Représentations sur la discipline, son apprentissage, les démarches d'investigation et quelques concepts-clés

Quelles spécificités pour les enseignants de sciences physiques ?

par **Jacques VINCE**, **Réjane MONOD-ANSALDI**, **Michèle PRIEUR** et **Valérie FONTANIEU**
Institut français de l'éducation (IFÉ) - 69347 Lyon Cedex 07
jacques.vince@ens-lyon.fr
rejane.monod-ansaldi@ens-lyon.fr
michele.prieur@ens-lyon.fr
valerie.fontanieu@ens-lyon.fr

En raison de sa longueur, cet article est publié en deux parties. La première partie, consacrée aux représentations des enseignants de sciences physiques et chimiques sur leur discipline, sur son apprentissage et sur les démarches d'investigations a été publiée dans *Le Bup* n° 950 (janvier 2013, p. 31-50). Nous publions ici la deuxième partie, consacrée aux représentations sur quatre concepts-clés des démarches d'investigation et utilisées *a priori* par les quatre disciplines concernées.

Deuxième partie

RÉSUMÉ

Les préconisations au sujet des démarches d'investigations (DI) ont été largement diffusées auprès des enseignants de sciences et de mathématiques du secondaire depuis une vingtaine d'années. Cette durée est suffisante pour que nous puissions sonder les représentations des enseignants à leur sujet. L'article décrit les résultats d'une enquête ayant eu lieu durant le premier semestre 2011 à ce sujet. Pour chaque thématique abordée, les points de consensus entre les enseignants des quatre disciplines concernées sont dégagés, puis les spécificités des réponses des enseignants de sciences physiques et chimiques. Si les représentations sont assez contrastées sur le statut des savoirs de référence, elles sont très uniformes au sujet des modalités d'apprentissage. Les stratégies d'enseignement de type socioconstructiviste prenant en compte les connaissances initiales et favorisant les interactions sont privilégiées dans les réponses des enseignants des quatre disciplines. En sciences physiques et chimiques (SPC) surtout, mais aussi en sciences de la vie et de la Terre (SVT) et technologie, l'importance du réel s'exprime par

son observation et/ou la nécessité d'établir des liens avec la vie quotidienne. Globalement, les démarches d'investigation semblent perçues principalement sous leur aspect didactique, voire pédagogique, leur dimension épistémologique étant moins investie. Les enseignants expriment sans ambiguïté que les démarches d'investigation sont difficiles à mettre en œuvre, en particulier du fait de la gestion des élèves induite et de leur manque d'autonomie, ainsi que du caractère chronophage de telles démarches. Enfin, la deuxième partie de l'article détaille les représentations au sujet de quelques concepts-clés. Si une certaine proximité existe avec les SVT sur les termes problème et expérience, et dans une moindre mesure hypothèse, c'est avec les mathématiques que le rapprochement se fait sur le terme modèle. Plus globalement, l'enquête met en évidence la méconnaissance des significations de ces termes d'une discipline à l'autre.

4.4. Quelques concepts épistémologiques clés

La dernière partie du questionnaire s'intéressait aux représentations des enseignants concernés par les démarches d'investigation au sujet de quatre concepts-clés convoqués lorsqu'il est question de ces démarches, en particulier dans les instructions officielles : *problème*, *hypothèse*, *expérience*, *modèle*. L'objectif est de mieux cerner la perception de ces termes par les enseignants, mais surtout de confronter les points de vue selon la discipline enseignée, pour mettre au jour les convergences possibles ou les quiproquos éventuels lors de collaborations au sein des équipes pédagogiques. C'est donc bien à terme dans une visée d'explicitation, de vigilance et au final de formation que nous inscrivons ce travail sur les termes.

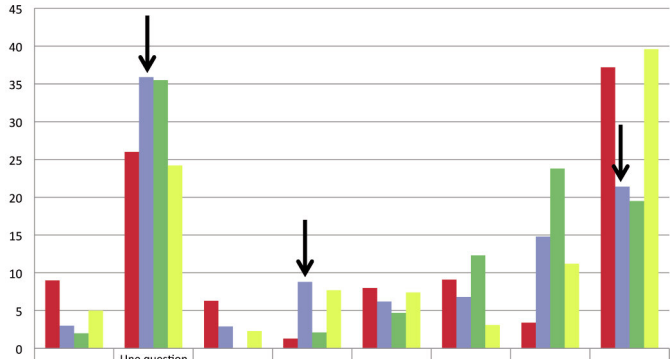
Nous présentons ci-dessous des résultats synthétiques, en séparant les quatre termes étudiés. Comme précédemment, quelques résultats généraux sont présentés puis les spécificités des répondants de SPC. Pour davantage de détails, le lecteur pourra consulter le rapport complet sur l'enquête [11].

4.4.1. Le terme problème

La première question sur ce terme proposait de choisir une définition parmi huit possibles, sans faire référence au cadre des démarches d'investigation. L'objectif était de faire apparaître les éventuelles polysémies *au sein de chacune des disciplines* et les différences principales de sens entre disciplines. Les résultats sont présentés sur la figure 10 (*cf.* page ci-contre).

Les deux définitions une *question permettant la formulation de propositions, d'hypothèses ou de conjectures* et *une question qui débouche sur une recherche de solution* correspondent aux choix de largement plus d'un enseignant sur deux au sein des quatre disciplines. Si l'on ajoute *une question qui débouche sur une démarche explicative*, on voit que près des deux tiers des répondants inscrivent le problème dans une démarche de résolution. Ceci peut s'expliquer de différentes façons, sans qu'on puisse connaître ici le

(11) http://ife.ens-lyon.fr/ife/ressources-et-services/ocep/dispositifs/DI/rapport-DI



	Une succession de questions articulées entre elles	Une question permettant la formulation de prop., d'hyp. ou de conjectures	Un exercice permettant de réinvestir des connaissances	Une question qui entraîne une expérimentation	Une question permettant de construire des connaissances	Une question qui débouche sur une démarche explicative	Une question suscitée par une observation	Une question qui débouche sur une recherche de solution
Mathématiques	9	26	6	1	8	9	3	37
Sciences physiques et chimiques	3	36	3	9	6	7	15	21
Sciences de la vie et de la Terre	2	36		2	5	12	24	20
Technologie	5	24	2	8	7	3	11	40

Figure 10 : Pourcentage de réponses des enseignants des quatre disciplines à la question *Quelle proposition définit selon vous le mieux le terme problème dans votre discipline ?* (le total de chaque ligne du tableau fait 100 %).

poids de ces explications. L'usage de l'expression courante « résolution de problème » fait du problème d'abord ce qui doit être résolu. Mais plus généralement, cela indique que pour les enseignants, poser un problème implique d'engager les élèves dans une démarche.

