

Atelier D : « Convergence Mathématiques / Sciences Physiques au collège »

Problématique

Impulser une réflexion et une coordination entre les membres des équipes de Mathématiques et de Sciences Expérimentales est-il susceptible de renforcer la cohérence inter-disciplinaire aux yeux des élèves ? Il est, en effet, important que les enseignants du pôle scientifique prennent conscience de l'interpénétration des disciplines et de leurs exigences communes, de manière à ajuster leurs pratiques. La connaissance mutuelle des contenus et des démarches disciplinaires et/ou individuelles contribuera à donner du sens à chaque enseignement.

Les démarches en Mathématiques et en Sciences Expérimentales

La démarche d'investigation :

- Construction du problème : questionnement à partir d'une situation déclenchante qui doit être motivante pour l'élève. Cette situation doit favoriser l'émergence des représentations des élèves sur le sujet d'étude et amener les élèves à formuler le problème en terme de concept(s) scientifique(s).
- Formulation d'hypothèses (*) et choix d'une hypothèse à traiter
- Stratégies de recherche = investigation(*)
- Validation ou non de l'hypothèse retenue : retour à l'hypothèse et confrontation avec le(s) résultat(s) de l'investigation
- Formulation des acquis : institutionnalisation puis applications (et ouvertures)

Les démarches en Mathématiques et en Sciences Expérimentales concordent jusqu'à la formulation des « hypothèses » (conjectures en Mathématiques, réponses possibles en Sciences Expérimentales).

Le traitement qui vient ensuite est :

- en Maths la démonstration ou l'admission du résultat
- en Sciences Expérimentales, l'expérience, l'étude documentaire, l'observation directe d'un phénomène ou la modélisation.

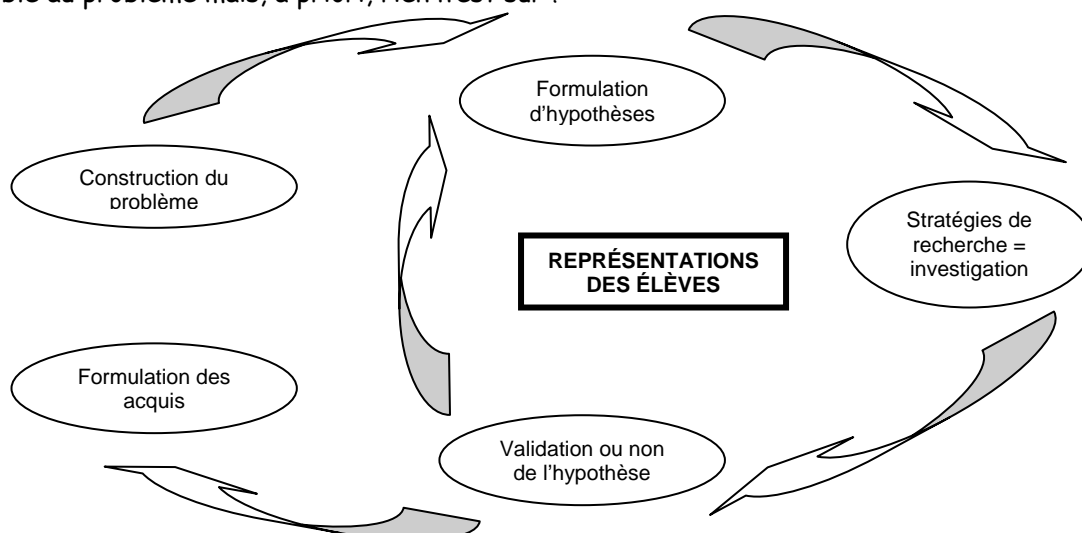
Ensuite :

- la propriété mathématique est forcément validée
- l'hypothèse en Sciences Expérimentales est validée ou non (si elle ne l'est pas, une nouvelle investigation a lieu)

Puis on débouche sur des connaissances.

Remarques :

- ✓ Conjecture en Mathématiques : se dégage après une ou plusieurs manipulation(s) (parfois guidée par le professeur mais pas toujours) qui laisse penser qu'une propriété est probablement vraie !
- ✓ Hypothèse (= réponse possible au problème) en Sciences Expérimentales : l'analyse du problème et la mise en relation des connaissances (et représentations) des élèves sur le sujet conduit à une réponse possible au problème mais, a priori, rien n'est sûr !



