face au monde ne pourrait rien apprendre. D'autre part, pour que l'apprentissage puisse avoir lieu, les situations pédagogiques proposées doivent placer l'élève dans sa Zone Proximale de Développement.

La ZPD se définit comme la zone où l'élève, à l'aide des ressources disponibles, est capable de se mobiliser pour réaliser un apprentissage. Elle se situe entre la Zone d'Autonomie (trop facile : pas d'apprentissage) et la Zone de Rupture (trop difficile : pas de mobilisation). Elle peut également se définir comme la différence entre le niveau de résolution de problèmes, sous la direction et avec l'aide du professeur, et le niveau de résolution de problèmes atteint par l'élève seul.

L'autre aspect pris en compte par le modèle socioconstructiviste est la réflexion que doit avoir l'élève sur son fonctionnement intellectuel et la façon dont il apprend (métacognition).

**Le rôle de l'enseignant :** Crée une situation complexe adaptée aux possibilités des élèves, fait émerger les représentations, organise les groupes, met à disposition des ressources, choisit un mode de confrontation efficace, aide à la formulation, stimule, encourage et accepte toutes les propositions.

**Le rôle de l'élève :** Fait des essais pour résoudre le problème, recherche des réponses à la situation, échange, confronte, compare avec d'autres, verbalise la méthode qu'il utilise.

**Le statut de l'erreur :** Constitutive de l'apprentissage. Nécessité d'avoir des avis, et donc souvent des résultats différents pour mettre en œuvre une confrontation entre pairs.

**Les avantages :** Les problèmes donnent un sens aux apprentissages. Les échanges entre élèves permettent de créer une émulation autour des questions posées. La métacognition aide les élèves à prendre conscience et à réguler leurs méthodes de pensée et donc à progresser dans le *apprendre à apprendre*.

**Les limites :** Les mêmes que pour le modèle constructiviste en davantage marquées.

## **II- DU COLLEGE VERS LE LYCEE PROFESSIONNEL**

L'utilisation d'un modèle socioconstructivisme, que constitue la démarche d'investigation est largement encouragée par l'institution, et cela à tous les niveaux de la formation. L'une des six recommandations du rapport européen<sup>1</sup> Rocard de 2007 est : « *L'introduction d'approches basées sur la démarche d'investigation ... doit être activement promue et encouragée.* »

### **1- Le collège**

« *Dans la continuité de l'école primaire, les programmes du collège privilégient pour les disciplines scientifiques et la technologie une démarche d'investigation.* »<sup>2</sup>. L'introduction commune souligne cependant que si l'on peut trouver de nombreux points communs entre la pratique de la démarche d'investigation en sciences physiques et chimiques et en mathématiques, il est important de conserver les « *particularités de chacune d'entre elles, notamment en ce qui concerne la validation, par l'expérimentation d'un côté, par la démonstration de l'autre.* »

Comme repères de mise en œuvre d'une démarche d'investigation, sept moments essentiels ont été identifiés et proposés comme canevas :

- Le choix d'une situation – problème ;
- L'appropriation du problème par les élèves ;
- La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles ;
- L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves ;
- L'échange argumenté autour des propositions élaborées ;
- L'acquisition et la structuration des connaissances ;
- La mobilisation des connaissances.

### **2- Le lycée professionnel et ses spécificités**

#### ***a- Les objectifs des programmes (BO n°2 du 19 février 2009)***

L'enseignement des mathématiques et des sciences physiques et chimiques concourt à la formation intellectuelle, professionnelle et citoyenne des élèves. Il répond aux principaux objectifs de formation suivants :

- **former les élèves à l'activité mathématique et scientifique par la mise en œuvre des démarches d'investigation et d'expérimentation initiées au collège;**
- donner une vision cohérente des connaissances scientifiques et de leurs applications;
- fournir des outils mathématiques et scientifiques pour les disciplines générales et professionnelles;
- entraîner à la lecture de l'information, à sa critique, à son traitement en privilégiant l'utilisation de l'outil informatique ;
- développer les capacités de communication écrite et orale.

<sup>1</sup> **Commission Européenne**, *L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*, Rapport du groupe d'experts présidé par Michel ROCARD, 2007

<sup>2</sup> **MEN**, *Introduction commune aux programmes des disciplines scientifiques et de la technologie*. BO spécial n° 6 du 28 août 2008.

Les programmes de mathématiques et de sciences physiques et chimiques des classes de baccalauréat professionnel sont déclinés en connaissances, capacités et attitudes dans la continuité du socle commun de connaissances et de compétences. Ils permettent de préparer à la poursuite d'études, à la formation tout au long de la vie et, le cas échéant, d'achever la validation du socle commun de connaissances et de compétences.

### ***b- La contextualisation***

Les programmes de baccalauréat professionnel préconisent que les situations d'apprentissage soient contextualisées au travers de thèmes et de questions en sciences physiques et chimiques, de sujets et thématiques en mathématiques<sup>3</sup>, ou en prenant appui sur la spécialité professionnelle des élèves.

Cela implique que les situations prenant exclusivement appui sur un environnement interne aux mathématiques doivent être exclues.

En sciences physiques et chimiques, les questions peuvent être reformulées voire changées du moment que les nouvelles questions créées permettent de travailler sur les mêmes *capacités* du programme.

Pour faciliter l'appropriation par les élèves des problèmes proposés, la contextualisation choisie doit faire référence à des situations familières et vécues. La compréhension du contexte de la situation ne doit pas constituer un obstacle supplémentaire à l'apprentissage.

(Un exemple de contextualisation non familière : une situation construite autour de cartes à jouer pour travailler sur les probabilités peut paraître totalement étrangère à certains élèves.)

### ***c- Expérimentation en mathématiques***

L'expérimentation en mathématiques sert à formuler un résultat (conjecture) ou à le vérifier (validation). Elle repose principalement sur l'utilisation d'outils informatiques de simulation ou de représentation. Lors des examens dans les classes préparant au baccalauréat professionnel, l'évaluation des capacités expérimentales (émettre une conjecture, expérimenter, simuler, contrôler la vraisemblance d'une conjecture) se fait, à travers la réalisation de tâches nécessitant l'utilisation des TIC et 30% de la note y est consacré.

Les outils informatiques utilisés doivent être motivés lors de leur introduction (au même titre que les nouveaux outils mathématiques) et intégrés dans la progression.

L'objectif reste de former les élèves à l'utilisation d'outils (tableur, grapheur, logiciel de géométrie dynamique...) et pas à l'utilisation de logiciels (libres ou propriétaires) ; la mise en œuvre d'un même outil à travers des environnements différents (tableur de la calculatrice, tableur d'une suite bureautique, tableur d'un logiciel d'acquisition et traitement informatique de données expérimentales...) peut s'avérer propice à son appropriation par l'élève.

On oppose souvent *simulation informatique* et *expérimentation à l'aide d'objets physiques* ; il faut cependant noter que ces deux démarches ont en commun le fait qu'une simulation informatique repose toujours sur un modèle construit et implémenté dans un ordinateur ; de la même façon, l'interprétation et l'exploitation d'une expérimentation physique reposent elles aussi sur un modèle construit et choisi (le modèle d'équiprobabilité pour le lancer d'un dé à six faces par exemple.)

La modélisation (à travers la contextualisation et la simulation) est donc une notion incontournable de l'enseignement des mathématiques en lycée professionnel.

