Document generated on 07/17/2025 8:26 a.m.

Cahiers de la recherche en éducation

Analyse des effets de deux modalités de prise en compte des conceptions sur l'apprentissage de concepts en sciences physiques

Jacques Neirynck

Volume 6, Number 3, 1999

URI: https://id.erudit.org/iderudit/1016974ar
DOI: https://doi.org/10.7202/1016974ar

See table of contents

Publisher(s)

Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke

ISSN

1195-5732 (print)
2371-4999 (digital)

Explore this journal

Cite this article

Neirynck, J. (1999). Analyse des effets de deux modalités de prise en compte des conceptions sur l'apprentissage de concepts en sciences physiques. *Cahiers de la recherche en éducation*, *6*(3), 323–350. https://doi.org/10.7202/1016974ar

Article abstract

This article presents a comparative analysis of two methodologies for taking situational concepts (whether supports or obstacles) into account (positively or negatively) during an experiment conducted as part of lab work to improve concept learning in physics. The results do not reveal noteworthy overall differences between the two methods. Nevertheless, differential effects on learning were observed by method when it came to the preservation and acquisition of knowledge. Moreover, a student's situational concepts, as identified in relation to a posed problem situation, appear to influence concept learning, with students who have the majority of supports at the outset being favoured.

Tous droits réservés © Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke, 1999

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/

érudit

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

https://www.erudit.org/en/

Cahiers de la recherche en éducation, vol. 6, nº 3, 1999, p. 323 à 350

Analyse des effets de deux modalités de prise en compte des conceptions sur l'apprentissage de concepts en sciences physiques

Jacques **Neirynck** [1]
Haute École Roi Baudouin à Mons

Résumé – Cet article présente une analyse comparative de deux méthodologies de prise en compte (avec ou contre) des conceptions conjoncturelles (appui ou obstacle) dans une démarche expérimentale associée à des activités de laboratoire en vue d'améliorer l'apprentissage des concepts en physique. Les résultats ne mettent pas en évidence de différences notables globales entre les deux modalités. Nous avons cependant constaté des effets différenciés sur l'apprentissage suivant les modalités, en termes de conservation et d'acquisition de connaissances. De plus, les conceptions conjoncturelles d'un étudiant décelées par rapport à une situation problème posée semblent influencer l'apprentissage des concepts, en faveur de ceux qui possèdent au départ une majorité d'appuis.

1 Cet article est un condensé d'une partie de la thèse de doctorat (Neirynck, 1999) en sciences de l'éducation défendue à l'Université catholique de Louvain (Belgique) par l'auteur. Celui-ci tient particulièrement à remercier pour leur suivi le professeur Marcel Lebrun, promoteur (Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation), la professeure Mariane Frenay (Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation) et le professeur Jacques Lega (Faculté des sciences), tous deux membres du comité d'encadrement.

1. Introduction

Cette recherche consiste en une analyse comparative de deux méthodologies de prise en compte des conceptions conjoncturelles au sujet du savoir dans une démarche expérimentale associée à des activités de laboratoire en vue d'améliorer l'apprentissage des concepts scientifiques en physique. Un dispositif a été mis en place en 1998 à l'Institut supérieur industriel catholique du Hainaut (ISICH) et cet article en relate les éléments les plus importants. L'ISICH fait partie, depuis quatre ans, de la Haute École Roi Baudouin. En Belgique, cet institut est classé dans l'enseignement supérieur de type long (bac+4) de niveau universitaire, dont la finalité est de proposer une alternative à l'Université, dans un enseignement qui se préoccupe surtout de former des professionnels de haut niveau, directement opérationnels sur le marché du travail au terme de leurs études.

2. Cadre conceptuel

Le concept de représentation a été repris sous une inflation d'autres dénominations comme théories implicites, raisonnements spontanés ou naturels, connaissances pratiques, prémodèles, *misconceptions*, etc. Giordan et De Vecchi (1990, p.79) préfèrent les termes conceptions ou *construct* pour insister sur le fait que la conception n'est pas seulement un produit ou une production. La métaphore de l'iceberg (Jonnaert, 1988) traduit très bien cette idée : ce que l'apprenant fait et dit (les éléments observables, comme les comportements ou les conduites) n'est que le reflet du fonctionnement d'un modèle interne. La formulation de l'apprenant est l'indice d'autre chose de plus profond qui est réellement constitutif du savoir (Astolfi, 1997) et de nature conceptuelle (Erhlich, 1985). Giordan et De Vecchi (1990) s'intéressent à la constitution de cette structure « d'iceberg à double étage » dans leur modèle allostérique d'apprentissage. Celui-ci intègre le cadre commun de référence admis quant à l'apprentissage des sciences d'un point de vue constructiviste : construction, structuration et contextualisation des connaissances (Joshua et Dupin, 1993). Giordan et De Vecchi font l'hypothèse implicite que l'étudiant, sous certaines conditions, se construit des conceptions comme les chercheurs élaborent des concepts dans le domaine des sciences. En sciences, le point de départ d'un chercheur est une ou plusieurs questions qu'il se pose à partir des connaissances extraites du paradigme de sa discipline. L'étudiant, lui, se pose des questions à partir des connaissances qu'il active face à un problème qui se pose à lui. En sciences, le chercheur fournira une ou des réponses à l'aide des

lois et modèles existants ou modifiés selon les besoins. L'étudiant, lui, fournira une réponse grâce aux opérations mentales qui vont lui permettre de mettre en relation les connaissances activées à l'aide des signes et symboles à sa disposition. Tout comme les connaissances scientifiques ne sont pas figées, ce modèle n'est pas statique, mais dépend de la séquence pédagogique mise en place, du contexte dans lequel il émerge. Il est actualisé par la situation vécue, par les questions posées. Une conception possède une genèse individuelle et sociale, en rapport avec l'histoire de l'étudiant, avec le milieu socioculturel, avec la situation vécue et elle présente un caractère dynamique et évolutif.

Afin de ne pas réduire l'univers conceptuel d'une personne à ce qu'elle exprime, nous distinguons, comme Clément (1994, p. 21) ou Cordier, Denhière, George, Crépeault, Hoc et Richard, (1990, p. 36), les conceptions et les conceptions conjoncturelles, dont nous reprenons les propriétés principales dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 – Comparaison entre conceptions et conceptions conjoncturelles

	Conceptions (connaissances)	Conceptions conjoncturelles
Nature et localisation Rapport au temps	Permanentes et localisées en mémoire à long terme	Circonstancielles (transitoires, précaires) et localisées en mémoire opérationnelle
Rapport au contexte	Relativement indépendantes par rapport à la tâche	Finalisées par la tâche et la nature des décisions à prendre
Disponibilité	Besoin d'être activées	Disponibilité immédiate
Possibilité de changement	Oui, mais modifications lentes	Oui, immédiatement
Inférence	Oui, des conceptions conjoncturelles (inférence double)	Oui, du matériau expressif (discursif ou imagé) (inférence simple)
Fonctions	Actives dans la construction des conceptions conjoncturelles	Actives dans l'interprétation de situations concrètes

Nous utilisons le terme conception pour désigner les connaissances stables en mémoire à long terme qu'a l'étudiant à propos d'un concept scientifique. Ces connaissances conceptuelles et modèles, corrects ou non au regard des critères scientifiques, constituent le savoir de base de l'étudiant pour la compréhension

des messages, des situations et des problèmes qui lui sont proposés. Ils se modifient très lentement. C'est le « déjà-là conceptuel » d'Astolfi et Develay (1989), le « cadre de référence » d'un étudiant sur un objet d'étude de Giordan et De Vecchi (1990).

Nous utilisons les termes conceptions conjoncturelles pour désigner les structures circonstancielles et finalisées dans la mémoire de travail que l'étudiant construit à l'aide de ces conceptions pour interpréter un problème particulier qui se pose à lui. Dépendantes de la tâche et de la situation proposée, elles sont par nature éphémères.