C'est dans les formulations retenues pour exprimer cette idée qu'il faut chercher les nuances disciplinaires : en mathématiques et technologie, plus de la moitié des enseignants (51 % et 59 %) choisissent *une question qui débouche sur une recherche de solution*, alors que plus de la moitié des enseignants de SPC et SVT (56 % et 53 %) retiennent *une question permettant la formulation de propositions, d'hypothèses ou de conjectures*. Cela semble confirmer qu'en SPC et SVT, le problème s'inscrit dans une démarche scientifique de type hypothético-déductive. En mathématiques, les démarches d'investigation sont souvent initiées par un tâtonnement exploratoire, par essais et erreurs, visant à rechercher des solutions qui permettront de conjecturer et en technologie une démarche d'investigation vise à identifier les solutions techniques utilisées pour concevoir un objet technique. On peut finalement en conclure que pour les enseignants de mathématiques ou technologie la démarche de résolution de problème semble davantage engager les élèves dans une recherche de solutions (et non d'hypothèses explicatives comme en SPC ou SVT), autrement dit dans un problème pragmatique et non explicatif.

La définition *une question suscitée par une observation* est une spécificité des répondants des deux sciences expérimentales plus prononcées en SVT qu'en SPC. On voit probablement poindre ici le lien direct entre situation « déclenchante » qui serait donnée

à voir et le problème qui en découle.

Il est relativement intéressant de noter également les réponses peu retenues dans les quatre disciplines : ainsi, le problème ne semble pas être au service de la construction de connaissances ou même de la recherche directe d'explications, même si la formulation d'hypothèse a une visée ultime d'explication.

Le problème vu comme une *question débouchant forcément sur une expérimentation* n'est que très peu retenu même si c'est en SPC et en technologie que les pourcentages de cet item sont notables (9 % des répondants de SPC choisissent cette définition alors qu'elle est quasiment totalement délaissée en mathématiques et SVT). Sachant que les enseignants de ces deux disciplines relient de façon significative l'expérience à sa dimension manipulatoire plus qu'à sa dimension de test d'hypothèse (*cf.* paragraphe 4.4.2.), on peut comprendre cette tendance en considérant qu'elle s'appuie sur des spécificités des disciplines SPC et technologie. Le problème est alors un problème *pragmatique* qui vise l'action : « Comment faire ? » [10]. En SPC, il peut en particulier s'agir d'engager les élèves dans une démarche de conception de protocole.

Une nouvelle fois, c'est seulement en SPC qu'on note des différences notables selon le niveau d'exercice. La *formulation de propositions, d'hypothèses ou de conjectures* est significativement plus retenue en collège ; le *réinvestissement de connaissances* et *la construction de connaissances* sont significativement plus retenus en lycée. Ceci peut traduire une tendance observée sur d'autres points de l'enquête (*cf.* première partie de l'article) : une plus grande importance des démarches en collège et de l'acquisition de connaissances au lycée.

En ce qui concerne les caractéristiques d'un problème dans le cadre d'une démarche d'investigation, l'enquête proposait de se prononcer simplement (oui / non) sur neuf propositions. Deux propositions recueillent l'accord de la presque totalité des enseignants : *un problème mobilise différentes compétences et un problème peut être résolu de différentes façons*. Ces choix révèlent l'idée selon laquelle le problème est perçu comme un moyen de varier les compétences construites et les stratégies de résolution mises en œuvre : il recouvre une certaine complexité et est pensé comme un problème « ouvert ». Les réponses des enseignants de SPC sont regroupées dans la figure 11 (*cf.* page ci-contre).

Contrairement aux enseignants de mathématiques qui se distinguent par leur attachement à la nécessité de connaissances antérieures et au fait qu'un problème n'a pas de solution *a priori*, les répondants de SPC établissent un lien fort entre problème et expérience (alors que ceux de SVT insistent spécifiquement sur le lien entre problème et observation).

Le fait que le problème concerne un sujet nouveau et qu'il ne reçoive pas de solution *a priori* sont des caractéristiques délaissées de façon spécifique par les répondants de SPC et SVT.

Enfin, on observe des nuances importantes, en SPC, selon le niveau d'exercice.

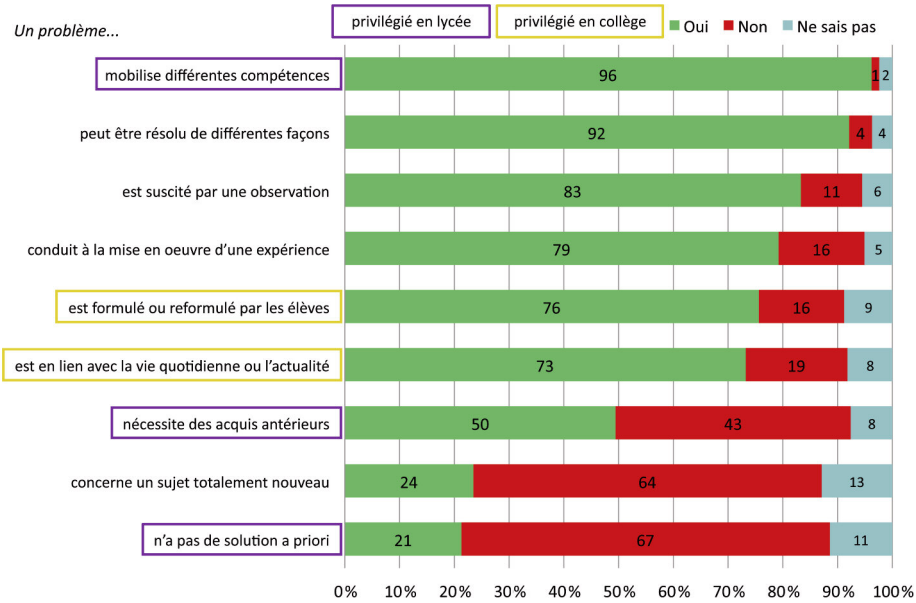


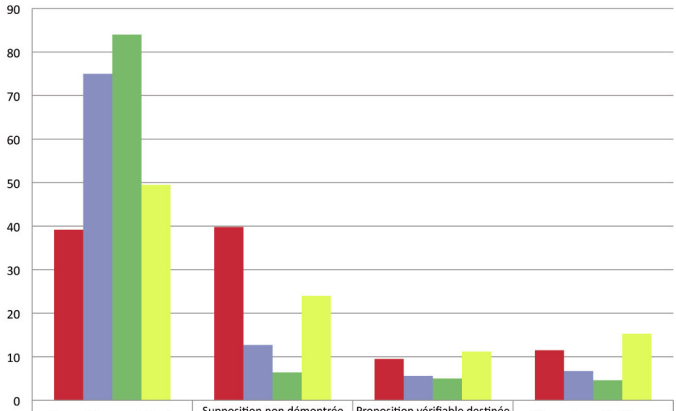
Figure 11 : Réponses des enseignants de SPC à la question *Selon vous, dans le cadre d'une démarche d'investigation, un problème…* (les caractéristiques entourées en violet sont choisies de façon significative plutôt par les enseignants de lycée, celles entourées en orange plutôt par les enseignants de collège).