### ***d- Activités expérimentales en sciences physiques et chimiques***

Contrairement au verbe « expérimenter », qui peut être employé en mathématiques comme synonyme d' « essayer », le terme « activité expérimentale », (ou « expérience ») suggère implicitement la mise en œuvre d'objets matériels.

Si cette activité est proposée dans le cadre d'une tâche complexe, elle pourra apporter aux élèves les connaissances et capacités décrites par les programmes, tout en forgeant leurs compétences. Ils

---

<sup>3</sup> Thèmes en sciences physiques et chimiques: transports, confort dans la maison et l'entreprise, hygiène et santé, son et lumière. Sujets en mathématiques : développement durable, prévention santé sécurité, évolution des sciences et des techniques, vie sociale et loisir, vie économique et professionnelle.

apprendront ainsi à formuler des explications scientifiques, à utiliser l'expérience pour prouver leurs hypothèses, à exploiter et à communiquer leurs résultats en explicitant leur démarche.

L'intégration des TIC doit être faite de manière pertinente ; en particulier l'utilisation de l'expérimentation assistée par ordinateur sera privilégiée dès lors que celle-ci facilite la manipulation envisagée et son exploitation.

### **III- DEMARCHE D'INVESTIGATION EN LYCEE PROFESSIONNEL**

#### **1- Proposition de canevas**

Ce canevas n'a pas la prétention de définir « la » méthode d'enseignement, ni celle de figer de façon exhaustive un déroulement imposé. Il a été élaboré à partir de celui proposé dans les programmes d'enseignement des disciplines scientifiques et de la technologie du collège et en prenant en compte les spécificités du lycée professionnel.

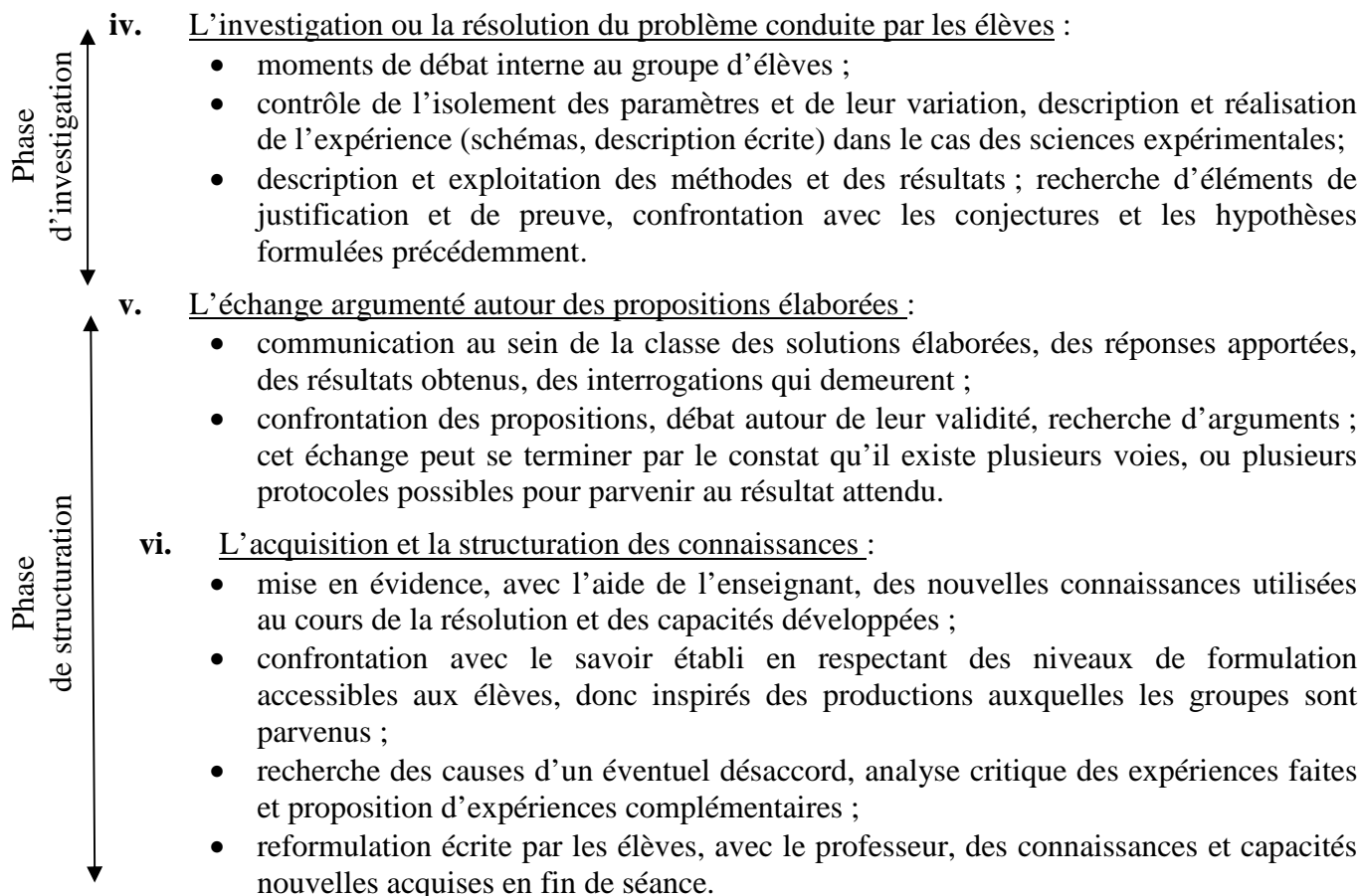
Une séquence peut être constituée de plusieurs séances relatives à un même sujet d'étude. Six moments essentiels ont été identifiés à travers trois phases de motivation, d'investigation et de structuration. L'ordre dans lequel ils se succèdent ne constitue pas une trame à adopter de manière linéaire. En fonction des sujets, un aller et retour entre ces moments est tout à fait souhaitable, et le temps consacré à chacun doit être adapté au projet pédagogique de l'enseignant. La séance peut s'organiser comme une alternance d'activités individuelles ou en petits groupes (appropriation, recherche, rédaction) et d'activités en classe entière (présentation, formulation de conjectures, d'hypothèses et de pistes de recherche, validation, structuration, formalisation). Ces modes de gestion des regroupements d'élèves favorisent l'expression sous toutes ses formes et permettent un accès progressif à l'autonomie.

Une séquence d'investigation permet soit de vérifier l'acquisition d'une notion étudiée dans les classes antérieures, soit de motiver l'introduction d'une nouvelle connaissance, qui sera ensuite découverte par une méthode inductive chaque fois que cela est possible, ou alors apportée par l'enseignant.

Le scénario d'enseignement est élaboré en fonction de l'analyse des connaissances et capacités visées, des compétences à développer et après avoir repéré les acquis initiaux des élèves puis identifié leurs éventuelles conceptions ou représentations ainsi que les difficultés persistantes (analyse d'obstacles cognitifs et d'erreurs).