Comme Clément (1994), nous employons volontairement le même terme complété d'un qualificatif pour désigner d'une part les connaissances stables et d'autre part les manifestations contextuelles de ces structures. En effet, les conceptions et les conceptions conjoncturelles sont en étroite relation (Richard, 1996). Les conceptions conjoncturelles se construisent à partir des conceptions activées dans la situation problème qui se présente à l'étudiant ; l'actualisation des conceptions conjoncturelles peut à son tour générer des changements dans les conceptions. D'un point de vue didactique, il est essentiel de faire cette distinction, car les conceptions conjoncturelles sont les informations avec lesquelles l'enseignant peut compter directement pour agir afin d'obtenir un apprentissage et, donc, une modification des connaissances des étudiants. Clément appelle encore « émergences » les éléments observables (ce que l'étudiant fait, dit, écrit, etc.) de Giordan et De Vecchi (1990, p. 94) ou encore la « représentation observée ou formulation de représentation » de Jonnaert (1988, p. 64), dont l'analyse fournit des renseignements sur une partie des conceptions conjoncturelles, c'est-à-dire la partie des conceptions mobilisées dans une situation précise : la partie qui émerge de l'iceberg.

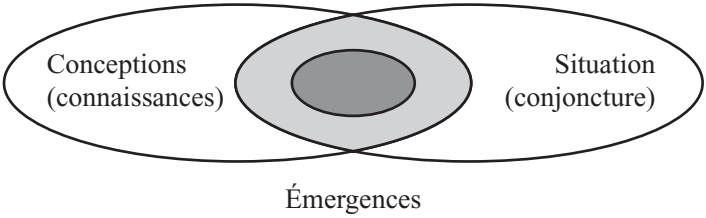

Figure 1 – Conceptions conjoncturelles et émergences
(Adaptation de Clément, 1994, p. 22)

Dans une situation d'apprentissage, les conceptions conjoncturelles sont souvent abordées implicitement comme des mauvaises conceptions. En effet, d'après de nombreux auteurs, l'analyse de la production des étudiants requiert de rechercher ce qui semble vrai, même si c'est maladroit, et ce qui est à remettre en cause (Astolfi, 1997). Mais par après, ces auteurs ne s'intéressent plus qu'à ce qui est à remettre en cause (De Vecchi, 1992). Cependant, pour l'étudiant, ses conceptions forment un tout : ce que nous cataloguons comme une partie fausse est en filiation avec la partie vraie du raisonnement (Clément, 1994). Il paraît logique qu'un travail sur la partie fausse du raisonnement naturel aura des conséquences sur la partie correcte du raisonnement. D'après Bourgeois et Nizet (1997), Viennot (1996) ou encore Jonnaert (1988), l'enseignant doit pouvoir sélectionner parmi les conceptions conjoncturelles de l'apprenant, les conceptions erronées qui devront être abandonnées tôt ou tard et les conceptions vraies, même mal exprimées ou exprimées de façon maladroite, qui constituent un appui intéressant pour l'apprentissage, par leur réalité et leur sens pour l'apprenant.

Aussi, nous appelons conception conjoncturelle appui (APPUI) une partie de raisonnement exprimé par l'étudiant à propos d'un problème qui lui est proposé et qui constitue un savoir utile pour la construction d'un concept, d'un principe ou d'une notion de physique. Cette partie est cohérente ou partiellement cohérente avec le savoir scientifique admis : elle peut donc entrer en résonance avec les connaissances scientifiques. Comme Lemeignan et Weil-Barais (1993, p. 26), on peut parler d'un modèle précurseur pour l'étudiant, c'est-à-dire comportant un certain nombre d'éléments caractéristiques des modèles savants vers lesquels ils tendent. On peut aussi rapprocher cette définition de la notion de connaissance locale d'un élève donnée par Léonard et Sackur (1990) : une connaissance correcte dans certaines limites, mais dont l'élève ignore l'existence de ces dernières.

Nous appelons conception conjoncturelle obstacle (OBSTACLE) une partie de raisonnement exprimé par l'étudiant sur un problème qui lui est proposé et qui constitue un savoir en contradiction avec le raisonnement scientifique admis. C'est une partie de raisonnement qui devra tôt ou tard être abandonnée ou remise en cause par l'étudiant. On peut rattacher cette définition à la notion d'obstacle telle que l'a définie en premier Bachelard (1938). Cependant, nous nous différencions des auteurs (Astolfi, 1997 ; Astolfi et Develay, 1989 ; Joshua et Dupin, 1993) qui s'intéressent à la « polymorphie » de l'obstacle et à ses aspects transversaux dans bien des domaines disciplinaires. C'est l'aspect local, lié à un problème déterminé, qui transparaît dans notre définition.

Comme Robardet et Guillaud (1995), nous insistons sur le fait que cette distinction est réalisée par l'enseignant et pas par l'étudiant. Pour celui-ci, les appuis et les obstacles coexistent et c'est l'ensemble qui constitue sa conception conjoncturelle mobilisée pour interpréter le problème qui se pose à lui. Pour illustrer notre propos, nous présentons en annexe une synthèse des appuis et des obstacles pour le « contenu matière » de sciences physiques de notre dispositif, soit la chaleur.

3. Objets de la recherche et problématique

L'analyse des conceptions conjoncturelles des étudiants n'est pas suffisante pour induire des pratiques pédagogiques (Giordan, Girault et Clément, 1994). Certains auteurs d'études très complètes sur les conceptions (Viennot, 1996) restent prudents dans leurs suggestions de transposition dans la pratique quotidienne sur le terrain. Cela peut cependant nous fournir des outils pour construire des situations didactiques même si on perd une partie de la finesse de l'analyse en recherche « contrôlée », avec les quelques conséquences incontournables sur le dispositif d'enseignement : la nécessaire expression des conceptions par les apprenants, le rôle de l'enseignant dans la dévolution didactique (Jonnaert, 1988), la création d'un environnement où l'apprenant se sente assez en confiance pour s'engager dans un processus d'accommodation.

Le contexte des activités de laboratoire est celui où nous avons la possibilité de mettre en place une recherche qui soit la plus écologique[2] possible. Les valeurs ajoutées potentielles de ce type de pratique sont nombreuses, mais pas toujours bien exploitées (Giordan *et al.*, 1994 ; White, 1979) : la structure de proximité en petits groupes, l'adaptation possible des tâches en fonction des préacquis des étudiants permettant de rendre ceux-ci actifs dans la construction de leur savoir, un lieu privilégié pour finaliser une démarche expérimentale complète, c'est-à-dire similaire à celle pratiquée par les scientifiques en situation de construction de concepts (Boud, Dunn et Hegarty-Hazel, 1986 ; Dumon, 1988).

Notre question générale de recherche se formule comme suit :

> Quelle(s) est (sont) la(les) façon(s) de prendre en compte les conceptions conjoncturelles au sujet du savoir, dans une démarche expérimentale associée à des activités de laboratoire, qui donnera(ont) un apprentissage des concepts de physique se rapprochant le plus possible des idées scientifiques actuelles ?

3.1 La prise en compte des conceptions conjoncturelles

Giordan *et al.* (1994) ont dégagé plusieurs types de liens possibles entre les activités proposées aux étudiants par l'enseignant et leurs conceptions. Pour les transformer dans une logique constructiviste centrée sur l'apprenant, il faut prendre en compte explicitement les conceptions dans les activités mises en place. Deux approches assez distinctes sont suggérées et résument assez bien le dilemme auquel est confronté l'enseignant qui veut mettre en route une procédure d'apprentissage chez l'étudiant : faut-il conserver, développer, faire « avec » ou supprimer, rectifier, faire « contre » les connaissances préacquises ?