Ainsi, la variété des résolutions et la nécessité d'acquis antérieurs sont bien plus choisies par les répondants de lycée alors que ceux de collège privilégient, par rapport à leurs collègues de lycée, la reformulation par les élèves et le lien avec la vie quotidienne ou l'actualité.

4.4.2. Le terme hypothèse

La polysémie du terme hypothèse entre disciplines pouvait apparaître comme la plus importante parmi les quatre termes étudiés. Cette rubrique commençait simplement par une demande de choix parmi quatre définitions possibles. Les résultats par discipline sont regroupés dans la figure 12 (*cf.* page ci-après).

Si la définition *Une proposition provisoire destinée à être éprouvée* prédomine largement, elle n'est véritablement consensuelle que pour les enseignants de sciences expérimentales. En mathématiques, on retrouve une dualité forte entre la proposition à éprouver et la supposition posée comme donnée d'un problème (un axiome). Cette répartition quasiment équilibrée entre les deux significations interroge la prise en main des instructions officielles sur cette question par les enseignants de mathématiques. L'usage du terme « conjecture », exclusivement réservé à cette discipline, est généralement un moyen de lever l'ambiguïté. Mais tout se passe ici comme si une partie des répondants



	Proposition provisoire à éprouver	Supposition non démontrée servant d'appui pour résoudre un problème	Proposition vérifiable destinée à l'acquisition d'une connaissance	N'importe quelle idée en rapport avec le problème
Mathématiques	39	40	10	12
Sciences physiques et chimiques	75	13	6	7
Sciences de la vie et de la Terre	84	6	5	5
Technologie	50	24	11	15

Figure 12 : Pourcentage des enseignants des quatre disciplines à la question *Quelle proposition définit selon vous le mieux le terme hypothèse ?*

s'étaient positionnée du point de vue de leur discipline (choisissant alors le sens *supposition*) tandis qu'une autre partie se positionnait du point de vue des démarches d'investigation (*proposition à éprouver*, en assumant la superposition, même avec des nuances, entre *hypothèse* et *conjecture*).

Cependant, la *supposition non démontrée*, même si elle reste peu choisie par les enseignants de SPC, l'est davantage qu'en SVT. On peut y voir là des traces d'usages encore présents dans le discours de l'enseignant de physique et de chimie lorsqu'il fait des choix de modélisation pour traiter une situation (on peut par exemple faire *l'hypothèse* que les frottements sont négligeables pour traiter un problème).

C'est pour les enseignants de technologie que la dispersion des réponses est la plus grande, ce qui peut s'interpréter par le fait que c'est un terme moins manipulé, en tous les cas historiquement, dans l'enseignement de cette discipline que dans celui des autres disciplines.

On n'observe pas de différence significative parmi les enseignants de SPC selon le niveau d'exercice.

Dans un deuxième temps, l'enquête sondait les éléments jugés indispensables à la formulation d'une hypothèse explicative ou d'une conjecture (cette dernière formulation avait pour objectif de lever l'ambiguïté de sens dans cette question) par les élèves. Les réponses des enseignants de SPC sont présentées sur la figure 13 (*cf.* page ci-contre).

La similitude avec les réponses des enseignants de SVT est assez grande sur plu-

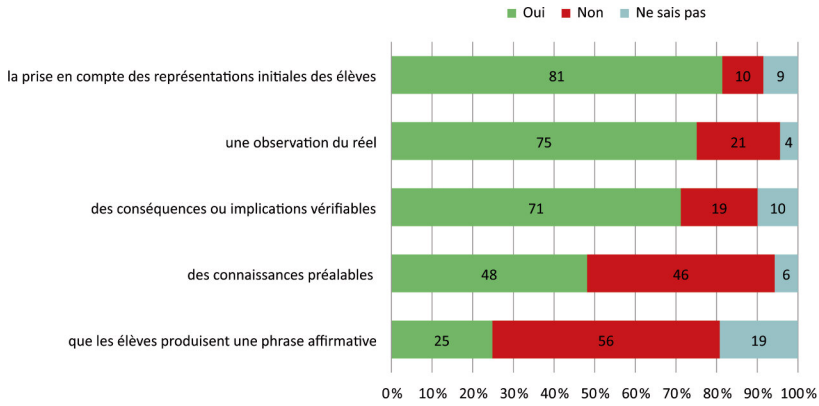


Figure 13 : Réponses des enseignants de SPC à la question
Selon vous, la formulation d'une hypothèse explicative ou conjecture implique…

sieurs points. Comme dans les autres disciplines, plus des trois quarts des répondants de SPC sont en accord avec le fait que la formulation d'hypothèses nécessite *la prise en compte des représentations initiales des élèves* et *une observation du réel*. La nécessité de *conséquences ou implications vérifiables* vient en troisième position, dans une proportion moindre qu'en SVT (71 % d'accord contre 85 %), résultat probablement interprétable par un usage de cette expression bien plus répandu en SVT qu'en SPC. Concernant la *prise en compte des représentations initiales des élèves*, le degré d'accord est encore bien supérieur dans les disciplines expérimentales qu'en mathématiques et technologie. Ces résultats sont peut-être révélateurs, mais il faudrait le vérifier, de l'influence des travaux de didactique sur cette question (conceptions, idées initiales…) sur le corps enseignant des différentes disciplines. Cette prise en compte des idées initiales est significativement plus grande chez les répondants de SPC exerçant en collège. Par contre, les enseignants de lycée ont tendance à privilégier, par rapport à leurs collègues de collège, les *connaissances préalables*. Globalement, cette nécessité de connaissances préalables recueille le même degré d'accord qu'en SVT (48 %) mais nettement moins qu'en mathématiques (58 %) et technologie (56 %). Tout se passe comme si les enseignants de sciences expérimentales souhaitaient faire pleinement jouer son rôle heuristique à l'hypothèse, en s'appuyant sur les idées des élèves et en minorant éventuellement la place des références théoriques guidant sa formulation.

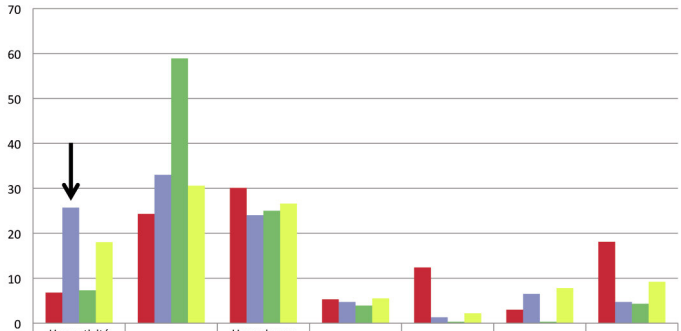
Après la technologie, c'est en SPC que le recours à l'observation du réel est le plus reconnu comme indispensable, mais à peine plus que pour les répondants de SVT (75 % d'accord en SPC contre 72 % en SVT). On peut interpréter ce résultat par l'importance du recours au réel dans ces disciplines : un réel vu naïvement comme objet d'étude ou source de découverte (il suffirait d'observer pour découvrir) ou perçu plus profondément comme nécessaire dans les procédures de validation. Les enseignants de mathématiques délaissent bien davantage cette caractéristique (59 % d'accord).