- Phase  
de motivation
- i. Présentation de la situation-problème :**  
La situation présentée doit provoquer l'intérêt des élèves afin de les conduire à observer, agir, s'exprimer et s'interroger. Il est nécessaire de les faire adhérer à cette démarche afin de leur donner envie de résoudre le problème. La situation est conçue de manière à placer les élèves face à un obstacle (ni infranchissable, ni trop facilement franchissable).
  - ii. L'appropriation du problème par les élèves :**
    - travail guidé par l'enseignant qui, éventuellement, aide les élèves à reformuler les questions pour s'assurer de leur sens, à se recentrer sur le problème à résoudre qui doit être compris par tous ;
    - émergence d'éléments de solution proposés par les élèves qui permettent de travailler sur leurs conceptions initiales, notamment par confrontation de leurs éventuelles divergences pour favoriser l'appropriation par la classe du problème à résoudre. Le guidage par le professeur ne doit pas amener à occulter ces conceptions initiales mais au contraire à faire naître le questionnement.
  - iii. La formulation de conjectures, de méthodes de résolution envisagées, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles :**
    - formulation orale ou écrite de conjectures ou d'hypothèses par les élèves (ou les groupes) ;
    - élaboration éventuelle d'expériences, destinées à tester ces hypothèses ou conjectures ;
    - éventuellement communication à la classe des conjectures ou des hypothèses et/ou protocoles expérimentaux ou méthodes de résolution proposés.





## 2- Exercices et problèmes

Le niveau d'acquisition des capacités et des connaissances mises en jeu pendant la séance pourra ensuite être consolidé par des exercices d'application, de préférence contextualisés, qui permettront d'entretenir des automatismes. Les problèmes issus de la vie courante, du domaine professionnel, en relation avec les thèmes de sciences physiques et chimiques ou les thématiques de mathématiques donneront l'occasion de réinvestir et de consolider les connaissances et les capacités ainsi que de développer l'autonomie et l'aptitude à modéliser. Ces problèmes nécessitent la mise en œuvre des cinq compétences (s'approprier, analyser/raisonner, réaliser, valider et communiquer) désormais évaluées en mathématiques et en sciences physiques et chimiques dans tous les diplômes de l'enseignement professionnel.

## 3- Ecrits des élèves

Ce type de démarche pédagogique favorise la production écrite des élèves. Le passage par l'écrit revêt une importance toute particulière dans le développement de diverses compétences. Lors de la phase d'appropriation, en organisant l'information disponible, en reformulant éventuellement les questions pour s'assurer de leur sens, en proposant des éléments de solution du problème à résoudre, il aide à la compréhension de la situation et de la problématique posée. La formulation de conjectures ou d'hypothèses explicatives, de méthodes de résolution, de protocoles possibles, la description d'expériences, le compte rendu d'une démarche ou d'un résultat en vue d'en assurer une présentation sont autant d'activités-élèves où l'écrit occupe une place majeure.

On le voit donc, lors d'une séance d'apprentissages, plusieurs types de supports écrits (physiques ou numériques) vont être mis en jeu :

- Les documents distribués à la classe par l'enseignant (présentation de la situation, de la problématique, ressources liées à celle-ci, fiches méthodes, notices techniques, fichiers informatiques...);
- Les productions individuelles et/ou collectives des élèves (brouillons, mise en forme de conjectures ou d'hypothèses, compte rendus d'expérimentations, feuilles de calculs, recueils de données expérimentales...).

Tous ces documents doivent faire l'objet d'une réflexion particulière et d'une explicitation quant à leur gestion : doit-on tous les conserver une fois le travail effectué ? Sous quelle forme sont-ils stockés (papier, numérique, les deux, en double...) ? À quel endroit (classeur de classe, cahier propre de l'élève, espace numérique accessible pendant et hors temps de classe).

Quelle que soit la solution retenue par l'enseignant, l'élève devra impérativement conserver les éléments de synthèse qui auront été établis de façon collective lors de chaque séance d'apprentissages. Ces synthèses, formulées par la classe avec l'aide éventuelle et la nécessaire validation du professeur, sont des documents que l'élève aura à réutiliser lors de séances ultérieures ou dans le cadre du travail en autonomie hors temps scolaire. Elles constituent donc pour lui une référence et doivent clairement apparaître comme des écrits d'importance. Le professeur aura donc la charge d'organiser le cahier de l'élève afin de les mettre en évidence.

L'annexe I de ce document donne un exemple (qui n'est pas normatif) de structuration d'écrits d'élèves. Dans cette présentation, il est indiqué :

- le domaine des mathématiques ou des sciences physiques et chimiques dans lequel la séance se situe. Cette indication a une double vocation : aider à la structuration des connaissances par le rattachement de celles-ci à un domaine mathématique ou scientifique précis d'une part et permettre aux élèves, par ce même rattachement, d'acquérir une méthodologie de recherche documentaire (en ciblant les requêtes ou en utilisant les domaines mathématiques ou scientifiques comme mots clés par exemple) ;
- La thématique ou le thème dans lequel la séance s'inscrit afin de lier, à la situation étudiée, les capacités et les connaissances mises en jeu afin de faciliter leur réinvestissement. Ces mêmes capacités et connaissances apparaîtront également dans le document-élève.

#### **IV- EXEMPLES DE DEMARCHE D'INVESTIGATION**

Huit exemples de séances mettant en œuvre une démarche d'investigation sont proposés ci-après ; la première est accompagnée d'une proposition de scénario. Pour les sept autres, des commentaires, rédigés à partir des observations faites lors de leur mise en œuvre en classe, sont proposés en ANNEXE II de ce document et ont vocation à servir de guide pour la construction du scénario de chacune d'entre-elles.

En entête de chacun de ces exemples, sont précisés les capacités et les connaissances abordées avec la formulation utilisée par les programmes ; il appartient à l'enseignant d'opérer un travail de transposition de ces intitulés afin d'en obtenir une reformulation plus accessible aux élèves dans le document qui leur est distribué.

### Exemple I : démarche d'investigation à partir d'une situation déjà mathématisée

DOMAINE Classe	CAPACITÉS	CONNAISSANCES	SUJET Thématique
Analyse Terminale	Résoudre des équations du type $\ln(ax) = b$ (avec $a > 0$ )	Processus de résolution d'équations du type $\ln(ax) = b$ (avec $a > 0$ )	Développement durable

#### Situation

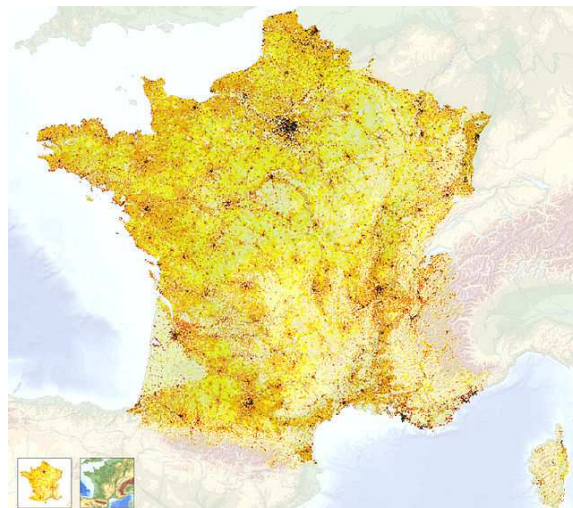
Entre 1950 et 2000, l'évolution de la population française obéit à la formule suivante :

$$f(x) = -5\,430\,718 + 722\,457 \ln(x)$$

où  $x$  représente l'année et  $f(x)$  le nombre d'habitants en milliers.

#### Problématique

***En quelle année la France a-t-elle atteint les 50 millions d'habitants ?***



#### Synthèse : Comment résoudre algébriquement une équation du type $\ln(x) = b$ ?

#### Quand ?

Lorsque l'on souhaite trouver la valeur de  $x$  dans une équation qui contient  $\ln x$ .