Nous allons expliciter ces deux positions en les particularisant aux activités de laboratoire. Le contexte expérimental va servir à la formulation du problème de physique à résoudre (Joshua et Dupin, 1993) dans le sens donné par Robardet et Guillaud (1995) d'une énigme qu'il convient d'éclaircir et qui va permettre l'expression des conceptions, condition première de leur évolution. C'est pourquoi, la présentation de ce problème ne peut s'affranchir de trois contraintes : les traits principaux de l'expérience doivent paraître familiers aux étudiants pour qu'ils puissent se raccrocher à des connaissances antérieures, le phénomène nouveau qu'on veut mettre en avant doit être perçu par les étudiants pour qu'ils prennent conscience que tout n'est pas expliqué par leurs connaissances actuelles et l'expérience doit être simple, c'est-à-dire qu'il doit y avoir une bonne correspondance entre elle et le(s) phénomène(s) jugé(s) important(s) par l'enseignant pour que celui-ci puisse y faire référence facilement. Dans la préparation de la séquence d'enseignement, nous avons procédé auparavant à une analyse fine des conceptions conjoncturelles des étudiants afin de sélectionner les appuis et les obstacles individuels dans le raisonnement de ceux-ci. Ensuite, les deux propositions de prise en compte des conceptions conjoncturelles que nous énonçons rejoignent les deux manières de provoquer un déséquilibre des structures cognitives énumérées en premier par Piaget et reprises par Bourgeois et Nizet (1997) : les lacunes ou les contradictions dans le raisonnement des étudiants par rapport au savoir scientifique.

Le premier type de déséquilibre apparaît quand les informations apportées par l'environnement sont en contradiction directe avec les connaissances mobilisées par l'apprenant. C'est le cas, par exemple, d'une connaissance qui est démentie

2 Écologique : au sens premier de ce mot, c'est-à-dire qui respecte l'environnement scolaire habituel.

de manière flagrante par une expérience ou une observation. Le deuxième type se présente lorsque les connaissances mobilisées sont incomplètes pour expliquer une information nouvelle ou compromettent la résolution d'un problème. Toute lacune n'est pas nécessairement une source de perturbation cognitive : elle le devient à partir du moment où elle empêche l'apprenant de résoudre un problème ou de réaliser une action.

Finalement, pour nous :

– faire avec les conceptions d'un étudiant, c'est prendre en compte celles-ci comme outil didactique en les faisant émerger, en renforçant les conceptions conjoncturelles appuis mises en évidence pour mettre en route, par les lacunes, le phénomène d'accommodation chez l'étudiant. L'enseignant valorise les « bonnes » conceptions conjoncturelles exprimées pour se rapprocher de la connaissance des physiciens, espérant provoquer une prise de recul vis-à-vis des idées premières par une prise de conscience des limites de leurs connaissances.

– faire contre les conceptions d'un étudiant, c'est prendre en compte celles-ci comme outil didactique en les faisant émerger et en réfutant les conceptions conjoncturelles obstacles mises en évidence pour mettre en route, par les obstacles, le phénomène d'accommodation chez l'étudiant. L'enseignant fournira à l'étudiant le savoir scientifique souhaité, le fera se confronter avec ses conceptions préalables, montrera le décalage entre ses conceptions et le savoir scientifique.

Ces deux modalités de prise en compte constituent notre première variable indépendante et nous amènent à examiner quelques questions plus spécifiques. Afin d'aider l'étudiant à enrichir ses conceptions, pour qu'elles se rapprochent des concepts scientifiques actuellement admis, l'enseignant doit-il prendre comme point d'entrée les appuis ou les obstacles ?

Nous nous posons aussi la (les) question(s) du (des) lien(s) entre les conceptions : le renforcement des conceptions conjoncturelles appuis permettra-t-il de remettre en cause les conceptions conjoncturelles obstacles et de dépasser le conflit cognitif de départ pour aboutir à un véritable apprentissage ? La réfutation des conceptions conjoncturelles obstacles ne remettra-t-elle pas aussi en cause les conceptions conjoncturelles appuis ? Ne va-t-on pas déstructurer, lors du conflit provoqué, les connaissances de départ qui sont correctes et donc à conserver ?

La démarche expérimentale au sein de laquelle la prise en compte des conceptions aura lieu a comme rôle principal de valider explicitement le modèle « scientifique » correct, c'est-à-dire de fournir des arguments à l'enseignant pour avancer dans la construction du modèle, de confirmer, de renforcer la plausibilité et la « solidité » du modèle présenté. Les conceptions ont un caractère structuré, très stable par leur sens pour l'étudiant. Elles sont difficilement renversées par un simple discours d'enseignant ou par une « mise en évidence expérimentale » (Robardet et Guillaud, 1995). C'est donc une convergence d'éléments (expression des conceptions conjoncturelles, réalisation d'expériences, questions posées à l'étudiant) qui aboutira à un apprentissage réel.

3.2 L'état de départ de l'étudiant

Tous les étudiants ne sont pas égaux devant un problème de physique donné. Si nous leur demandons de s'exprimer au sujet d'une expérience de physique, certains auront un raisonnement proche du raisonnement scientifique admis et d'autres en seront fort éloignés. Ce que nous appelons l'état de départ de l'étudiant est l'ensemble de ses conceptions conjoncturelles par rapport à la situation problème posée. C'est une variable de type « invoquée ». Cet état se trouve être, cependant, le facteur de variation qui va différencier les étudiants en fonction de ce qu'ils exprimeront et constitue notre deuxième variable indépendante. Précisons maintenant un peu notre pensée.

Devant une situation problème donnée, certains étudiants auront un nombre d'appuis (d'obstacles) nettement supérieur (inférieur) à la moyenne de la population. Nous proposons de les classer dans une catégorie dite majorité. D'autres étudiants auront un nombre d'appuis (d'obstacles) nettement inférieur (supérieur) à la moyenne. Nous les classons dans une catégorie baptisée minorité. Il est évident que ces catégories se réfèrent aux appuis, minoritaires ou majoritaires et donc aussi trivialement aux obstacles par symétrie. Et enfin, il y a des étudiants qui ont un nombre d'appuis (d'obstacles) autour de la moyenne du groupe. Nous les classons dans une catégorie intermédiaire baptisée moyen.

Nous énonçons une question en rapport avec l'état de départ de l'apprenant avant apprentissage : celui-ci influence-t-il l'apprentissage que l'étudiant va être capable de mettre en œuvre ?

3.3 Effet d'interaction entre les deux variables indépendantes

Les deux variables indépendantes définies sont de nature différentes. En effet, la prise en compte des conceptions caractérise les interactions que l'étudiant va avoir avec l'enseignant. Par contre, la variable «état de départ de l'étudiant» caractérise le type de conceptions conjoncturelles d'un étudiant donné sur un problème donné par rapport à l'ensemble de ses pairs. Nous pouvons alors nous demander si l'action combinée des deux variables indépendantes donnera des résultats différents sur l'apprentissage des étudiants. Autrement dit, existerait-il des «classes d'étudiants» qui détermineraient le type de modalité à appliquer pour obtenir un apprentissage maximal? Doit-on mettre en œuvre en fonction de l'état initial des étudiants (conceptions conjoncturelles), des modalités différenciées de prise en compte des conceptions? Et surtout lesquelles et pour quelles catégories d'étudiants?

4. Dispositif de recherche en situation naturelle

Nous exposons brièvement ici les caractéristiques du dispositif qui nous a permis d'essayer de répondre aux questions posées. La population étudiée est constituée des étudiants de première candidature de l'Institut supérieur industriel catholique du Hainaut en 1997-1998 à Mons, soit 85 étudiants âgés de 18 à 21 ans.

Une première observation a été réalisée au début du mois de février 1998. Elle comportait deux parties: un test de connaissances (O_1) en physique sur la chaleur et un test «outil d'émergence» des conceptions conjoncturelles concernant le contenu matière des deux séances de laboratoire. Ensuite, durant un mois, deux séances de laboratoire (X_1 et X_2) ont été programmées. Immédiatement après les séances de laboratoire, un post-test de connaissances identique au prétest (O_2) a été administré aux étudiants. Le choix de deux tests se justifie par deux rôles distincts dans le dispositif: le test de connaissances mesure l'évolution des connaissances des étudiants et le test «outil d'émergence» détecte les conceptions conjoncturelles avant enseignement, pour préparer les interactions individuelles différenciées en séance.