Enfin, concernant la forme de l'hypothèse, seuls les enseignants de SVT sont une petite moitié à considérer que la formulation d'hypothèse nécessite la production d'une phrase affirmative, alors que seulement le quart des répondants des trois autres disciplines le pensent. Les répondants de SPC se rapprochent ainsi de leurs collègues de mathématiques et de technologie en acceptant davantage les formes multiples de l'hypothèse.

4.4.3. Le terme expérience

La lecture des instructions officielles au sujet des démarches d'investigation fait apparaître un rôle fort pour l'expérience dans les démarches à mener, tout particulièrement en SPC. On y précise même que « la spécificité de chaque discipline conduit à penser différemment, dans une démarche d'investigation, le rôle de l'expérience et le choix du problème à résoudre » (BO HS n° 6, 18 avril 2007). Après les notions de problème et d'hypothèse, l'enquête visait donc à mieux comprendre la signification et les caractéristiques que les enseignants des différentes disciplines attribuent à l'expérience.

La sélection d'une définition parmi sept propositions était d'abord demandée. Les réponses des enseignants par discipline sont regroupées dans la figure 14 ci-dessous.



	Une activité pendant laquelle les élèves manipulent du matériel	Un test conçu pour éprouver une hypothèse	Une mise en œuvre de stratégies pour résoudre un problème	Une application rigoureuse d'un protocole précis	Une exploration d'exemples	Une observation précise du réel	Une exploration par tâtonnement
Mathématiques	7	24	30	5	12	3	18
Sciences physiques et chimiques	26	33	24	5	1	7	5
Sciences de la vie et de la Terre	7	59	25	4	0	0	4
Technologie	18	31	27	6	2	8	9

Figure 14 : Pourcentages des enseignants des quatre disciplines à la question *Quelle proposition définit selon vous le mieux le terme expérience ?*

Les deux définitions majoritairement retenues et globalement consensuelles mettent en avant l'articulation avec l'hypothèse (*test conçu pour éprouver une hypothèse*) et avec la résolution de problème (*mise en œuvre de stratégies pour résoudre un problème*). Ces deux définitions en lien fort avec la démarche hypothético-déductive pour la première, et avec une démarche d'investigation moins formalisée pour la seconde correspondent à plus de la moitié des réponses dans chaque discipline.

L'assimilation de l'expérience au *suivi d'un protocole*, à une *observation précise*, à *l'exploration d'exemples* ou au *tâtonnement* est plutôt rejetée (sauf pour les répondants de mathématiques dans les deux derniers cas). Cependant, ces éléments ne doivent pas masquer deux spécificités qui concernent les répondants de SPC : l'une caractérise leurs réponses, l'autre les distingue de leurs « cousins » habituels de SVT.

La définition de l'expérience comme manipulation de matériel, en étant choisie par un peu plus d'un quart des répondants de SPC, apparaît comme une spécificité remarquable. Les enseignants de SPC semblent privilégier ainsi une caractéristique matérielle de la situation plus qu'une fonction épistémologique ou didactique. Le choix, plus élevé qu'en mathématiques et SVT, de la définition *une observation du réel* confirme d'ailleurs cette prégnance du réel matériel.

On peut se poser la question de savoir au détriment de quelle(s) définition(s) ce choix spécifique s'est fait. Si c'est *l'exploration d'exemples* et *l'exploration par tâtonnement* qui sont nettement moins choisies par rapport aux enseignants de mathématiques, c'est surtout la comparaison avec les réponses en SVT plébiscitant *un test conçu pour éprouver une hypothèse*, qui est sur ce point remarquable : le pourcentage de répondants de SPC ayant fait ce choix, voisin de celui des mathématiques et de la technologie est presque deux fois moins important qu'en SVT. L'expérience mise au service du test d'une hypothèse semble donc nettement moins retenue en SPC qu'en SVT. Cette différence notable mériterait d'être davantage explicitée et prise en compte dans les collaborations avec les collègues de SVT.

L'importance accordée en SPC à la manipulation de matériel pour caractériser l'expérience apparaît également dans la question suivante qui demandait de se prononcer sur les caractéristiques de l'expérience. Les répondants devaient se prononcer (oui ou non) sur quinze propositions. Les réponses des enseignants de SPC sont regroupées ci-dessous (*cf.* figure 15), dans l'ordre d'accord décroissant.

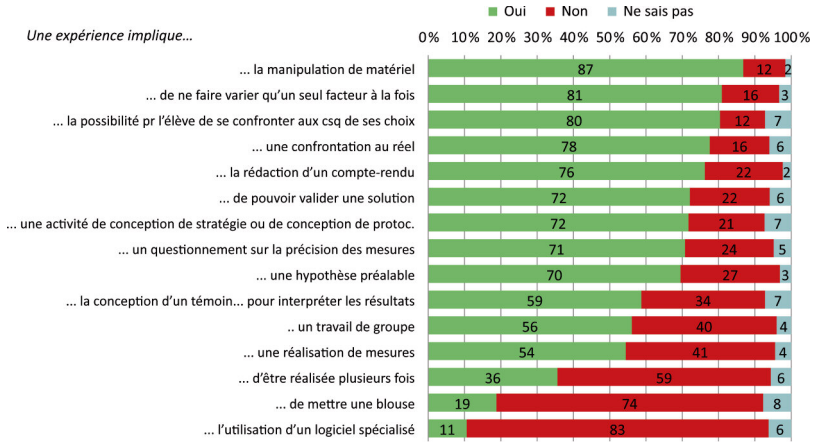


Figure 15 : Réponses des enseignants de SPC à la question *Pour vous, une expérience implique…*

Précisons d'abord que le taux de réponses *je ne sais pas* est très faible pour tous les items proposés en SPC et SVT. Par contre, les enseignants de mathématiques et technologie semblent moins familiers avec le concept d'expérience au regard des valeurs de ce taux qui peuvent alors atteindre 20 % sur certaines propositions.

Comme mentionné ci-dessus, la manipulation du matériel semble être la caractéristique principale de l'expérience pour les répondants de SPC : le degré d'accord est de dix points inférieur en SVT (et en septième position), légèrement inférieur en technologie (et en troisième position) et ne recueille qu'un peu plus d'un quart d'accord en mathématiques. La nécessité de ne faire varier qu'un paramètre à la fois arrive en deuxième position et recueille également un accord spécifique commun aux deux disciplines expérimentales SPC et SVT.