#### Comment résoudre par exemple $\ln(x) = 7,5862$ ?

Résolution		Exemple
1	Prendre l'exponentielle de chaque membre	$e^{\ln(x)} = e^{7,5862}$
2	Utiliser la propriété $e^{\ln(x)} = x$	$x = e^{7,5862}$
3	Utiliser la calculatrice :	$x = 1970,8$

## **Exemple I : scénario de la séance**

### **Etape 1 : présentation de la situation et de la problématique**

La situation et la problématique sont présentées à la classe, sous forme papier ou vidéo projetée. Eventuellement lue par un élève.

### **Etape 2 : appropriation du problème par les élèves**

Les élèves sont répartis en petits groupes de travail. L'enseignant circule entre les groupes et vérifie l'appropriation du problème par les élèves, éventuellement par un questionnement : « *Que représente  $f(x)$  ?* », « *Que représente  $x$  ?* », « *Quelle est l'unité de  $f(x)$  ?* », « *Que cherche-t-on à calculer ?* ».

### **Etape 3 : choix d'une méthode de résolution**

Chaque groupe propose et explique par écrit la méthode qu'il va utiliser pour résoudre le problème. L'enseignant circule dans les groupes, écoute leurs propositions, et éventuellement guide les élèves jusqu'à ce que la méthode proposée soit opérationnelle.

Il est intéressant, quitte à orienter certains groupes, d'avoir différentes méthodes de résolution (numérique, graphique, algébrique, avec ou sans TIC, ...)

### **Etape 4 : Mise en œuvre de la méthode**

Les groupes mettent ensuite en œuvre la méthode choisie. L'enseignant suit les démarches de chaque groupe, et si nécessaire les aide à mener à bien leur résolution.

En particulier, dans le cas des groupes ayant choisi d'utiliser la méthode algébrique, l'enseignant intervient lorsque se présente l'obstacle de la résolution de  $\ln(x) = 7,5862$ . Les élèves ont déjà étudié les fonctions logarithme népérien et exponentielle, et savent que ce sont deux fonctions réciproques. On peut donc les amener à utiliser cette propriété en appliquant la fonction exponentielle aux deux membres de l'équation.

### **Etape 5 : Confrontation et validation**

Le rapporteur de chacun des groupes présente à la classe sa méthode de résolution et le résultat obtenu. Chaque méthode est commentée (précision, reproductibilité dans une autre situation, difficulté, efficacité, ...).

Les élèves notent les remarques qui ont été faites sur la méthode qu'ils ont utilisées dans la partie « issue de la confrontation avec la classe ».

### **Etape 6 : Structuration**

La synthèse est faite de manière collégiale : « *Qu'avons-nous appris à faire aujourd'hui ?* », et éventuellement reformulée par l'enseignant pour plus de clarté.

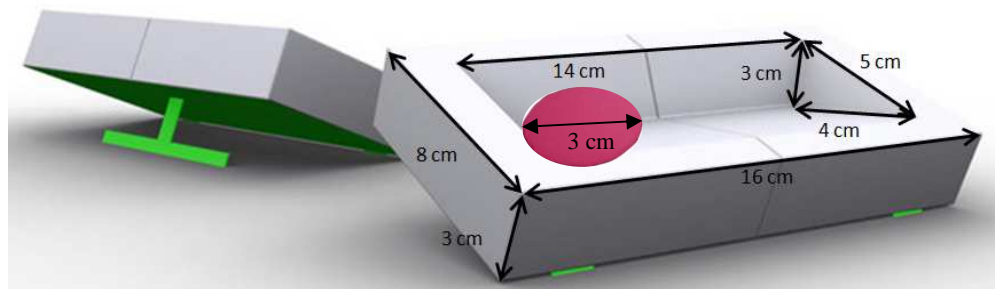
**Exemple II : démarche d'investigation permettant de réactiver des connaissances et capacités abordées au collège**

DOMAINE Classe	CAPACITÉS	CONNAISSANCES	SUJET Thématique
Géométrie Seconde	Isoler, reconnaître et construire en vraie grandeur une figure plane extraite d'un solide usuel à partir d'une représentation en perspective cavalière. Utiliser les formules pour calculer l'aire d'une surface.	Figures planes usuelles : triangle, carré, rectangle. Formule de l'aire d'un triangle, d'un rectangle, d'un disque, d'un carré.	Vie économique et professionnelle Concevoir un produit

**Situation :**

Le canapé Hardline de Cédric Ragot...

La maquette de ce canapé possède une structure en bois et une assise en mousse recouverte de cuir.



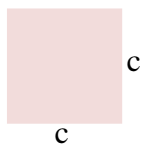
Pour la fabriquer, le designer a besoin du patron de la partie textile, et de connaître la superficie de cuir nécessaire.

**Problématique :** *Pouvez-vous l'aider ? (N'oubliez pas le coussin en cuir rouge !)*

**Synthèse :**

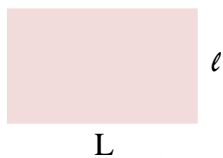
**Formules d'aires**

Aire d'un carré :



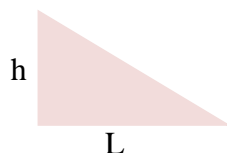
$$A = c \times c$$

Aire d'un rectangle :



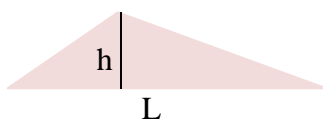
$$A = L \times l$$

Aire d'un triangle rectangle :



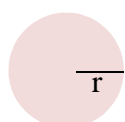
$$A = \frac{L \times h}{2}$$

Aire d'un triangle :



$$A = \frac{L \times h}{2}$$

Aire d'un disque :



$$A = \pi \times r^2$$

### **Exemple III : démarche d'investigation permettant de justifier l'utilisation du tableur**

<b>DOMAINE Classe</b>	<b>CAPACITÉS</b>	<b>CONNAISSANCES</b>	<b>SUJET Thématique</b>
Statistique et probabilités Seconde	<i>Expérimenter, d'abord à l'aide de pièces, de dés ou d'urnes, puis à l'aide d'une simulation informatique prête à l'emploi, la prise d'échantillons aléatoires de taille <math>n</math> fixée, extraits d'une population ou la fréquence <math>p</math> relative à un caractère est connue.</i>	<i>Tirage au hasard et avec remise de <math>n</math> éléments dans une population ou la fréquence <math>p</math> relative à un caractère est connue. Stabilisation relative des fréquences vers la probabilité de l'événement quand <math>n</math> augmente.</i>	Vie sociale et loisirs Jouer avec le hasard

**Situation** : Lorsque je lance un dé, j'ai une chance sur six de tomber sur la face 6.

**Problématique** : *Est-ce que si je lance six fois le dé, je suis sûr d'obtenir un 6?*



**Synthèse** : **Stabilisation relative des fréquences vers la probabilité de l'évènement quand  $n$  augmente**

Quand on augmente le nombre de tirage (c'est-à-dire la taille de l'échantillon), la fréquence d'un évènement se stabilise vers sa probabilité.

**Exemple IV** : démarche d'investigation permettant d'utiliser une connaissance abordée précédemment dans la progression

DOMAINE Classe	CAPACITÉS	CONNAISSANCES	SUJET Thématique
Statistique et probabilités 2de	Évaluer la probabilité d'un événement à partir des fréquences.	Stabilisation relative des fréquences vers la probabilité de l'événement quand $n$ augmente.	Vie sociale et loisirs Jouer avec le hasard

**Situation** : *Paradisewood* est un jeu de rôle utilisant un système de jeu inspiré du

Craps :

Sur un résultat de 7, on obtient une victoire.