Le contenu matière est une approche du concept de chaleur et plus particulièrement des concepts de chaleur massique et de chaleur latente à partir des différents facteurs dont ils dépendent. À l'issue des activités de laboratoire, les étudiants doivent être capables de répondre aux questions suivantes:

> Comment prévoir la température finale quand on met en contact plusieurs corps (solides et/ou liquides) à des températures différentes ? Que se passe-t-il quand on met différents corps à des températures différentes en contact ? De quels paramètres (masse, forme, volume, nature des corps, températures initiales, etc.) dépendent les transferts de chaleur entre deux corps ou plusieurs corps ? Que se passe-t-il lorsqu'un des corps change d'état ?

Le choix de ce problème expérimental permet aux étudiants de réaliser les expériences, avec une obtention rapide des résultats associés sur l'après-midi et reste cohérent avec le contexte particulier de la formation d'ingénieurs industriels.

Les groupes classe sont restés tels qu'ils ont été constitués. Les séances sont semblables au point de vue de la structure générale. La prise en compte des conceptions au sujet du savoir se démarque dans l'interaction individuelle avec chaque étudiant lors de chaque séance. Celui-ci reçoit en séance une série de questions en fonction de l'interaction (avec ou contre) qu'on veut mettre en place et en fonction de ses conceptions conjoncturelles repérées auparavant grâce au questionnaire « outil d'émergence », ceci afin d'obtenir un effet ciblé par étudiant. Cette façon de procéder concilie l'approche collective des activités de laboratoire (travaux de groupe pour réaliser les expériences) et l'approche individualisée nécessaire pour traiter les conceptions. Pour la partie collective, nous avons choisi de mettre en place une démarche en boucle de type « inductivo – hypothético – déductive », telle que décrite par Robardet et Guillaud (1995, p. 58).

Tableau 2 – Déroulement temporel d'une séance de laboratoire type

Phase individuelle (30 minutes)	Activation des conceptions conjoncturelles des étudiants Remise de documents catégorisés : questions rédigées en fonction de leurs réponses au test d'émergence pour faire « avec » ou faire « contre » Lecture des questions individuellement (avec éclaircissements de l'enseignant)	
Phase collective (2h30)	**Présentation commune** commentaires particuliers sans insister de manière collégiale sur ce qui est correct ou pas **Réalisation d'expériences identiques en groupes**	
Phase individuelle (45 minutes)	Réponses individuelles aux questions posées en début de séance Reformulation et synthèse des idées qu'ils ont dû	
	Renforcer (avec) « Ce que vous pensiez s'est révélé incohérent avec les observations »	**Abandonner** (contre) « Ce que vous pensiez s'est révélé cohérent avec les observations »
	par écrit et individuellement en fin de séance	

temps

4.1 Mesure des connaissances au sujet de la chaleur (test de connaissances)

Afin de pouvoir mesurer et de comparer l'apprentissage des étudiants à propos de concepts et de principes clés du cours sur la chaleur en première candidature, nous avons construit un questionnaire QCM, avec degrés de certitude et solutions générales implicites (Leclercq, 1986; Leclercq et Gilles, 1995) par ajustements successifs. Nous avons soumis une première version à la critique de trois experts scientifiques à qui nous avons demandé de valider les réponses attendues et de déterminer dans quelle mesure les items choisis étaient représentatifs du domaine de connaissances visé. Ensuite, nous avons demandé à deux personnes qui n'avaient pas de formation spécialisée en sciences de réaliser une évaluation de surface et de contrôler notamment la bonne formulation des questions, tant du point de vue du vocabulaire employé que de la présentation. Nous avons validé les items et les distracteurs des QCM de ce questionnaire à l'aide de l'indice r.bis (Leclercq, 1987). Les modalités de présentation générales du questionnaire et les instructions données aux étudiants proviennent de conseils fournis par Leclercq (1986, 1987).

4.2 Opérationnalisation de l'état de départ de l'étudiant

Pour déterminer les conceptions conjoncturelles individuelles des étudiants au sujet des concepts qui seront abordés au cours des séances de laboratoire, nous avons construit un questionnaire que nous avons baptisé outil d'émergence. Il s'intègre dans la situation d'enseignement en permettant à l'étudiant de prendre conscience de ses conceptions, ce qui est difficile si on lui fournit simplement une question ouverte, car ce qu'il connaît se présente comme une réalité familière, au sujet de laquelle il s'interroge rarement et qu'il ne cherche pas à expliciter. Nous avons donc décidé de présenter, pour chaque séance, la description d'une expérience qui sera réalisée en classe et par rapport à laquelle nous demandons aux étudiants de prévoir ce qui va se passer et de commenter leur choix. Les étudiants doivent ensuite se positionner (vrai ou faux?) par rapport à un catalogue d'affirmations provenant des justifications aux questions ouvertes proposées aux étudiants lors de dispositifs antérieurs. Suivant les réponses fournies aux questions vrai ou faux, nous avons déterminé les appuis et les obstacles de chaque étudiant (voir les annexes).

Par exemple, si un étudiant pense que «du froid est transféré de l'eau vers la pièce d'acier», c'est pour nous un obstacle. En effet, lors du contact entre

deux corps à des températures différentes, l'interprétation du phénomène d'un point de vue microscopique montre que ce sont les molécules les plus agitées qui communiquent leur énergie par vibrations et chocs aux molécules les moins agitées. Le transfert d'énergie ne peut donc se produire que du corps le plus chaud vers le corps le plus froid.

Par contre, si un étudiant pense que «pour fondre la glace, on a besoin de plus d'énergie que pour augmenter sa température de 1°C», c'est pour nous un appui. Cette proposition est correcte, car la capacité thermique massique de l'eau est de 4,18 J/kg°C et la chaleur de fusion de la glace est de 330 J/g. On voit donc qu'il faut presque 80 fois plus d'énergie pour fondre un gramme de glace que pour réchauffer un gramme d'eau.

Le nombre d'appuis des étudiants peut en théorie varier de 0 à 40, car il y a 40 affirmations. La distribution observée est comprise entre 16 et 36, symétrique par rapport à la moyenne arithmétique calculée de 26, avec un écart type de 5. L'outil créé ne donne en effet pas une mesure absolue, car il n'existe pas d'étudiant qui possède uniquement des conceptions obstacle !

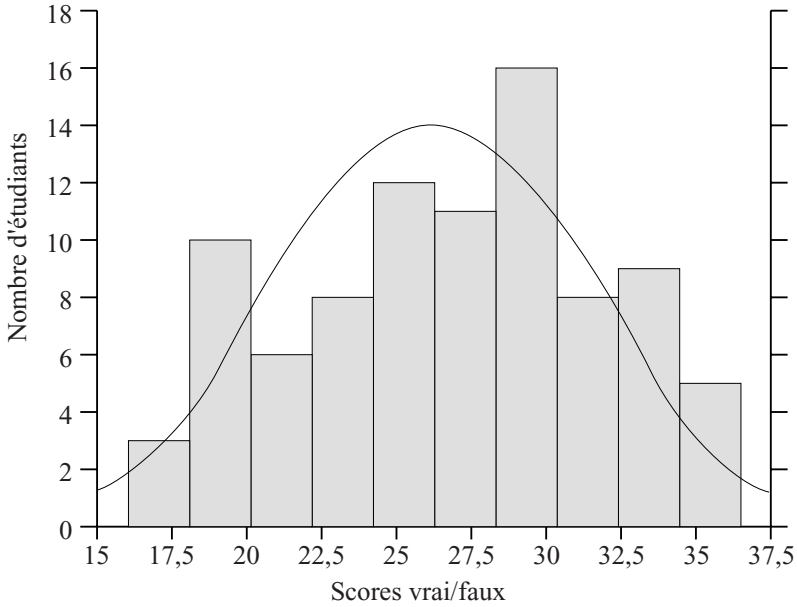

Figure 2 – Histogramme des scores des étudiants au questionnaire d'émergence

C'est par rapport à la moyenne observée que nous avons classé les étudiants et opérationnalisé la variable «état de départ de l'étudiant», en définissant trois types d'étudiants.