La fonction de mise à l'épreuve est largement reconnue, à travers les deux propositions *l'expérience implique la possibilité pour l'élève de se confronter aux conséquences de ses choix* et *l'expérience implique une confrontation au réel*. Mais cet accord est partagé par l'ensemble des répondants, toutes disciplines confondues (avec un bémol pour la confrontation au réel dans le cas des mathématiques) et ne discrimine donc pas les enseignants de SPC. C'est aussi le cas pour l'activité de *conception de stratégie* ou de *conception de protocole* et la *rédaction d'un compte-rendu*, même si dans ce dernier cas, les enseignants de SVT y sont plutôt moins attachés (67 % en SVT contre 76 % en SPC) alors que les enseignants de technologie placent cette proposition en tête (88 % d'accord).

Comme en SVT et en mathématiques, la nécessité de réaliser des mesures divise les répondants de SPC (54 % d'accord) alors que l'accord est bien plus grand (67 %) en technologie. Dans le même temps, sauf pour la technologie, l'accord est plus important pour le questionnement sur la précision des mesures, particulièrement en SPC (71 %). Tout se passe donc comme si l'expérience était davantage au service d'un questionnement sur les mesures que d'une réalisation effective de mesures.

On observe certaines spécificités des réponses en fonction du niveau d'enseignement des répondants de SPC. Les enseignants de lycée sont significativement plus attachés aux caractéristiques expérimentales : *effectuer des mesures* (67 % contre 43 % au collège) et se *questionner sur leur précision* (78 % contre 64 % au collège), *concevoir un témoin* (68 % contre 50 % au collège) et réaliser *plusieurs fois l'expérience* (46 % contre 26 % au collège). Ils sont plus nombreux à associer à l'expérience *la rédaction d'un compte-rendu* (80 % contre 73 % au collège) et *le port de la blouse* (26 % contre 13 % au collège). Les répondants de collège, pour leur part, accordent plus d'importance à la démarche et aux caractéristiques pédagogiques : le fait que l'expérience permette à l'élève de *se confronter aux conséquences de ses choix* (84 % contre 77 % au lycée) ou de *valider une solution* (76 % contre 68 % au lycée), et *le travail de groupe* (63 % contre 50 % au lycée). Ces dernières caractéristiques, très liées au rôle de l'expérience dans les démarches d'investigation, sont probablement corrélées à une mise en œuvre de démarches d'investigation plus fréquente au collège.

4.4.4. Le terme modèle

Le terme *modèle* était le dernier terme faisant l'objet d'une étude spécifique dans l'enquête. Il a été choisi non seulement au regard du rôle crucial qu'il joue dans les démarches scientifiques, mais aussi du fait d'une polysémie interdisciplinaire potentiellement importante, et que nous souhaitions sonder. L'importance du concept lors de la mise en œuvre de démarches d'investigation en SPC [11] justifie par ailleurs qu'on détaille ci-après les résultats.

Les réponses font apparaître une familiarité contrastée avec le terme *modèle* selon la discipline. La première question demandait en effet de citer deux exemples de modèle utilisés dans la discipline de l'enseignant. Nous reviendrons plus loin sur les exemples cités, mais le degré de familiarité avec la notion ou la fréquence du recours à des modèles peuvent être estimés par le taux de réponses à cette question. Tandis que presque neuf enseignants de SPC et SVT sur dix donnent au moins un exemple (respectivement 84 % et 89 %), ils ne sont qu'un peu plus de la moitié à le faire en mathématiques et technologie (respectivement 56 % et 57 %).

Cette similitude entre les disciplines expérimentales SPC et SVT ne se confirme pas sur les deux questions suivantes, concernant la fonction et la forme des modèles. La fonction des modèles était questionnée en proposant treize fonctions possibles que le répondant devait classer selon leur degré d'importance dans sa discipline. Même si les taux de réponses sont plus élevés en SPC et SVT, dans toutes les disciplines plus de 80 % des répondants ont classé au moins trois items. La figure 16 (*cf.* page ci-après) indique les pourcentages de répondants ayant classé chaque item dans une des trois premières places, quelle que soit cette place. Ceci permet d'avoir une vue d'ensemble des fonctions plébiscitées et des différences, parfois très importantes, entre disciplines.

Dans trois disciplines sur quatre, c'est la fonction *représenter* qui arrive en tête (presque un enseignant sur deux la choisit dans les trois premières positions), particulièrement en SPC. Cette fonction n'est pas pour autant délaissée par les enseignants de technologie, qui la retiennent autant, mais la classent après la fonction *d'observation*. La fonction *comprendre* est également largement choisie par les répondants des quatre disciplines.

Le consensus est donc assez restreint, des spécificités disciplinaires apparaissant nettement. Deux fonctions sont privilégiées dans des proportions similaires par les répondants de SPC et de SVT : *expliquer* indique que le modèle permet de trouver une cause à l'effet observé tandis que *simplifier*, classique en sciences expérimentales, rappelle que modéliser conduit à faire des choix parmi les caractéristiques des situations réelles à décrire ou interpréter. Mais les répondants de SPC privilégient également trois autres fonctions qui les distinguent de leurs collègues de SVT et les rapprochent de leurs collègues de mathématiques : *interpréter*, *décrire* et *prévoir*.

Les similitudes entre SVT et SPC observées pour de nombreuses questions de l'enquête semblent donc être plus minces concernant le concept de *modèle* qui engendre plutôt

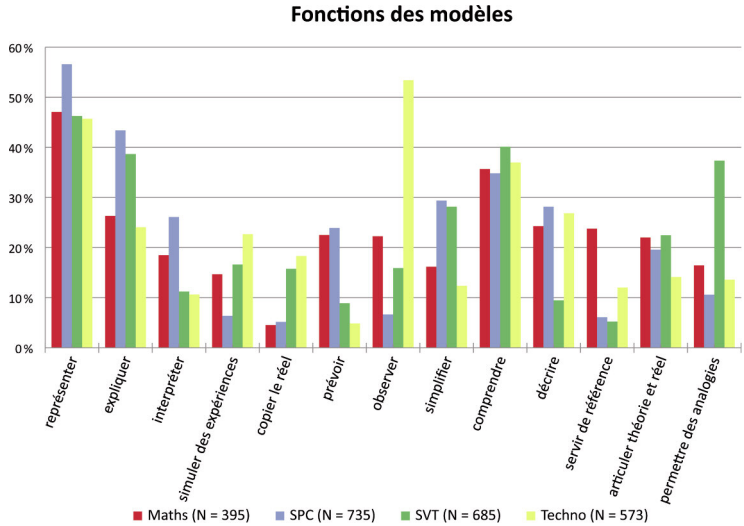


Figure 16 : Pourcentages de répondants par discipline ayant classé la proposition dans les trois premières positions, parmi les répondants ayant choisi au moins une fonction du modèle à la question *Pour vous, quelles sont les fonctions des modèles utilisés dans votre discipline ? Choisissez puis classez les propositions retenues en mettant en position 1 la fonction que vous jugez la plus importante*.

un rapprochement SPC-mathématiques. Ceci est confirmé par l'étude des réponses sur les formes de *modèles*.