Sur un résultat de 2, 3 ou 12, on obtient une défaite.

Sur tout autre résultat, on obtient un nul.



**Problématique** : *Est-il plus avantageux de jouer avec un dé à 12 faces ou avec deux dès à 6 faces ?*



**Synthèse** : Comment estimer une probabilité ?

Sachant que quand le nombre de tirage est grand, la fréquence d'un évènement se stabilise vers sa probabilité, on peut utiliser une simulation informatique pour estimer la probabilité d'un évènement.

**Exemple V : démarche d'investigation permettant de travailler la proposition de protocole**

DOMAINE Classe	CAPACITÉS	CONNAISSANCES	QUESTION
Thermique Cycle terminal	Vérifier expérimentalement que deux corps en contact évoluent vers un état d'équilibre thermique.	Savoir que c'est la quantité de chaleur transférée et non la différence de température qui procure la sensation de froid ou de chaud.	Pourquoi le métal semble-t-il plus froid que le bois ?

**Problématique : Quel revêtement de sol choisir pour ma chambre ?**



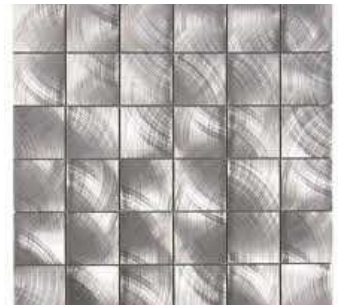
Carrelage ?



Parquet ?



Moquette ?



Dalle métal ?

**Synthèse : Sensation de chaud et de froid**

C'est la quantité de chaleur transférée et non la différence de température qui procure la sensation de froid ou de chaud.



**Exemple VI : démarche d’investigation permettant d’apporter des capacités et connaissances nouvelles, et de réinvestir des capacités et connaissances abordées plus tôt dans la progression**

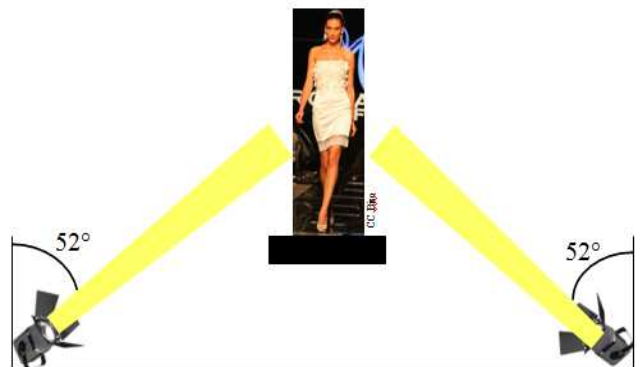
DOMAINE Classe	CAPACITÉS	CONNAISSANCES	THEME
Optique Cycle terminal	Déterminer expérimentalement l’angle limite de réfraction et vérifier expérimentalement la réflexion totale.	Connaitre les conditions d’existence de l’angle limite de réfraction et du phénomène de réflexion totale.	Comment dévier la lumière ?

**Situation** : Un styliste souhaite organiser son défilé sur un ponton installé sur une piscine.

La piscine est vidée pour pouvoir installer des spots étanches, dont la direction est précisément réglée pour que les mannequins soient éclairés.

La piscine est de nouveau remplie.

Mais le soir du défilé, c’est la catastrophe : les spectateurs ne voient pas les mannequins car ils ne sont pas éclairés ! Et pourtant les spots fonctionnent...



**Problématique** : *Que s’est-il passé ?*

**Synthèse : Angle limite de réfraction**

- Lorsque l’on passe d’un milieu 1 à un milieu 2, et que  $n_1 > n_2$ , il existe un angle à partir duquel il n’y a plus de réfraction.
- On peut le mesurer expérimentalement : on augmente petit à petit l’angle d’incidence, et on note l’angle à partir duquel il n’y a plus de rayon réfracté.
- Ou le calculer à partir de la relation  $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ , en considérant que l’angle maximum de réfraction ( $i_2$ ) est  $90^\circ$ .

## Exemple VII : démarche d'investigation permettant d'introduire l'ExAO

DOMAINE Classe	CAPACITÉS	CONNAISSANCES	QUESTION
Thermique 2de	Relever des températures. Vérifier expérimentalement que lors d'un changement d'état, la température d'un corps pur ne varie pas.	Savoir qu'un changement d'état consomme de l'énergie.	Quelle est la différence entre température et chaleur ?

Pendant les vacances, je me suis baignée dans un torrent glacé à la montagne: l'eau était à  $-10^{\circ}\text{C}$  !

Je ne te crois pas, c'est impossible...

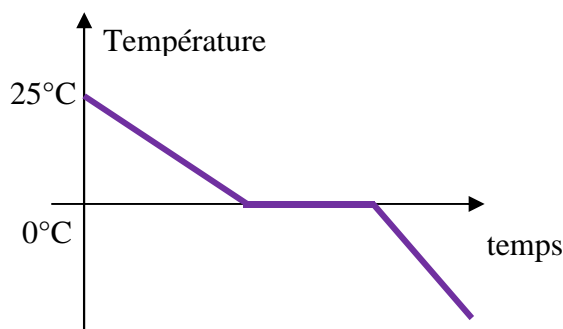
**Situation :**



**Problématique :** *Que pensez-vous de cette conversation ?*

**Synthèse :** Changement d'un corps pur

- Lors d'un changement d'état, la température d'un corps pur ne varie pas.
- Exemple de la courbe de refroidissement de l'eau :



## Exemple VIII : démarche d'investigation permettant d'apporter des connaissances nouvelles

DOMAINE Classe	CAPACITÉS	CONNAISSANCES	QUESTION
Thermique 2de		Savoir qu'un changement d'état libère ou consomme de l'énergie.	Quelle est la différence entre température et chaleur ?

### Situation :

Pour votre anniversaire, un ami vous a offert une « bouillotte magique ».

La notice d'utilisation est :

« La bouillotte magique chauffe seule : en cliquant sur la petite pastille métallique visible à l'intérieur, l'utilisateur déclenche une cristallisation du contenu : la chaleur commence à diffuser (52°C maximum).

La bouillotte peut être ramenée à son état d'origine (liquide) pour un nouvel usage, en la plongeant dans de l'eau très chaude. »



### Problématique : S'agit-il vraiment de magie ?

### Synthèse : Changement d'état d'un corps pur et énergie

Un changement d'état

- consomme de l'énergie (par exemple la fusion du liquide contenu dans la bouillote).
- ou
- libère de l'énergie (par exemple la solidification du liquide dans la bouillote).

## **ANNEXE I : Proposition de structuration d'écrits d'élèves**

*(Sur deux documents format A4)*

DOMAINE	CAPACITES	CONNAISSANCES	THÈME SUJET
---------	-----------	---------------	----------------

SITUATION / PROBLÉMATIQUE / CONSIGNES  
EVENTUELLES SUR LES ATTENDUS

### **SYNTHÈSE**

*Proposée par les élèves de manière collégiale et  
retravaillée avec le professeur (vocabulaire,  
définition, théorème, propriétés ...)*

PROPOSITION DU GROUPE

RÉSOLUTION DU PROBLÈME / EXPÉRIENCE

ISSUE DE LA CONFRONTATION AVEC LA  
CLASSE

## ANNEXE II

### Commentaires sur les exemples de démarche d'investigation

#### **Exemple II : démarche d'investigation permettant de réactiver des connaissances et capacités abordées au collège**

Chaque groupe propose par écrit un patron. L'enseignant circule dans les groupes, écoute les propositions, et vérifie que le patron est valide. Il peut être intéressant de laisser certains groupes travailler sur un patron non valide (à partir du moment où le calcul de l'aire est possible), et faire invalider par la classe les propositions fausses au moment de la confrontation.