La genèse

Au cours de l'année scolaire 2002/2003, une réflexion a été menée conjointement par un groupe de professeurs de Mathématiques et de professeurs de Sciences Physiques en vue d'un stage de FC « Mathématiques / Sciences Physiques (niveau lycée) » (ouvert en 2003/2004 et reconduit cette année avec des aménagements).

Ce besoin de formation a certes été initié par les contenus des documents d'accompagnement des programmes de lycée (en particulier de Terminale S) qui incitent à la convergence des disciplines mais aussi par une demande des professeurs des deux disciplines qui souhaitaient avoir une réflexion commune sur :

- certains concepts qui sont abordés différemment (ex : la fonction exponentielle en TS et la méthode d'Euler, ...)
- des progressions cohérentes dans chacune des disciplines mais en concertation entre matières
- les compétences réelles (et non supposées) des élèves à tel ou tel moment de leur scolarité
- la radioactivité
- ...

Suite à cette réflexion, il est apparu évident qu'une réflexion en amont était nécessaire. Sous l'impulsion conjointe des IA-IPR de Mathématiques et de Sciences Physiques, un groupe de 4 professeurs de Mathématiques et 4 professeurs de Sciences Physiques a été constitué (des compositions de binôme-établissement ont été privilégiées).

L'organisation

Nous nous sommes réunis (les huit formateurs) 4 jours au cours du 1^{er} semestre 2004 et 2 jours cette année.

Nous nous sommes d'abord interrogés sur l'intérêt qu'il y a à rechercher des points de convergence entre les disciplines, en particulier entre les Mathématiques et les Sciences Physiques :

☞ Intérêts pour les élèves :

- montrer que les disciplines ne sont pas cloisonnées
- montrer que des échanges existent
- montrer que les exigences (sur le plan de la rigueur, de la rédaction, ...) sont les mêmes, mais aussi que les divergences apparentes peuvent être explicitées (certaines démarches ne sont, en effet, pas transposables dans les autres disciplines).

☞ Intérêts pour les enseignants :

- Organiser sa réflexion (progressions, activités d'introduction de notions, ...) en cohérence avec les autres disciplines du pôle scientifique, en évitant que l'une d'entre elles devienne un instrument pour l'autre. Les progressions, par exemple, ne peuvent être dictées par les impératifs de l'une ou de l'autre des disciplines.
- Adapter son niveau d'exigences aux compétences réelles (et non supposées !) de ses élèves
- Donner du sens à l'enseignement (pour le professeur de Mathématiques, par exemple, utiliser une situation physique vue (ou à voir) pour illustrer une notion).
- Susciter une réflexion critique des situations proposées dans les manuels, qui ne sont pas toujours adaptées aux contenus et aux connaissances des élèves.
- Prendre conscience de ce que les disciplines peuvent s'apporter l'une l'autre.

Les échanges ont ensuite rapidement porté :

- sur les contenus d'enseignement (repérage des « zones de superposition » possibles, en terme de thèmes et de notions)
- sur les pratiques et les démarches disciplinaires (et individuelles), toujours à la recherche de points de convergence. Ces échanges ont bien entendu aussi montré des points de divergence, ou plutôt des lieux de non-convergence (que ce soit en terme de contenus ou de démarches).

Par exemple :

- le calcul trigonométrique n'est, a priori, pas réinvesti en Sciences Physiques au collège mais rien n'empêche de trouver des situations, au programme, qui permettraient de le faire !
- le statut de la démonstration reste propre aux Mathématiques (pas d'équivalent en Physique, au collège du moins)

Les axes d'étude

Il est à noter que les documents présentés ont parfois été rédigés avant ou au début de ce travail de groupe, que nous n'en sommes pas nécessairement les auteurs et que nous n'avons donc pas souhaité les modifier. Notre réflexion ayant cependant évolué, nous ferons des commentaires en conséquence.