La question suivante proposait de classer huit formes de modèle en fonction de leur fréquence d'utilisation. Toutes disciplines confondues, plus des trois quarts des enseignants classent au moins trois items (autour de 90 % en SPC, SVT et technologie). La figure 17 (*cf.* page ci-contre) indique le pourcentage d'enseignants, par discipline, ayant classé chaque item dans l'une des trois premières positions.

Le seul élément de consensus réside dans le fort pourcentage de la forme *schéma*, sans doute un bon intermédiaire entre une vision concrète et une vision abstraite du modèle.

Pour le reste, on peut rapprocher à nouveau les réponses des enseignants de mathématiques et SPC d'une part, et de SVT et technologie d'autre part. Ces rapprochements au sujet de la notion de modèle constituent donc une originalité par rapport aux couplages disciplinaires mis en évidence sur d'autres thèmes abordés dans l'enquête.

Le couple mathématiques-SPC se caractérise par la forme *formule mathématique* (retenue respectivement par plus de 70 % et 40 % des répondants dans le trio de tête alors que SVT et technologie ne le retiennent quasiment pas), par le choix du *schéma*, et de la *construction mentale* (plus de 35 %), tandis que la *maquette* est délaissée (presque totalement par les répondants de maths et notablement en SPC puisque 32 % seulement le

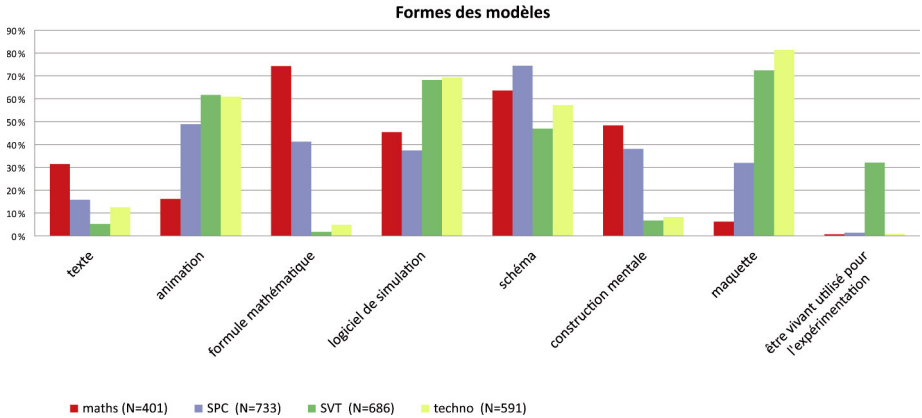


Figure 17 : Pourcentages de répondants par discipline ayant classé la proposition dans une des trois premières positions, parmi les répondants ayant choisi au moins une forme du modèle à la question *Pour vous, quelles sont les formes des modèles utilisés dans votre discipline ? Choisissez puis classez les propositions retenues en mettant en position 1 la forme que vous jugez la plus importante*.

placent dans le trio de tête, ce pourcentage atteignant 72 % et 81 % respectivement en SVT et technologie).

Le modèle semble donc être davantage matérialisé en SVT et technologie, alors qu'il relève de l'abstraction, de l'idée, en mathématiques et SPC. Ces résultats sont cohérents avec les réponses obtenues à la question ouverte sur les exemples de modèles. Tout se passe donc comme si les cousins disciplinaires habituels que constituent SPC et SVT se séparaient temporairement sur cette question, les enseignants de SPC retrouvant une proximité forte avec leurs collègues de mathématiques autour du formalisme mathématique, alors que les enseignants de SVT rejoignent (manifestement sans le savoir, voir plus loin) leurs collègues de technologie dans une approche « concrète » et manipulable d'un *modèle*, qui correspond à la simplification de systèmes complexes.

L'analyse fine des réponses en SPC est donnée figure 18 (*cf*. page ci-après). Le fait que *l'animation* soit très nettement choisie peut sans doute être relié au large panel d'animations informatisées à disposition des enseignants de SPC permettant de faire fonctionner ou d'animer des modèles. Plus encore que dans les autres disciplines, le *schéma* est la forme de modèle la plus souvent citée par les répondants de SPC. Comme pour les répondants de mathématiques, la *construction mentale* est également une forme retenue par les répondants de SPC, en lien avec leur forte prise en compte des idées initiales des élèves sur les questions concernant les démarches d'investigation (voir la première partie de l'article). Comme indiqué plus haut, le choix de la forme *formule mathématique* (quatrième rang moyen) est une autre similitude avec les mathématiques.

Les similitudes entre les réponses des enseignants de SPC et mathématiques devraient être confirmées et interprétées par des études ultérieures, mais il est probable qu'elles

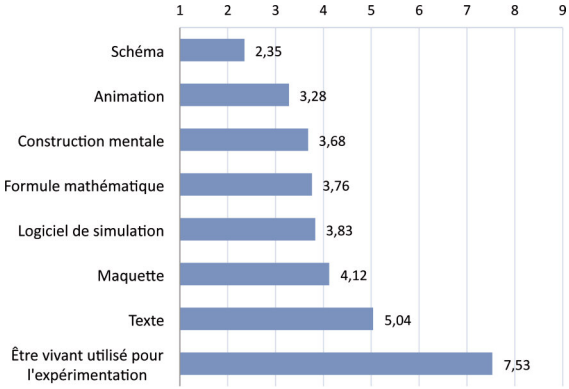


Figure 18 : Rang moyen de chaque proposition pour les répondants en SPC à la question *Pour vous, quelles sont les formes des modèles utilisés dans votre discipline ? Choisissez puis classez les propositions retenues en mettant en position 1 la forme que vous jugez la plus importante*.

indiquent le caractère prégnant du symbolisme (relations ou représentations) dans l'usage des modèles en SCP ou dans la représentation qu'en ont les enseignants des deux disciplines. Cependant, cette dimension formelle ne se retrouve pas dans les exemples de modèle cités par les enseignants de SPC. La figure 19 indique les réponses les plus fréquentes à cette question ouverte sous forme de nuage de termes. La taille d'un terme est proportionnelle à son occurrence dans les réponses. Les modèles cités (*atome, rayon lumineux*…) servent certes à *représenter* (le terme *représentation* est même souvent cité) mais sont assez peu formels. On peut penser que contrairement aux exemples, les fonctions des modèles similaires à celles des mathématiques ont été exprimées plutôt en référence à une activité scientifique (« savante ») utilisant le formalisme mathématique, qu'en référence à la classe.

Figure 19 : Nuage de termes obtenu à partir des réponses ouvertes des enseignants de SPC à la question *Donnez deux exemples de modèles dans votre discipline*.

Les exemples de modèles cités par les répondants de SPC sont relativement peu diversifiés et concernent quelques domaines particuliers, comme si, dans l'enseignement, l'élève ne rencontrait qu'un petit nombre de modèles ayant explicitement ce statut.