Chaque groupe calcule ensuite l'aire de cuir nécessaire, à partir de son patron. Là encore, l'enseignant vient en aide aux groupes en difficulté, en rappelant éventuellement les formules de calcul d'aires de surfaces planes lorsque les élèves le demandent.

Dans chacun des groupes, un rapporteur présente à la classe son patron, sa méthode de calcul et le résultat obtenu.

La validité des patrons est alors vérifiée.

Les élèves notent les remarques qui ont été faites sur leur patron, leurs calculs et leur résultat dans la partie « issue de la confrontation avec la classe ».

Lors de la phase de structuration, les formules de calcul des aires du carré et du triangle quelconque sont ajoutées à la synthèse, soit de manière collégiale, soit données par l'enseignant si aucun élève ne se souvient des formules.

#### **Exemple III : démarche d'investigation permettant de justifier l'utilisation du tableur**

Chaque groupe répond par écrit à la problématique en argumentant (par exemple : « *J'ai lancé six fois le dé et je n'ai pas eu de 6* » (expérimentation physique), ou « *Si je lance six fois un dé et que j'obtiens 1 2 3 4 5 1, (ce qui est possible), j'aurai un tirage sans 6* » (construction d'un contre-exemple)).

Vient ensuite une étape de confrontation qui va permettre à chaque groupe de présenter son argumentation. Les élèves notent les remarques faites sur leur présentation dans la partie « Issue de la confrontation avec la classe ». Une fois la réponse à la question apportée (« non »), l'objectif est de faire émerger au travers d'une discussion avec la classe, deux nouvelles questions : « Si on augmente le nombre de lancers est-ce que le nombre de chance de voir apparaître un six va augmenter ? » « Lorsque le nombre de lancers est très grand, que peut-on dire de la fréquence d'apparition du 6 ? »

Il faut faire émerger l'idée qu'une réponse expérimentale à ces deux nouvelles questions suppose d'effectuer un très grand nombre de lancers. L'expérimentation physique semble atteindre ses limites : présentation de la simulation informatique par utilisation du tableur.

Conclusion : qu'en est-il de la fréquence d'apparition du 6 lorsque l'on effectue un grand nombre de lancers ?

#### **Exemple IV : démarche d'investigation permettant d'utiliser une connaissance abordée précédemment dans la progression**

L'enseignant aide les groupes à s'approprier le problème, éventuellement par un questionnement. « *Quels sont les tirages qui permettent de gagner ?* » « *Quels sont ceux qui font perdre ?* » « *Quelle différence entre un dé 12 faces et deux dés 6 faces vis-à-vis de ces tirages ?* »

Chaque groupe propose par écrit une réponse a priori et une méthode qui permettra de justifier la réponse. Les élèves peuvent s'orienter vers le calcul des probabilités de gain ou de perte dans chaque cas (plus compliqué pour les deux dés à 6 faces), ou vers une simulation informatique de la situation. Pour les groupes qui effectuent ce dernier choix, l'outil de simulation est fourni par l'enseignant.

Chaque groupe met en œuvre sa méthode, note ses conclusions, puis présente son travail à la classe.

L'enseignant organise alors une analyse critique des méthodes et résultats obtenus : la simulation informatique permet d'approcher suffisamment la probabilité de chacun des événements pour conclure dans ce cas, et permet de s'affranchir d'un calcul de probabilité.

### **Exemple V : démarche d'investigation permettant de travailler la proposition de protocole**

La réponse « de bon sens » vient assez rapidement : « *la moquette ou le parquet parce que c'est plus chaud que le carrelage ou le métal* ». L'enseignant peut alors aider les élèves à se questionner pour les amener à se rendre compte de l'incohérence de leur justification: « *Plus chaud comment ? De combien ?* ». L'objectif est d'orienter les élèves vers une mesure de température des différents échantillons, et de constater que cette explication n'est pas valide.

Si l'hypothèse du transfert de chaleur ne vient pas des élèves, l'enseignant peut alors intervenir pour expliquer que la différence entre ces différents matériaux n'est pas la température, mais la manière dont ils vont transférer la chaleur de la main qui les touche.

Chaque groupe propose alors par écrit un protocole permettant de valider ou d'invalider l'hypothèse précédente. L'enseignant circule dans les rangs et aide les élèves à rendre leur protocole opérationnel, sans toutefois le corriger totalement. Les protocoles qui présentent des insuffisances ou des erreurs seront corrigés de manière collégiale lors de la confrontation avec la classe.

### **Exemple VI : démarche d'investigation permettant d'apporter des capacités et connaissances nouvelles, et de réinvestir des capacités et connaissances abordées plus tôt dans la progression**

Chaque groupe propose par écrit une hypothèse explicative, et une expérience, ou un calcul qui permettra de vérifier cette hypothèse. Les élèves connaissent le phénomène de réfraction et la relation  $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$  qui ont été vus plus tôt dans la progression.

Une fois l'expérience réalisée, elle est présentée à la classe au cours d'une phase de confrontation. Chaque proposition est commentée, et les protocoles expérimentaux vérifiés.

Lors de la phase de structuration, les conditions d'existence de l'angle limite observé sont discutées (si cela n'est pas apparu avant dans la séance) à partir d'erreurs d'élèves (inversion des indices  $n_1$  et  $n_2$  dans le calcul, inversion des deux milieux dans l'expérience ...) ou à partir d'un questionnement de l'enseignant.

### **Exemple VII : démarche d'investigation permettant d'introduire l'ExAO**

Chaque groupe propose par écrit une réponse a priori et une expérience permettant de valider ou d'invalider son hypothèse. La phase de confrontation si situe à ce niveau-là de la séance : si aucun groupe ne le propose, l'enseignant peut alors orienter l'expérience vers un refroidissement de l'eau (à l'aide de mini-congélateurs) et le tracé d'une courbe de refroidissement.

La prise des mesures et le tracé d'une courbe de température sur papier millimétré (ou même à l'aide d'un tableur) s'avèrent souvent long et fastidieux. Cette séance a donc pour but de montrer les avantages d'un dispositif ExAO. Le matériel est présenté aux élèves, et pour cette première utilisation, un protocole est proposé.

La courbe de température est tracée par chaque groupe.

L'interprétation de la courbe est faite en classe entière et la discussion est guidée par l'enseignant. Puis la synthèse est faite de manière collégiale.

### **Exemple VIII : démarche d'investigation permettant d'apporter des connaissances nouvelles**

Chaque groupe propose par écrit une explication argumentée à ce phénomène. L'enseignant circule entre les groupes et aide les élèves à formuler leurs idées.

La phase de confrontation permet de discuter de la crédibilité des explications proposées.

Une recherche documentaire sur le fonctionnement de ce type de bouillotte est proposée à la classe (et effectuée par chacun des groupes) pour valider ou invalider les hypothèses retenues. Les élèves notent l'explication finalement validée en réponse à la problématique.