1) Interdisciplinarité :

- a. Activités menées conjointement par le professeur de Mathématiques et le professeur de Sciences Physiques :

→ un exemple : **le pluviomètre**

- ✓ Intérêt du document : il illustre l'interdisciplinarité et pourra s'intégrer dans un des thèmes de convergence des nouveaux programmes (thème 3 : « Météorologie et climatologie »)
- ✓ Modalités : c'est une activité qui a été proposée dans le cadre des IDD sur la météo (niveau 5^{ème}) durant 2h.
- ✓ Objectifs : Comprendre le fonctionnement puis construire un pluviomètre.
- ✓ Points qui posent problème aux élèves (et qui justifient l'interdisciplinarité) :
 - la notion de volume : notion difficile à appréhender
 - la surface libre d'un liquide au repos (difficulté qui n'apparaît pas forcément ici puisque les récipients ne sont pas inclinés)
 - la prévision d'un résultat (liée à la compréhension du concept de volume mais pas seulement : prédire un résultat n'est pas toujours aisé pour un élève de collège)
De plus, ici, pour prévoir quel sera le récipient qui aura le niveau d'eau le plus haut, interviennent plusieurs paramètres (surface d'ouverture (aire), « quantité d'eau » (volume), hauteur d'eau (longueur) et donc plusieurs grandeurs physiques (avec des unités différentes !).
 - l'argumentation
 - la compréhension d'une expression courante (« Il est tombé un mm d'eau ») et sa traduction en terme de grandeurs physiques
 - les unités (cohérence) et les conversions
 - la proportionnalité
 - la précision des mesures (et donc un regard sur la notion de valeur exacte)
 - ...
- ✓ La démarche : On observe un pluviomètre et on constate qu'il est gradué en millimètre mais que les graduations ne correspondent pas à des longueurs !
 - 1) On montre que : (c'est ce qu'on veut faire sentir aux élèves)
 - ☞ le volume d'eau recueilli dans un récipient est fonction de sa surface d'ouverture
 - ☞ la hauteur d'eau varie avec le volume d'eau recueilli mais aussi avec la forme du récipient
 - 2) On traduit, en terme de volume, l'expression « Il est tombé un mm d'eau » (Pour cela, on amène les élèves à comprendre que la hauteur d'eau tombée (1 mm) est donnée par unité de surface) → « Il est tombé un mm d'eau » correspond à « Il est tombé 1L d'eau par m^2 ».

- 3) On introduit alors le récipient qui va nous servir de pluviomètre (et que l'on va graduer).
 - 4) On détermine l'aire de la surface d'ouverture de notre pluviomètre (par mesure du diamètre puis calcul de l'aire).
 - 5) Par proportionnalité, on calcule le volume d'eau recueilli dans le pluviomètre placé sous une pluie de 1mm.
 - 6) On peut alors graduer le pluviomètre.
- ✓ Intérêt en terme d'apprentissage :
 - Même s'ils sont guidés, les élèves ont à résoudre un problème issu de la vie de tous les jours (quelque chose de pratique du moins !).
 - Leur questionnement va nécessairement faire émerger leurs représentations sur le sujet.
 - La confrontation des différents points de vue va permettre de tenter de les dépasser.
 - Ils s'approprient un peu mieux le concept de volume, (mais aussi d'aire et de longueur). L'intérêt ici est de sensibiliser les élèves à la relation qui existe entre ces grandeurs.
 - ✓ Intérêt en terme de motivation par le biais de la manipulation

Remarque : A notre sens, certaines questions mériteraient d'être reformulées !

b. Activités menées successivement par le professeur de Mathématiques et le professeur de Sciences Physiques

→ un exemple : **Théorème de Thalès et propagation rectiligne de la lumière**

- ✓ Intérêt du document : il illustre une autre forme d'interdisciplinarité
- ✓ Modalités : c'est une activité qui a été proposée au niveau 4^{ème}, d'abord en Mathématiques (calculs des positions des différents écrans relativement à la source lumineuse) durant 1h. Puis, en partant des résultats des élèves, la manipulation a eu lieu en Sciences Physiques (pour vérifier ou non les résultats établis en Mathématiques).
- ✓ Objectifs : Utiliser le théorème de Thalès pour résoudre un exercice qui, ici, est suivi d'une manipulation (activité peu fréquente en Mathématiques)

En fait, ici, les Mathématiques permettent de prédire un résultat qui n'a pas été établi par une expérience. Les Mathématiques ne sont donc pas utilisés en tant qu'outil comme c'est souvent le cas en Sciences Physiques !