4.4.5. Regards croisés

Une des originalités de l'enquête résidait dans la demande faite aux répondants de se prononcer sur la signification des quatre termes étudiés dans les autres disciplines. Pour chaque terme, il était ainsi demandé *Selon vous, ce terme a-t-il le même sens dans votre discipline qu'en… ?*

Nous présentons ici les résultats des *enseignants de SPC se prononçant sur les autres disciplines et des enseignants des autres disciplines se prononçant sur les significations en SPC*. Les deux tableaux ci-après indiquent le pourcentage de réponse *Oui* (même signification) et de réponses *je ne sais pas*, que nous appelons taux d'indécision.

Le tableau 2 présente le point de vue des enseignants de SPC sur la signification des quatre termes dans les autres disciplines. On voit clairement affirmée une proximité forte avec les SVT. Le sentiment de proximité s'exprime à plus de 70 % sauf pour le terme modèle. Cependant, pour ce dernier terme, le sentiment de proximité est bien plus fort que celui perçu pour les mathématiques. Il existe donc un fort décalage au sujet du terme modèle entre la proximité déclarée par les enseignants au sujet de sa signification dans les différentes disciplines et la proximité révélée par l'enquête entre leurs représentations en termes de formes et de fonction.

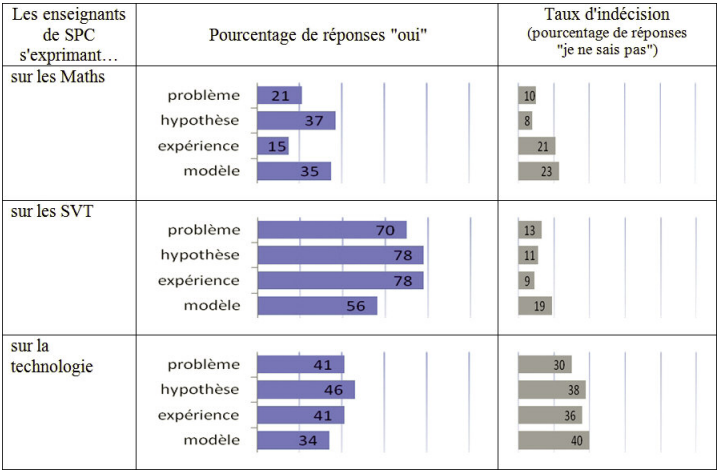


Tableau 2 : Réponses des enseignants de SPC à la question *Selon vous, ce terme a-t-il le même sens dans votre discipline qu'en… ?* Les graphiques en bleu indiquent les pourcentages de réponses « oui ». Ceux en gris indiquent pour chaque terme le pourcentage de réponse « je ne sais pas ».

Globalement, les enseignants de SPC affirment des nuances de sens relativement importantes avec les mathématiques, en particulier au sujet des termes *expérience* et *problème*. C'est sur le terme *hypothèse* que la proximité la plus importante est exprimée. Concernant la technologie, les taux d'accord sont relativement homogènes et élevés, mais

c'est surtout le taux d'indécision qui est remarquable. Celui-ci est en effet bien plus élevé au sujet de la technologie que des autres disciplines, ce qui n'est pas une spécificité des enseignants de SPC : pour toutes les disciplines et pour les quatre termes, c'est lorsqu'il s'agit de se prononcer au sujet des significations en technologie que le taux d'indécision est le plus fort.

Le tableau 3 ci-dessous présente, de façon symétrique, les points de vue des enseignants des autres disciplines au sujet de la signification des termes en SPC. Le taux d'indécision est indiqué numériquement.

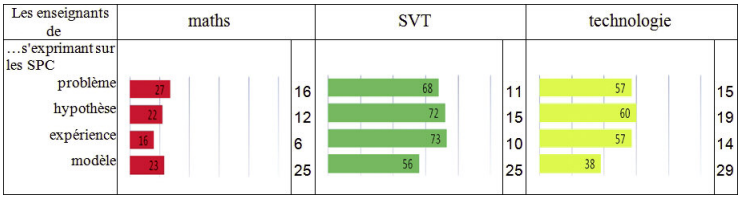


Tableau 3 : Réponses des enseignants de mathématiques, SVT et technologie à la question *Selon vous, ce terme a-t-il le même sens dans votre discipline qu'en SPC ?* Les graphiques indiquent les pourcentages de réponses « oui ». La colonne de droite indique pour chaque terme le pourcentage de réponse « je ne sais pas ».

Symétriquement, les enseignants de SVT se sentent proches de leurs collègues de SPC avec un faible taux d'indécision et une réserve un peu plus marquée sur le terme *modèle* (mais sur ce terme, ils se sentent cependant bien plus proches des SPC que des deux autres disciplines…). C'est systématiquement le terme *modèle* qui génère le plus de doutes pour toutes les disciplines. Les enseignants de mathématiques sont très sceptiques sur les similitudes de sens pour tous les termes et en particulier pour *expérience*, affirmant ainsi soit le caractère confidentiel de l'expérience en mathématiques soit son aspect très spécifique. Les enseignants de technologie se sentent bien plus proches, sur ces questions sémantiques, de leurs collègues de SPC que l'inverse. C'est une observation qui mériterait d'être confirmée sur d'autres aspects et qui demande interprétation.

Un fait remarquable réside dans l'observation que c'est lorsqu'il s'agit de se prononcer sur les significations en SPC que les taux d'indécision sont les plus faibles, faisant apparaître les SPC comme la mieux connue des autres disciplines. Par ailleurs, l'observation des pourcentages d'accord (pas tous présentés ci-dessus) indique que les enseignants se sentent plus proches des SPC que d'une autre discipline, même si cette observation est à nuancer pour les enseignants de mathématiques. Les SPC apparaissent ainsi comme la discipline fédératrice, pouvant jouer le rôle de pivot pour l'interdisciplinarité.

5. PISTES POUR LA FORMATION ET LA COLLABORATION

L'enquête réalisée au premier trimestre 2011 auprès d'enseignants de mathématiques, SPC, SVT et technologie de collège et de lycée visait à mieux définir leurs représentations associées aux démarches d'investigation (DI), et de quatre concepts clés des

DI : *problème, hypothèse, expérience* et *modèle*, par une approche comparative entre disciplines. Pour éclairer les réponses liées à ce sujet, elle sondait également les représentations des enseignants sur le statut et la construction des savoirs de leur discipline ainsi que leurs modèles d'apprentissage.

Les résultats montrent une forte incidence de la discipline sur les représentations liées aux savoirs et à leurs modes de construction, même si elles ne sont pas homogènes au sein d'une même discipline. En revanche, il est possible d'identifier des proximités entre les quatre disciplines au niveau des représentations concernant l'apprentissage : les représentations liées à des stratégies d'enseignement de type socioconstructiviste prenant en compte les connaissances initiales et favorisant les interactions sont dominantes et une représentation transmissive de l'enseignement est plutôt rejetée. Cet aspect des résultats constitue un atout pour la mise en œuvre de démarches d'investigation dans chacune des disciplines.