– Si l'étudiant obtient un score qui le positionne dans les 27 % supérieurs de la distribution, nous le classons dans la catégorie dite majorité.

– Si l'étudiant obtient un score qui le positionne dans les 27% inférieurs de la distribution, nous le classons dans la catégorie dite minorité.

– Si l'étudiant obtient un score qui le positionne dans les 46% centraux de la distribution, nous le classons dans la catégorie baptisée moyen.

Cette classification provient d'une transposition de l'idée de Kelley (1939) pour «la sélection du groupe inférieur et supérieur pour la validation d'items d'un test», notamment pour que ceux-ci différencient convenablement les étudiants. Il n'y a aucune raison formelle de diviser les étudiants en trois groupes d'égales compositions. L'idée d'élargir le groupe central, où il est probable d'avoir une information pertinente sur les effets de la variable «prise en compte des conceptions», nous a fait pencher pour cette solution.

4.3 Opérationnalisation de la prise en compte des conceptions conjoncturelles

Le test «outil d'émergence» résout en partie le dilemme consistant à essayer dans la mesure du possible à individualiser les questions à poser aux étudiants et à contrôler l'attitude de l'enseignant dans le dispositif. En effet, nous avons rédigé des questions standardisées, liées chacune à la série de propositions vrai/faux et fonction de la modalité de prise en compte que nous voulions mettre en œuvre. La sélection proposée sera ensuite différenciée pour chaque étudiant. Nous donnons ci-après quelques exemples, l'ensemble du questionnaire étant beaucoup trop long pour figurer dans cet article.

– *Faire avec*

Un étudiant relève que le processus vers l'équilibre des températures n'est pas instantané et que l'eau se réchauffe moins vite que l'acier ne se refroidit. Ceci constitue pour nous un appui. Nous signalons à l'étudiant que ces propositions sont correctes. Nous lui demandons de poursuivre son raisonnement et de

trouver à l'aide d'une analogie hydraulique quels sont les paramètres expliquant la température finale, ceci dans l'objectif de lui faire prendre conscience que les différences de variations de températures des deux corps sont une conséquence et pas la cause de la localisation de la température finale.

– *Faire contre*

Un étudiant pense que la température se «partage» entre les deux corps. D'après lui, il y a un échange mutuel d'une même différence de température. Il additionne et soustrait les températures. Ceci est en contradiction avec les propriétés de la température et il y a ici confusion entre les concepts de chaleur et de température. Nous demandons à l'étudiant quelle différence il fait entre les notions de température, de chaleur et d'énergie. Nous lui signalons qu'il confond la cause (différence de température) et l'effet (la propagation de la chaleur).

5. Résultats et discussion

Le schéma ci-dessous rappelle de façon synthétique le plan expérimental.

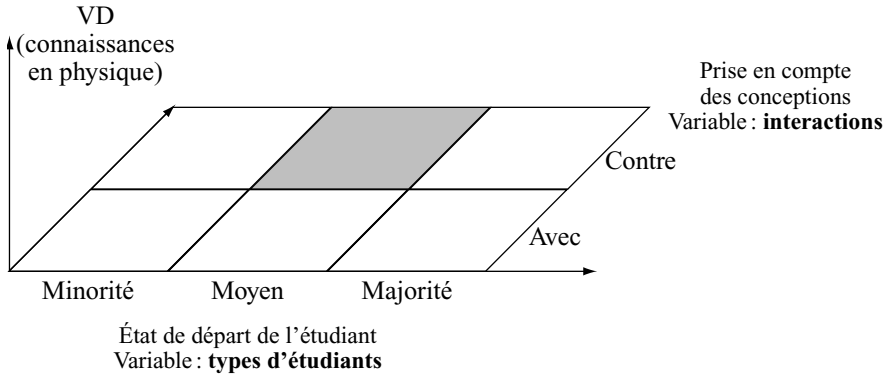

Figure 3 – Plan expérimental

Pour tenir compte de la valeur relative des variations des scores des étudiants entre le prétest et le post-test, nous utilisons les notions de gain relatif et perte relative[3] définies par d'Hainaut (1986), indépendantes du niveau de départ de l'étudiant et proportionnelles à l'efficacité de l'action pédagogique.

Tableau 3 – Moyennes des scores relatifs (gains et pertes) de notre dispositif (en %) et erreur standard de la moyenne

	Minorité		Moyen		Majorité		Moyenne	
Avec	16,4	± 4,5	15,9	±4,5	31,0	±6,0	19,9	±3,1
	10 sujets		22 sujets		11 sujets		43 sujets	
Contre	12,3	±5,2	28,3	±3,6	33,8	±8,0	25,8	±3,1
	10 sujets		22 sujets		10 sujets		42 sujets	
Moyenne	14,4	±3,4	22,1	±3,0	32,3	±4,8	23,0	±2,0
	20 sujets		44 sujets		21 sujets		85 sujets	

En examinant le tableau 2, nous constatons que les deux modalités de prise en compte des conceptions conjoncturelles sont équivalentes du point de vue de l'apprentissage (pas de différences significatives au test d'ANOVA au seuil de signification de 0,41). Par contre les groupes constitués à partir de la variable «types d'étudiants» ne peuvent être considérés comme totalement équivalents (différence significative au test d'ANOVA au seuil de signification de 0,0136). Le test de Fisher met en évidence une différence significative de 18% entre les groupes majorité et minorité (probabilité critique de 0,0038) en faveur du groupe majorité et de 10% entre les groupes majorité et moyen (probabilité critique de 0,049) en faveur du groupe majorité. L'état de départ de l'apprenant a une influence sur l'apprentissage que l'étudiant va être capable de mettre en œuvre. D'après nos résultats, les étudiants qui possèdent au départ une majorité d'appuis sont ceux qui sont capables de mettre en route l'apprentissage le plus efficace, et ce, peu importe le type d'interactions qu'on met en place pour traiter leurs conceptions.

À l'intérieur du groupe moyen, un test t de Student confirme une différence significative de 12,4% entre les sous-groupes moyen/avec et moyen/contre en faveur du groupe contre (probabilité critique de 0,037). Dans le groupe moyen les effets sur l'apprentissage sont différents suivant qu'on agit contre les obstacles ou avec les appuis, et ce, en faveur de l'interaction contre. En fonction de l'état initial des étudiants et notamment dans le groupe moyen, des modes différenciés de prise en compte donnent des apprentissages significativement différents.

À l'intérieur des groupes minorité et majorité, nous ne notons pas d'effets différents suivant les modalités de prise en compte des conceptions conjoncturelles. Nous devons toutefois être prudent dans nos conclusions, car le nombre d'étudiants dans chacun de ces sous-groupes devient très faible.

Bien que nous ayons détecté des effets différenciés sur l'apprentissage dans certains groupes d'étudiants, la marge de progression des étudiants reste encore grande. Par exemple, si nous comparons les groupes minorité et majorité, les scores relatifs moyens varient du simple au double ! (de 14 % à 32 %) Si nous comparons les moyennes des scores relatifs à l'intérieur du groupe moyen, ils varient aussi pratiquement du simple au double (de 16 % à 28 %). Mais la progression potentielle des scores relatifs varie encore de 85 % à 70 % dans ces différents groupes.

Afin d'aller au-delà du simple constat, nous tentons de préciser la nature des effets observés en termes de conservation des informations et d'efficacité de l'enseignement, car apprendre, c'est à la fois conserver les informations acquises pertinentes et changer celles non maîtrisées. Pour analyser les variations des scores d'un étudiant donné d'un prétest à un post-test, De Ketele (1981) propose différents indices.

L'indice de conservation (perte) (c') est défini comme le nombre d'items maîtrisés à la fois au prétest et au post-test par un étudiant, divisé par le nombre total d'items maîtrisés au prétest par cet étudiant.