Remarque : Dans le document-élève, il est noté : « On veut vérifier que la lumière se propage en ligne droite. ». Il s'agit plutôt ici de prévoir les emplacements des 3 écrans pour obtenir une tâche lumineuse sur le tableau, étant entendu que la lumière se propage en ligne droite (l'hypothèse a été faite que la lumière se propage en ligne droite, ainsi, on peut considérer comme données les alignements des points, nécessaires pour l'application du théorème de Thalès) : ce n'est donc pas une vérification ! → à reformuler.

- ✓ Points qui posent problème aux élèves :
 - Difficulté à mathématiser la situation
 - Choix laborieux du théorème à utiliser puisque, ici, les triangles rectangles amènent les élèves à penser au théorème de Pythagore
 - Une fois le théorème de Thalès choisi, difficulté à mettre en équation du fait du choix des inconnues (imposées par les professeurs dans l'énoncé)
 - la précision des mesures a été évoquée lors de l'expérience puisque l'instrument de mesure (règle de 1m) était seulement précis au cm près alors

que certaines distances données dans le texte ou calculées sont au mm près !
(et donc un regard sur la notion de valeur exacte)

○ ...

- ✓ Vécu : les collègues qui ont mis en pratique l'activité ont constaté que :
 - Le temps consacré (1h) au traitement mathématique de la situation était insuffisant pour aboutir à une rédaction complète.
 - Le fait d'avoir présenté l'activité comme devant être suivie d'une mise à l'épreuve par l'expérience en Sciences Physiques a, aux dires du professeur de Mathématiques, motivé les élèves.
 - L'expérimentation en Sciences Physiques a, semble-t-il, également été motivante car il s'agissait de vérifier (ou non) un résultat établi en Mathématiques (d'où un respect des consignes et une rigueur dans la manipulation beaucoup plus importantes).
- ✓ Intérêt en terme d'apprentissage :
 - Pour les Mathématiques : un exercice inhabituel (dans sa présentation) et donc l'occasion de vérifier si les élèves ont bien appréhendé les conditions d'application du théorème de Thalès et savent les reconnaître ;
 - Pour les Sciences Physiques : vérification d'un résultat établi dans un autre contexte que le cours de Sciences Physiques
- ✓ Intérêt en terme de motivation : les résultats obtenus en Mathématiques conditionnent la réussite de la manipulation en Sciences Physiques (c'est donc une sorte de défi !).

b. Des devoirs-maison

→ Des exemples :

Forces et vecteurs

Le dynamomètre

Le travail s'est fait conjointement en amont pour préparer le contenu du devoir (choix des compétences à évaluer (aussi bien transversales que de contenu), formulation des questions, ...) puis lors de la correction puisque chaque professeur est intervenu.

Remarque : Selon le devoir et les compétences évaluées, la note « revient » pour l'une ou l'autre des disciplines (ou partiellement pour les deux).

2) Compétences et démarches communes (selon le niveau)

a. Fiche méthodologique à destination des élèves

→ Un exemple : **Rédaction d'un exercice en Sciences**

La discussion a clairement montré que les attentes de chacun varient d'une discipline à l'autre mais aussi entre professeurs d'une même discipline ! (beaucoup de pratiques individuelles en fait)

L'objectif est donc d'identifier les incontournables de chaque discipline et d'aider les élèves à être rigoureux dans leur rédaction.

Cette fiche a été élaborée suite à une demande pressante d'élèves de 3^{ème} qui souhaitaient avoir un « cadre » pour rédiger un exercice de Sciences Physiques (et pas seulement des consignes orales).

- ☞ Dans un premier temps, ce sont les élèves qui, lors d'un travail de groupe, ont élaboré la trame de cette fiche-méthode, en partant des pratiques et usages donnés par les divers professeurs qu'ils ont eu tout au long du collège (que ce soit en Mathématiques ou en Sciences Physiques). Pour cela, ils sont partis d'un exemple : un exercice où un calcul de vitesse était nécessaire pour répondre à la question.