L'étude des représentations dominantes associées aux démarches d'investigation, au sein de chaque discipline, montre des convergences et des spécificités entre disciplines susceptibles de constituer des points d'appui ou des difficultés à des collaborations pour la mise en œuvre de démarches d'investigation. Ces représentations peuvent être liées à la démarche : ainsi, en SPC comme en SVT et technologie, mais contrairement aux mathématiques, les enseignants semblent accorder une forte importance au réel, qui s'exprime par le rôle de l'observation et/ou la nécessité d'établir des liens avec la vie quotidienne. Elles peuvent encore être liées aux fonctions accordées aux démarches. Dans les différentes disciplines, celles-ci semblent être perçues principalement sous leur aspect didactique, voire pédagogique alors que la dimension épistémologique permettant de conduire une réflexion sur la nature des sciences et sur les relations entre les disciplines n'est pas retenue comme un objectif prioritaire des démarches d'investigation. Cela ne signifie pas pour autant que les considérations épistémologiques ne sont pas prises en compte par les enseignants dans la préparation de telles séquences. Cette dimension épistémologique est d'ailleurs présente dans les instructions officielles, en particulier dans les préambules des programmes du lycée, comme éléments de réflexions pour la pratique enseignante, mais pas en tant que compétences explicites, même si elles réapparaissent en partie dans le socle commun.

Ces résultats suggèrent que l'explicitation des épistémologies dominantes au sein de chaque discipline permettrait, dans le respect des spécificités disciplinaires, d'identifier les convergences pour favoriser un travail collaboratif entre disciplines.

Les enseignants de SPC partagent avec leurs collègues des autres disciplines les difficultés ressenties pour la mise en œuvre de démarches d'investigation : ces difficultés concernent la gestion des élèves et leur manque d'autonomie, ainsi que le caractère chronophage de telles démarches. La question du temps attribué à l'apprentissage doit donc être considérée si l'on veut favoriser la mise en œuvre de ces démarches dans les classes.

L'analyse des réponses sur les significations attribuées à quatre mots-clés étudiés dans

l'enquête met davantage encore en évidence les spécificités des réponses des enseignants de SPC.

Si une certaine proximité existe avec les SVT sur les termes *problème* et *expérience*, et dans une moindre mesure *hypothèse*, c'est avec les mathématiques que le rapprochement se fait sur le terme *modèle*, les SVT se retrouvant sur ce point proche de la technologie (modèle comme maquette en particulier). L'enquête montre que les enseignants n'ont pas forcément conscience de ces couplages sur la notion de modèle, qui reste donc celle qui semble nécessiter le plus d'échanges entre disciplines.

Plus globalement, l'enquête met en évidence la méconnaissance des significations des termes *problème, hypothèse, expérience* et *modèle* d'une discipline à l'autre. Les répondants de mathématiques expriment une grande distance entre la signification des quatre termes dans leur discipline et dans les trois autres, ce qui est ressenti symétriquement par les répondants de SPC, SVT et technologie. Par ailleurs, la technologie est la moins connue des autres disciplines, et les SPC la discipline qui suscite souvent le plus grand sentiment de proximité pour les trois autres.

Ces résultats soulignent la dimension souvent implicite des épistémologies scolaires et l'importance de l'explicitation des termes communément utilisés dans la description des démarches d'investigation, ces termes constituant des outils méthodologiques, voire même des concepts épistémologiques fondamentaux des démarches scientifiques mobilisés dans un travail d'investigation. Ce travail, malheureusement peu pris en charge par l'institution, nous paraît nécessaire pour éviter des quiproquos et favoriser une meilleure compréhension entre enseignants de différentes disciplines afin de favoriser la cohérence des apprentissages des élèves. Il est cependant intéressant de noter que les SPC correspondent à la discipline qui suscite le plus grand sentiment de proximité entre ces concepts. Ainsi, dans l'hypothèse où la collaboration est plus facile avec ceux dont on se sent proches, les SPC représenteraient un pivot possible pour des travaux pluridisciplinaires.

Notre enquête apporte des éléments nouveaux concernant les représentations des enseignants des quatre disciplines scientifiques et technologiques relatives aux savoirs et aux démarches d'investigation. Ces résultats devraient outiller la réflexion sur le travail collaboratif des enseignants et la conduite d'activités d'investigation scientifique et technologique. Ils devraient également venir en appui à l'étude des conditions du travail entre disciplines dans le cadre d'enseignements pluridisciplinaires, interdisciplinaires, voire même intégrés. Nous faisons l'hypothèse que ces résultats peuvent en particulier favoriser l'articulation des disciplines dans la résolution de questions complexes par une approche co-disciplinaire. La co-disciplinarité a pour objet de porter des regards croisés et complémentaires sur les objets étudiés et les méthodologies mises en œuvre tout en respectant les spécificités de chacune des disciplines [12]. Une telle approche nécessite une mise en synergie des disciplines, sans pour autant faire disparaître leurs spécificités [13] et les résultats présentés ici montrent à quel point les sciences physiques et chimiques peuvent présenter toutes les caractéristiques pour jouer un rôle central dans ces dynamiques.

BIBLIOGRAPHIE ET NETOGRAPHIE

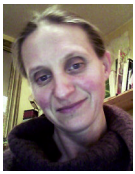
[1] CARIOU, J.-Y. *Un projet pour… faire vivre des démarches expérimentales*. Paris : Delagrave, 2007.

[2] MORGE L. et BOILEVIN J.-M. *Séquences d'investigation en physique-chimie… recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences*. Clermont-Ferrand : Scérén. Collection : repères pour agir, CRDP d'Auvergne, 2007.

[3] BLANCHARD-LAVILLE C. « De la co-disciplinarité en sciences de l'éducation ». *Revue Française de Pédagogie*, 2000, n° 132, p. 55-66.

[4] CHEVALLARD Y. *Vers une didactique de la codisciplinarité. Notes sur une nouvelle épistémologie scolaire*. Paper presented at the Journées de didactique comparée. Lyon, 2004.

Jacques VINCE
Enseignant-formateur
Lycée Ampère - Lyon (Rhône)
Professeur associé à l'Institut français de l'éducation
UMR ICAR - Équipe COAST



Réjane MONOD-ANSALDI
Chargée d'études et de recherches, PRAG SVT
EducTice - S2HEP
École normale supérieure de Lyon
Institut français de l'éducation
Lyon (Rhône)

Michèle PRIEUR
Chargée d'études et de recherches, PRAG SVT
EducTice - S2HEP
École normale supérieure de Lyon
Institut français de l'éducation
Lyon (Rhône)

Valérie FONTANIEU
Chargée d'études statistiques
Équipe informatique TICE
École normale supérieure de Lyon
Institut français de l'éducation
Lyon (Rhône)