## ANNEXE III

### **Exemples de modèles d'enseignement des sciences**

D'après *Activités expérimentales en physique-chimie : enjeux de formation*, IGEN, Rapport n°2011-111, octobre 2011

En fonction des objectifs de formation, différentes démarches peuvent être mises en œuvre.

#### **I- La démarche inductive ou démarche constructiviste**

Dans cette démarche, l'enseignant propose à l'élève d'étudier des situations particulières, où tous les obstacles ont été lissés, situations à partir desquelles il va reconstituer, dans un esprit de « découverte », quelques éléments choisis d'une théorie. A partir des résultats obtenus, les élèves sont ensuite invités à généraliser pour aboutir aux capacités et connaissances du programme. Cette démarche consiste ainsi à « **aller du particulier au général** ».

L'utilisation de cette démarche peut être utile à la construction des connaissances, cependant, si elle est systématiquement utilisée, elle risque de donner une vision réductrice de l'activité scientifique sur le plan de la validation des connaissances.

En effet, l'autonomie des élèves n'y est pas suffisamment mobilisée, et les attitudes telles que la curiosité, le goût de chercher et de raisonner, ou l'esprit critique ne trouvent pas l'occasion de s'y manifester. L'élève n'est jamais ici conduit à poser un problème, formuler une hypothèse, ou émettre une conjecture.

Un autre inconvénient de cette démarche en sciences physiques est d'entretenir la confusion entre le monde des objets et le monde des théories et des modèles. L'élève n'est pas toujours capable de dire dans quel monde il raisonne, et le fait d'écrire une relation générale à partir d'une situation particulière pourrait l'amener à confondre la réalité et le modèle.

#### **II- La démarche déductive**

La démarche déductive consiste au contraire à « **aller du général au particulier** ». On ne demande pas ici non plus à l'élève de poser un problème, ni même de formuler une hypothèse ; l'objectif de cette démarche est plutôt la présentation et la mise à l'épreuve du modèle ou de concept, et non l'élaboration de celui-ci. L'intérêt est alors d'explorer plus largement le domaine de validité des lois et modèles, et l'élève y trouvera un cadre pour exercer son esprit critique.

#### **III- La démarche d'investigation ou démarche hypothético-déductive**

L'objectif de cette démarche est d'intégrer une part plus forte de raisonnement et d'autonomie dans l'activité de l'élève. Elle nécessite la mise en place d'une situation didactique construite autour d'un problème à résoudre, appelée situation-problème. Elle permet la prise en compte des représentations initiales des élèves, lors de la phase de problématisation et de formulation d'hypothèses ou de conjectures. Même si cette démarche demeure en pratique souvent très linéaire dans le cas des sciences physiques, de type « PHERIC » (Problème – Hypothèse(s) - Expérience – Résultat(s) – Interprétation – Conclusion) ou « OHERIC » (Observation – Hypothèse(s) - Expérience – Résultat(s) – Interprétation – Conclusion), on peut la considérer comme une adaptation à l'échelle de la classe de l'expérimentation scientifique. L'élève construit ainsi son savoir en passant d'une représentation initiale à une représentation finale.

Lorsque cette démarche est conduite par un petit groupe d'élève, on parle de démarche socioconstructiviste. Passer par une phase d'interaction avec ses pairs, voire de conflit sociocognitif, permet une meilleure appropriation et une plus grande stabilisation des savoirs.

#### **IV- La démarche expérimentale de projet**

Une démarche de projet est une forme d'organisation sur le long terme pour mener une activité de recherche. Elle n'est pas spécifique à l'activité scientifique et se compose généralement en plusieurs étapes :

- L'état des lieux
- L'élaboration de la stratégie à conduire
- La planification du projet
- La conduite du projet

Elle va permettre de mettre l'élève dans l'obligation de s'approprier suffisamment une question pour produire un résultat de son activité dans le but de le communiquer.

Cette démarche développera de manière très efficace la compétence « communiquer », ainsi que des attitudes telles que la ténacité, la rigueur et la persévérance.

## ANNEXE IV

### **Exemples de modèles d'enseignement scientifique fondés sur des démarches d'investigation (ESFI), en mathématiques**

Différents dispositifs peuvent être mis en œuvre pour aborder l'enseignement des mathématiques sous la forme de démarches d'investigations ; certains, pourtant utilisés à l'école primaire ou au collège, ne se situent néanmoins pas dans l'esprit des programmes du lycée professionnel.

#### Les situations problèmes

(D'après une proposition de définition de Jean-Pierre ASTOLFI)

Une situation-problème est organisée autour du franchissement par la classe, d'un obstacle préalablement bien identifié.

La situation a un caractère concret, qui permette effectivement à l'élève de formuler hypothèses et conjectures. Il ne s'agit donc pas d'une étude épurée, ni d'un exemple ad hoc, à caractère illustratif.

Les élèves perçoivent la situation qui leur est proposée comme une véritable énigme à résoudre, dans laquelle ils sont en mesure de s'investir.

Les élèves ne disposent pas, au départ, des moyens de la solution recherchée, en raison de l'existence de l'obstacle qu'ils doivent franchir pour y parvenir. C'est le besoin de résoudre qui conduit l'élève à élaborer ou à s'approprier collectivement les instruments intellectuels qui seront nécessaires à la construction d'une solution.

La situation doit offrir une résistance suffisante, amenant l'élève à y investir ses connaissances antérieures disponibles ainsi que ses représentations, de façon à ce qu'elle conduise à leur remise en cause et à l'élaboration de nouvelles idées.

La solution ne doit pourtant pas non plus être perçue comme hors d'atteinte pour les élèves. L'activité doit se situer dans une zone proximale.

L'anticipation des résultats et son expression collective précèdent la recherche effective de la solution.

Le travail de la situation-problème fonctionne ainsi sur le mode du débat scientifique à l'intérieur de la classe, stimulant les conflits sociocognitifs potentiels.

La validation de la solution et sa sanction n'est pas apportée de façon externe par l'enseignant, mais résulte du mode de structuration de la situation elle-même.

Le réexamen collectif du cheminement parcouru est l'occasion d'un retour réflexif, à caractère métacognitif ; il aide les élèves à conscientiser les stratégies qu'ils ont mises en œuvre de façon heuristique, et à les stabiliser en procédures disponibles pour de nouvelles situations-problèmes.

#### Les tâches complexes en mathématiques

Une tâche complexe peut se définir par opposition à un exercice d'application, un exercice de travail d'une technique ou un problème découpé et structuré en une série de questions.

Elle doit proposer une situation suffisamment ouverte pour que sa résolution nécessite la construction d'étapes intermédiaires et puisse s'effectuer de différentes façons.

Un exercice ou un problème de mathématiques possède trois niveaux d'ouverture possibles :

- Ouverture par les données (surabondance, manque, données intermédiaires à construire)
- Ouverture par les procédures (les techniques de résolution ne sont pas directement appelées dans l'énoncé et peuvent être multiples.)
- Ouverture par les questions. (l'exercice décrit une situation dont il faudra trouver quelque chose à dire.)

Les tâches complexes sont un outil très adapté à l'évaluation de l'acquisition de compétences ; elles sont plus difficiles à utiliser pour introduire de nouvelles notions.