Rq : la rédaction de cette fiche (par les seuls élèves) n'a pas abouti par manque de temps.

- ☞ Parallèlement à ce travail, il y a eu concertation entre professeurs de Mathématiques et de Sciences Physiques (mais aussi SVT). Notre objectif était de proposer une trame qui puisse

être utilisée quelle que soit la discipline en prenant en compte les contraintes et les pratiques de chacun.

→ D'autres exemples :

Tableau de proportionnalité

Puissances de 10 (et utilisation de la calculatrice)

b. Bilan de réflexion à destination des professeurs

Calcul littéral et résolution d'équations

La discussion n'est pas close ! (apparemment, les consignes de correction pour le baccalauréat disent de ne pas pénaliser les élèves qui répondent à une question sans passer par le calcul littéral s'il n'a pas été demandé explicitement !)

Les graphiques

Les conversions

3) Approche du nombre en Sciences Expérimentales

☞ Le résultat d'une mesure n'est jamais une valeur exacte au sens où elle est entachée d'incertitudes liées à la précision de l'instrument utilisé et à l'expérimentateur lui-même !

- Incertitudes sur les mesures : seulement une approche intuitive au collège !
- Le statut du signe « = » : en Sciences Physiques, on écrira, par exemple, $V=200$ mL bien que V soit une valeur expérimentale (et jamais $V\cong 20$ mL). Certes, ce serait sûrement très lourd d'écrire systématiquement le signe « \cong » mais il est au moins nécessaire de l'explicitier auprès des élèves ! Par contre, peut-être devrait-on utiliser plus souvent les encadrements en Sciences Physiques ?
- Si on veut se rapprocher de la réalité, il faut multiplier les mesures (ce qui n'est pas fait systématiquement !). Un traitement statistique est alors nécessaire pour conclure. Il est à noter que la pratique du calcul de la moyenne se fait de temps en temps mais n'est pas systématique.

☞ En Mathématiques, $\frac{5}{3}$ est un nombre.

En Sciences Physiques, $\frac{5}{3}$ implique forcément un calcul et donc un résultat puisqu'il est associé à une grandeur physique. Dans ce cas, le résultat est une valeur approchée (ce qui ne pose aucun problème en soi puisque les mesures ne sont, de toutes façons, pas des valeurs exactes). Par contre, il y a le problème des chiffres significatifs (évoqué mais seulement de manière intuitive). Il est à noter que jamais (ou rarement selon les pratiques de chacun), on ne demandera aux élèves de donner le résultat « à l'unité près » par exemple alors que ce serait le cas en Mathématiques !

→ Un exemple d'activité sur les valeurs approchées : **la formule 1**

☞ Le statut de la lettre qui est tour à tour paramètre, variable, inconnue en Sciences Physiques.

Conclusion

L'histoire des sciences a montré (et montre encore ...) que les mathématiques sont souvent à l'origine de bon nombre de « découvertes »... Les scientifiques « prédisent » l'existence d'objets physiques, en s'appuyant essentiellement sur des modèles mathématiques, avant même de les avoir observés.

Au collège, on constate que les Sciences Physiques utilisent le plus souvent les Mathématiques comme « Mathématiques-outils » mais il est important que le professeur de Sciences Physiques sache comment et quand telle ou telle notion est abordée en Mathématiques ainsi que les compétences réelles des élèves selon

le niveau de manière à ne pas commettre d'impairs (et ainsi dérouter les élèves par rapport à leur pratique habituelle).

Mais il est aussi possible de montrer aux élèves que les mathématiques ne sont pas seulement un outil pour les Sciences Physiques mais qu'elles peuvent permettre d'anticiper l'existence de propriétés, vérifiées ensuite par l'expérience en Sciences Physiques, ce qui est souvent le cas dans certains domaines de recherche (infiniment petit ou infiniment grand).

Une liaison interdisciplinaire est nécessaire pour donner du sens à nos enseignements et aider les élèves à s'y situer mais chacun doit pouvoir y trouver son compte !