L'indice d'efficience (inefficience) (e') est défini comme le nombre d'items non maîtrisés au prétest par un étudiant, mais bien réussis au post-test, divisé par le nombre total d'items non maîtrisés au prétest par cet étudiant.

Par analogie avec le coefficient de corrélation, si on désire des indices variant de -1 (pôle négatif) à +1 (pôle positif) en passant par 0 (point d'équilibre), il suffit d'effectuer alors le changement de variables suivant : C'=2c'-1 ; E'=2e'-1 .

---

3 Gain relatif : C'est le rapport de ce que l'étudiant a gagné à ce qu'il aurait pu gagner au maximum. Ce rapport est exprimé en pourcentage et varie donc entre 0 et 100. Perte relative : Si la performance de l'étudiant diminue entre le prétest et le post-test, il n'y a plus gain mais perte et la notion de gain relatif n'a plus de sens. On calcule alors la perte relative, définie comme le rapport de ce que l'étudiant a perdu à ce qu'il aurait pu perdre. Ce rapport est exprimé en % et varie de 0 à -100.

Nous allons à présent évaluer le premier versant des prolongements possibles de l'enseignement, à savoir la conservation de connaissances correctes.

Tableau 4 – Moyennes des indices de conservation des étudiants pour notre dispositif et erreur standard de la moyenne

	Minorité		Moyen		Majorité		Moyenne	
Avec	0,32	±0,16	-0,45	±0,09	0,73	±0,06	0,49	±0,06
	10 sujets		22 sujets		11 sujets		43 sujets	
Contre	0,42	±0,10	0,58	±0,08	0,65	±0,14	0,56	±0,06
	10 sujets		22 sujets		10 sujets		42 sujets	
Moyenne	0,37	±0,09	0,51	±0,06	0,69	±0,07	0,52	±0,04
	20 sujets		44 sujets		21 sujets		85 sujets	

Pour la variable « interactions » prise seule, le test d'ANOVA ne détecte pas de différences significatives entre les moyennes des indices de conservation des groupes avec et contre : le renforcement des appuis ou la confrontation aux obstacles ne remet pas en cause les connaissances des étudiants. Ils conservent dans ces deux groupes près de 75 % des connaissances de départ.

En revanche, les moyennes des indices de conservation des groupes d'étudiants constitués à partir de la variable types d'étudiants ne peuvent être considérées comme équivalentes (probabilité critique de 0,0329 au test d'ANOVA). Le test de Fisher montre que c'est le groupe majorité qui réalise un score en moyenne nettement supérieur au groupe minorité. Alors que dans le groupe minorité, l'indice de conservation est de 0,37 ce qui signifie que 31,5 % des réponses correctes à l'entrée ne le sont plus après enseignement, il est de 0,7 pour le groupe majorité, ce qui signifie que 85 % des items corrects au départ le sont après enseignement.

Nous allons à présent évaluer le deuxième versant des prolongements possibles de l'enseignement, à savoir l'acquisition de nouvelles connaissances.

Tableau 5 – Moyennes des indices d'efficience pour notre dispositif et erreur standard de la moyenne

	Minorité		Moyen		Majorité		Moyenne	
Avec	-0,19	±0,08	-0,20	±0,07	0,18	±0,09	-0,10	±0,05
	10 sujets		22 sujets		11 sujets		43 sujets	
Contre	-0,16	±0,10	0,14	±0,04	0,24	±0,14	0,09	±0,05
	10 sujets		22 sujets		10 sujets		42 sujets	
Moyenne	-0,18	±0,06	-0,03	±0,05	0,21	±0,08	-0,01	±0,04
	20 sujets		44 sujets		21 sujets		85 sujets	

Le test d'ANOVA montre qu'il y a des différences statistiques significatives pour les groupes constitués à partir de la variable « interactions » (probabilité critique de 0,0413) et pour les groupes constitués à partir de la variable types d'étudiants (probabilité critique de 0,0003). Nous allons les examiner une par une.

Comparaison au sein des groupes formés à partir de la variable interactions – Les étudiants avec lesquels nous avons été « contre » leurs conceptions obstacles ont progressé dans 55 % des items où ils le pouvaient encore, alors que ceux avec lesquels nous avons été « avec » leurs conceptions appuis n'ont progressé que dans 45 % des items où ils le pouvaient encore (différence significative de 0,19 avec une probabilité critique de 0,0038 au test de Fisher).

Comparaison au sein des groupes constitués à partir de la variable types d'étudiants – C'est le groupe des étudiants majorité qui réalise un score en moyenne nettement supérieur aux groupes minorité (avec une probabilité critique inférieure à 0,0001) et moyen (avec une probabilité critique de 0,0031). Alors que dans le groupe minorité, l'indice est de -0,18 (ce qui signifie que 41 % des réponses non correctes à l'entrée deviennent exactes après enseignement), il est de -0,03 pour le groupe moyen (ce qui signifie que 48,5 % des items incorrects au départ deviennent exacts après enseignement) et de 0,21 pour le groupe majorité (ce qui signifie que 60,5 % des items incorrects au départ deviennent corrects après enseignement).

Comparaison au sein des groupes formés à partir des variables croisées – À l'intérieur des groupes minorité et majorité, faire avec ou contre ne semble pas provoquer d'effets différents, mais étant donné le nombre d'étudiants par groupe (10), nous devons être prudent dans nos conclusions. Par contre, au sein du groupe moyen, nous constatons que les effets ne varient pas dans le même sens suivant l'interaction. Le score du groupe moyen d'efficience proche de 0 provient de deux effets antagonistes : un indice d'efficience moyen de -0,199 pour le groupe avec (ce qui signifie que 41 % des réponses non correctes à l'entrée deviennent exactes après enseignement) et un indice d'efficience moyen de +0,140 pour le groupe contre (ce qui signifie que 57 % des réponses non correctes à l'entrée deviennent exactes après enseignement). Le test t de Student montre que la différence de 0,338 entre les deux groupes est significative en faveur du groupe contre (probabilité critique de 0,0001).

Des différences significatives sont mises en évidence dans les moyennes des scores relatifs, des indices de conservation et d'efficience. Or, ces trois variables sont intimement liées : le score relatif dépend du score de départ, du score d'arrivée, lui-même dépendant des réponses correctes conservées (conservation) ou pas et des réponses correctes supplémentaires (efficience). Aussi, nous présentons maintenant en parallèle ces trois indices. Nous constatons que les groupes qui présentent les scores relatifs les plus élevés sont ceux qui conjuguent deux effets : une bonne conservation et une bonne efficience.

Tableau 6 – Synthèse des scores relatifs en parallèle avec les indices de conservation et d'efficience

Groupes d'étudiants	Score relatif moyen (%)	Indice de conservation moyen	Indice d'efficience moyen
avec minorité	16,4	0,32	-0,19
avec majorité	31	0,73	0,18
avec moyen	15,9	0,45	-0,20
contre minorité	12,3	0,42	-0,16
contre majorité	33,8	0,65	0,24
contre moyen	28,3	0,58	0,14

Conclusions et perspectives

– La prise en compte des conceptions, une véritable nécessité ?

Notre tentative d'utilisation des conceptions souligne le caractère de non-évidence de certains aspects de la physique, qualifiés d'élémentaires à tel point qu'on ne prend même plus la peine d'en vérifier la maîtrise au niveau d'enseignement où nous avons travaillé. Quelle ne fut pas notre surprise dans nos premières investigations, comme d'autres avant nous dans des champs de connaissances différents, de constater que nos étudiants de première candidature raisonnaient comme des élèves de primaire quand on les interrogeait à l'aide de questions faisant appel à des situations de la vie courante. Comment alors nier qu'une interaction pédagogique en prise sur les productions des étudiants rendrait l'apprentissage plus efficient ?

– Les conceptions, moins spontanées qu'il n'y paraît...

Les conceptions conjoncturelles nous renvoient à quelque chose exprimé par l'étudiant face à un problème auquel il est confronté, qui présente deux caractéristiques à la fois opposées et complémentaires : a) une distance par rapport au savoir scientifique, par rapport à une formulation correcte que nous attendions ; b) une logique fonctionnelle pour celui qui l'exprime, parfois très proche du savoir scientifique.