#### Les situations de recherche pour la classe (SiRC)

L'objectif des SiRC est l'apprentissage des savoir-faire fondamentaux pour faire des mathématiques, tels : expérimenter, étudier des cas particuliers, modéliser, formuler des conjectures et les étudier par la production d'exemples et contre-exemples, argumenter, distinguer condition nécessaire/condition suffisante, définir, prouver. Elles pourraient être comparées aux activités de type *maths en jean's* ou *stage Hippocampe*, mais c'est un dispositif qui a pour particularité d'être mis en œuvre pendant le temps de classe.

Une SiRC peut être décrite à partir d'une caractérisation en cinq points :

- *Inscription dans une problématique de recherche professionnelle.* Elle doit être proche de questions mathématiques non résolues.
- *La question initiale est facile d'accès.* En particulier, pour que la question soit facile à comprendre par l'élève, le problème doit se situer hors des mathématiques formalisées.



- *Des stratégies initiales existent, sans que soient indispensables des pré-requis spécifiques.*
- *Plusieurs stratégies d'avancée dans la recherche et plusieurs développements sont possibles, aussi bien du point de vue de l'activité mathématique (construction, preuve, calcul) que du point de vue des notions mathématiques.*
- *Une question résolue peut renvoyer à une nouvelle question : la situation n'a pas de « fin », il n'y a que des critères de fin locaux.*

Une autre particularité des SiRC est que leur contextualisation par un problème « de la vie courante » n'est ni nécessaire ni souhaité ; ce sont généralement des situations internes aux mathématiques.

Leur proximité avec les questions vives de la recherche en mathématiques constitue une contrainte de mise en œuvre assez forte et rend ce dispositif peu pertinent lorsque l'on veut introduire en classe de nouvelles notions difficiles.

### **Les problèmes ouverts**

*Le problème ouvert* est une situation d'enseignement qui place l'élève dans la position d'un mathématicien confronté à un problème dont il ne connaît pas la solution. Il devra donc mettre en œuvre une « démarche scientifique » : essayer, conjecturer, tester, prouver.

Contrairement à *l'enseignement par problèmes* qui vise à faire acquérir certaines notions mathématiques au moyen de problèmes choisis à cet effet et qui sous-entend que les mathématiques sont une science constituée à laquelle on s'initie sous la conduite d'un maître ou contrairement à *l'initiation à la modélisation* visant à mathématiser un problème concret et qui sous-entend donc que les mathématiques sont un outil de résolution pour des problèmes externes aux mathématiques, *l'enseignement par problèmes ouverts* considère les mathématiques comme une science vivante avec son propre développement et sa propre logique.

Ce mode d'enseignement est davantage axé sur l'acquisition de compétences que de connaissances. Lorsqu'il est mis en œuvre, il est appelé à coexister avec l'enseignement par problème et l'initiation à la modélisation afin de présenter un autre aspect de l'activité mathématique.

### **La narration de recherche**

Cette activité consiste à proposer aux élèves de travailler sur un problème choisi hors de toute contrainte de programme, puis de rédiger un compte rendu de leur recherche qui décrive toutes les idées, toutes les pistes suivies, y compris celles qui n'ont pas abouti.

Dans ce dispositif, on attache plus d'importance à la description de la recherche qu'à l'obtention du résultat. Ne pas trouver ou trouver un résultat faux est secondaire. L'élève est ainsi amené à porter son attention sur la recherche proprement dite : comprendre pourquoi telle idée ne sera pas utile, faire des retours en arrière, profiter de la confrontation avec le reste de la classe.

C'est l'exercice de métacognition par excellence.

La narration de recherche peut être proposée en travail de groupe ou de manière individuelle ; dans ce dernier cas, elle est particulièrement adaptée au format du « devoir maison ».

### **Les parcours d'étude et de recherche (PER)**

Il s'agit de motiver, à partir d'une question problématique dévolue aux élèves, l'étude d'une partie d'un secteur ou d'un domaine mathématique. Un des objectifs des PER est de rompre un découpage de l'enseignement des mathématiques en chapitres traitant d'un sujet restreint et de faire ainsi à nouveau émerger de grandes questions problématiques (*Comment mesurer, comment calculer, comment comparer des grandeurs ? Comment dénombrer l'effectif d'une collection ? Comment construire ou reproduire un objet géométrique ?...*)

Les étapes d'un PER :

- Dégager dans les textes du programme, des *questions à fort pouvoir générateur d'études et de recherches.*
- Pour chacune de ces questions, imaginer un parcours constitué d'une suite de questions problématiques pouvant faire l'objet d'études et de recherches spécifiques et de questions cruciales servant de guide à l'étude.
- Anticiper l'action du professeur qui, partant d'une question, peut être amené à poser d'autres questions relançant la dynamique de l'étude.

Les PER servent donc à enseigner, avec une pédagogie de l'enquête, des savoirs ciblés et nouveaux. Le professeur tient le rôle d'un directeur d'étude orientant les recherches des élèves à partir de questions appropriées.

Un PER doit être construit par une équipe rassemblant des didacticiens et des enseignants, puis testé en situation dans des classes avant d'être proposé à l'ensemble de la communauté enseignante ; ils ne peuvent donc pas être construits de manière isolée. Les PER s'accompagnent d'une importante documentation explicitant la façon dont ils doivent être mis en passe dans la classe qui doit nécessairement être étudiée par l'enseignant avant la mise en œuvre du parcours.

## RÉFÉRENCES

**BO N°6 19, avril 2007.**

**Programmes de l'enseignement des mathématiques, des SVT, de physique-chimie du collège.**

Annexe 1 : *Introduction commune à l'ensemble des disciplines scientifiques*

**IGEN : Rapport n°2011-111, octobre 2011.**

*Activités expérimentales en physique-chimie : enjeux de formation.*

**Actes de l'EMF Genève 2012** (Espace Mathématiques Francophone 2012).

*Enseignement des mathématiques et contrat social. Enjeux et défis pour le 21<sup>e</sup> siècle.*

Groupe de travail n°10 : *La démarche d'investigation dans la classe de mathématiques : fondements et pratiques.*

[http://www.emf2012.unige.ch/index.php?option=com\\_content&view=article&id=61](http://www.emf2012.unige.ch/index.php?option=com_content&view=article&id=61)

**Collectif – Sous la direction de Michel GRANGEAT ;**

*Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe.*

Presses Universitaires de Grenoble. Mars 2013.

**APMEP : Groupe « Problématiques Lycée ».**

*Pour un enseignement problématisé des Mathématiques au Lycée. En référence privilégiée à des contenus.*

Tome 1. Brochure n°150 Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public. Juin 2003.

**APMEP : Groupe « Problématiques Lycée ».**

*Pour un enseignement problématisé des Mathématiques au Lycée. En référence privilégiée à des objectifs méthodologiques.*

Tome 2. Brochure n°154 Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public. Juin 2003.

**Collectif – Coordonné par Freddy BONAFÉ.**

*Les narrations de recherche de l'école primaire au lycée.*

Coédition : IREM de Montpellier - Brochure n°151 Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public. Décembre 2002.

*Ont participé à la rédaction de ce document*

**François KUHN.**

Inspecteur de l'Éducation nationale de mathématiques et de sciences physiques et chimiques

**François MOUSSAVOU.**

PLP mathématiques et sciences physiques et chimiques.

**Pierre PARIAUD.**

Inspecteur de l'Éducation nationale de mathématiques et de sciences physiques et chimiques.

**Valérie THÉRIC.**

PLP mathématiques et sciences physiques et chimiques.

**Jean-Marc VIDAL.**

Inspecteur de l'Éducation nationale de mathématiques et de sciences physiques et chimiques