C'est pourquoi nous avons distingué deux types de conceptions conjoncturelles : celles qui sont compatibles avec la connaissance scientifique et qui en constituent un sous-ensemble (les appuis) et celles qui sont incompatibles avec celle-ci (les obstacles). Les premières n'ont nul besoin d'être rectifiées, mais devraient plutôt être exploitées. Nous pensons dans notre cas, par exemple, à des raisonnements en terme de bilan d'énergie, en terme d'analogie hydraulique ou en terme de symétrie des transferts. Les secondes posent en revanche de sérieux problèmes quant à leur évolution. Nous pensons, par exemple, à la confusion entre la chaleur et la température ou encore au modèle à « deux fluides, le froid et le chaud » bien souvent évoqué par les étudiants.

L'étude des conceptions nous a permis de nous interroger sur les conditions favorisant l'apprentissage et de les tester. L'autre question est de savoir ce qu'il faut faire des conceptions conjoncturelles et deux positions extrêmes ont été

essayées. Une qui voulait construire le raisonnement scientifique en s'attaquant directement aux conceptions conjoncturelles obstacles (faire contre) et l'autre qui préconisait plutôt de considérer les conceptions conjoncturelles appuis comme une voie d'approche du savoir scientifique (faire avec). Les résultats que nous avons obtenus ne font pas apparaître de différences notables entre les deux modalités de prise en compte. Pour les étudiants situés dans le groupe qualifié de moyen (ceux qui possèdent un nombre d'appuis proche de la moyenne de la population étudiée), les résultats semblent donner des arguments en faveur des obstacles comme point d'entrée pour favoriser l'apprentissage (une efficience plus importante, tout en gardant les informations correctes au départ), mais ne permettent pas de trancher définitivement. Nous avons aussi constaté que dans les deux cas, les informations correctes de départ le restent en grande majorité après enseignement.

– *Et l'étudiant ?*

La question classique « Comment faire avec des étudiants qui ont chacun leurs propres conceptions ? » s'est posée à nous de façon criante. Certes, au fur et à mesure qu'on avance dans la recherche, on met à jour des régularités telles qu'on dispose pour de nombreux champs conceptuels d'un relevé des conceptions les plus fréquentes. D'après certains auteurs (Astolfi, 1997, par exemple), il n'y aurait pas autant de conceptions que de sujets singuliers. D'après nous, ils ont raison de rechercher les constantes parmi les conceptions, ce qui permet d'en prévoir *a priori* l'occurrence, mais ils occultent par là le fait que les conceptions exprimées par un étudiant face à un problème posé restent malgré tout différentes. C'est pourquoi nous avons proposé l'élaboration d'un questionnaire permettant à la fois d'individualiser la recherche des conceptions et de la standardiser dans le double but de déterminer des catégories d'étudiants et de faciliter la rédaction de questions pour interagir sur les conceptions. Cependant, nous savons que les conceptions sont spécifiques à un domaine, mais qu'elles sont aussi sensibles aux modes de questionnements utilisés, verbal (écrit ou oral) ou non verbal (dessiner par exemple). Ces phénomènes entrent dans la catégorie des biais cognitifs qui orientent les réponses des sujets, qu'on peut expérimentalement provoquer ou induire. Ceci montre les limites de la méthode que nous avons utilisée, basée uniquement sur des interactions écrites. Il est donc aussi probable que ce fait biaise aussi en partie les catégories d'étudiants que nous avons définies. D'autres propositions pour déceler cet état de départ sont à rechercher.

Références

AGABRA, J. (1986).
Les échanges thermiques. *Aster, 2*, 1-41.

ASTOLFI, J.P. (1997).
L'erreur, un outil pour enseigner. Paris : ESF.

ASTOLFI, J.P. et DEVELAY, M. (1989).
La didactique des sciences. Paris : Presses universitaires de France.

BACHELARD, G. (1938).
La formation de l'esprit scientifique. Paris : Vrin.

BOUD, D., DUNN, J. et HEGARTY-HAZEL, E. (1986).
Teaching in laboratories. Guildford : Society into Research in Higher Education et NFER-NELSON.

BOURGEOIS, E. et NIZET, J. (1997).
Apprentissage et formation des adultes. Paris : Presses universitaires de France.

CLÉMENT, P. (1994).
Représentations, conceptions, connaissances. *In* A. Giordan, Y. Girault et P. Clément (dir.), *Conceptions et connaissances* (p.15-45). Berne-Francfort : Peter Lang.

CORDIER, F., DENHIÈRE, G., GEORGE, C., CRÉPEAULT, J., HOC, J.M. et RICHARD, J.F. (1990).
Connaissances et représentations. *In* J.F. Richard, C. Bonnet et R. Ghiglione (dir.), *Traité de psychologie cognitive* (Tome 2 – Le traitement de l'information symbolique) (p. 35-102). Paris : Dunod.

D'HAINAUT, L. (1986).
Concepts et méthodes de la statistique (Tome 1 – Une variable, une dimension. Bruxelles : Labor.

DE KETELE, J.M. (1981).
Observer pour éduquer. Berne-Francfort : Peter Lang.

DE VECCHI, G. (1992).
Aider les élèves à apprendre. Paris : Hachette.

DRIVER, R. et CLOUGH, E.E. (1985).
Secondary students' conceptions of the conduction of Heat : Bringing together scientific and personal views. *Physics Education, 20*, 176-182.

DRIVER, R., GUESNE, E. et TIBERGHIEN, A. (dir.) (1985).
Children's ideas in science. Glasgow : Open University Press.

DUMON, A. (1988).
Quelle(s) méthode(s) pour l'enseignement expérimental de la chimie ? (1er cycle universitaire). *Revue française de pédagogie, 88*, 29-38.

ERICKSON, G.L. (1979).
Children's Conceptions of Heat and Temperature. *Science Education, 63*(2), 221-230.

GIORDAN, A. et DE VECCHI, G. (1990).
Les origines du savoir. Neuchâtel-Paris : Delachaux et Niestlé.

GIORDAN, A., GIRAULT, Y. et CLÉMENT, P. (1994).
Conceptions et connaissances. Berne-Francfort : Peter Lang.

JONNAERT, PH. (1988).
Conflit de savoirs et didactique. Bruxelles : De Bœck Université.

JOSHUA, S. et DUPIN, J.J. (1993).
Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques. Paris : Presses universitaires de France.

KELLEY, T.L. (1939).
The selection of upper and lower groups for the validation of test items. *The Journal of Educational Psychology, 30*, 17-24.

KESIDOU, S. et DUIT, R. (1993).
Students' conceptions of the second law of thermodynamics – An interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching, 30*(1), 85-106.

LECLERCQ, D. (1986).
La conception des questions à choix multiples. Bruxelles : Labor.

LECLERCQ, D. (1987).
Qualité des questions et signification des scores. Bruxelles : Labor.

LECLERCQ, D. et GILLES J.L. (1995).
Le kaléidoscope des techniques de questionnement. *In Les Actes de la 3e journée de l'AIPU* (Communauté française de Belgique) sur le thème « L'examen par QCM dans l'enseignement supérieur et universitaire », Université de Liège, le 22 septembre.

LEMEIGNAN, G. et WEIL-BARAIS, A. (1993).
Construire des concepts en physique. Paris : Hachette.

LÉONARD, F. et SACKUR, C. (1990).
Connaissances locales et triple approche. Une méthodologie de recherche. *Recherches en didactique des mathématiques, 10*(23), 205-240.

LEWIS, E.L. et LINN, M.C. (1994).
Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults and experts : Implications for curricular improvements. *Journal of Research in Science Teaching, 31*(6), 657-677.

NEIRYNCK, J. (1999).
La prise en compte des conceptions des étudiants dans l'apprentissage des sciences physiques : le cas des activités de laboratoire dans une première candidature en ingénieur industriel. Thèse de doctorat inédite, Université catholique de Louvain. Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, Louvain-la-Neuve.

RICHARD, J.F. (1996).
Les activités mentales. *Cahiers pédagogiques, 334-335*, 18-28.

ROBARDET, G. et GUILLAUD, J.C. (1995).
Éléments d'épistémologie et de didactique des sciences physiques. Grenoble : IUFM de Grenoble.

STAVY, R. et BERKOVITZ, B. (1980).
Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education, 64*(5), 679-692.

VIENNOT, L. (1996).
Raisonner en physique – La part du sens commun. Bruxelles: De Bœck Université.

WHITE, R.T. (1979).
Relevance of practical work to comprehension of physics. *Physics Education, 14*, 384-387.

ZIMMERMANN-ASTA RICCARDO, M.L. (1990).
Concept de chaleur – Contribution à l'étude des conceptions d'élèves et de leurs utilisations dans un processus d'apprentissage. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation de l'Université de Genève.

Abstract – This article presents a comparative analysis of two methodologies for taking situational concepts (whether supports or obstacles) into account (positively or negatively) during an experiment conducted as part of lab work to improve concept learning in physics. The results do not reveal noteworthy overall differences between the two methods. Nevertheless, differential effects on learning were observed by method when it came to the preservation and acquisition of knowledge. Moreover, a student's situational concepts, as identified in relation to a posed problem situation, appear to influence concept learning, with students who have the majority of supports at the outset being favoured.

Resumen – Este artículo presenta un análisis comparativo de dos metodologías considerando (con o contra) las concepciones coyunturales (apoyo u obstáculo) en una gestión experimental asociada a actividades de laboratorio con la intención de mejorar el aprendizaje de los conceptos de la física. Los resultados no permiten constatar diferencias globales notables entre las dos modalidades. Sin embargo, constatamos efectos diferenciados en el aprendizaje siguiendo las modalidades, en términos de conservación y de acquisición de conocimientos. Además, las concepciones coyunturales de un estudiante con respecto a una situación planteada parecen influenciar el aprendizaje de los conceptos, en favor de aquellos que poseen al comienzo un mayor apoyo.

Zusammenfassung – Dieser Artikel enthält eine vergleichende Analyse zweier methodoogischer Ansätze bei der Berücksichtigung (pro oder contra) konjunktureller Tendenzen (Hilfe oder Hemmnis) im Rahmen eines Experiments zur Laborarbeit zum Zwecke des besseren Erlernens physikalischer Konzepte. Die Resultate lassen keine nennenswerten Unterschiede zwischen den beiden Ansätzen zu Tage treten. Beim Lernprozess haben sich jedoch je nach Ansatz unterschiedliche Ergebnisse eingestellt, was den Erwerb und das Behalten von Kenntnissen anbetrifft. Weiterhin scheinen die konjunkturellen Tendenzen eines Lerners angesichts eines gestellten Problems das Erlernen von Konzepten zu beeinflussen, und zwar in positiver Hinsicht bei denjenigen Lernern, die von Anfang an über eine Mehrzahl von Hilfen verfügen.

Synthèse des appuis et des obstacles potentiels

De nombreuses études décrivent le type de raisonnements au sujet de la chaleur et des thèmes avoisinants que l'enseignant risque de rencontrer à tous les âges et niveaux de formation. Les informations obtenues l'ont été par des méthodologies très variées (entretiens non directifs, semi-directifs, avec réalisation ou observations d'expériences, questionnaires, etc.) et leurs résultats sont concordants. Nous en présentons une synthèse à l'aide des références suivantes dont nous ne prétendons pas qu'elle soit exhaustive, mais qu'elle couvre tout le champ de connaissances qui nous intéresse. Il s'agit de Agabra (1986), de Driver, Guesne et Tiberghien (1985), de Driver et Clough (1985), d'Erickson (1979), de Kesidou et Duit (1993), de Lewis et Linn (1994), de Stavy et Berkovitz (1980) et de Zimmermann-Asta Riccardo (1990).

Le premier tableau (annexe 1) explicite les appuis (+) et est composé de trois colonnes. La première colonne, intitulée «conceptions concernant...», situe le thème de façon globale et reprend les concepts ou relations entre concepts physiques sur la chaleur. La deuxième colonne contient l'explicitation de la partie du raisonnement des étudiants qui constitue un savoir appui tel que nous l'avons défini pour la construction d'un concept, d'un principe ou d'une notion physique. Dans la troisième colonne, nous plaçons en vis-à-vis les concepts, principes et notions de physique en rapport avec ces conceptions appuis en indiquant leur cohérence avec le savoir scientifique.

Le deuxième tableau (annexe 2) explicite les obstacles (-) et est composé de trois colonnes. La première colonne, intitulée «conceptions concernant...», situe le thème de façon globale et reprend les concepts ou relations entre concepts physiques sur la chaleur. La deuxième colonne contient l'explicitation de la partie du raisonnement des étudiants qui constitue un savoir obstacle pour la construction d'un concept, d'un principe ou d'une notion physique. Dans la troisième colonne, nous plaçons en vis-à-vis les concepts, principes et notions de physique correspondant à ces conceptions fausses et nous relevons les contradictions, difficultés soulevées par celles-ci.

Ce qui constitue un appui pour une notion de physique peut constituer un obstacle pour une autre notion, tout dépend du registre de formulation des concepts qu'on désire atteindre. Par exemple, le modèle fluide pour la calorimétrie permet de renforcer le principe de conservation (les quantités échangées sont conservées), mais n'est pas compatible avec le modèle énergétique de la chaleur.

Annexe 1 – Explicitation des appuis potentiels

Conceptions concernant...	Appui (+)	
	Raisonnements des étudiants	Concepts physiques mis en jeu
Relations Chaleur / température / substance **Principe zéro** (Mesure de la température)	Les comportements thermiques des substances sont différents et ne dépendent pas uniquement de leur température mais aussi de la forme, de la texture, de la substance, etc.	Introduction des propriétés caractéristiques liées à la substance comme la capacité thermique, la conductivité et les chaleurs latentes.
Différenciation entre chaleur / température	La température est indépendante de la matière. De nombreux paramètres interviennent pour expliquer des échanges thermiques (masse, nature des corps, etc.). La chaleur est «ce qui est transporté».	Concepts de chaleur (effet) et de température (cause).
Chaleur de transfert **Deuxième principe** propagation de la chaleur	Certains corps «accumulent» plus la chaleur que d'autres et inversement. Certains corps «transportent» plus facilement la chaleur que d'autres et inversement. • La chaleur est considérée comme un fluide unique : substancialisation de la chaleur. • Le transfert de chaleur se produit quand il y a une différence de température entre deux systèmes. S'il n'y a pas de différence, il n'y a pas de transfert possible.	Acquisition du concept de capacité thermique. Acquisition des notions d'isolants et de conducteurs de la chaleur (on ne sait pas empêcher le transfert de chaleur, mais on peut le ralentir). Le modèle substancialiste est utile dans le cadre des échanges thermiques «purs» (c'est-à-dire sans travail) pour introduire 1) un principe de conservation de la chaleur; 2) les concepts de quantité de chaleur, capacité thermique **C**, conductivité thermique λ, chaleur latente **L** de changement d'état; 3) un premier énoncé du second principe (sens des transferts spontanés de chaleur). Acquisition du principe zéro.
Énergie / transfert d'énergie (Nature de la chaleur)	• La chaleur est définie comme ayant un rapport avec l'énergie. • La chaleur est «quelque chose» qui ne se perd pas. • S'il y a transfert de chaleur vers un corps, cela correspond à une augmentation de l'agitation désordonnée des atomes au niveau microscopique.	Acquisition du principe de conservation de l'énergie. La chaleur est un mode de transfert désordonné d'énergie à l'échelle atomique.
Changement d'état	• La température de changement d'état est une valeur stable, constante. • La température de changement d'état est toujours identique pour chaque substance. • Pendant le changement d'état, les deux phases sont présentes.	• Acquisition de la notion de constance de la température pendant tout le changement d'état. • La température de changement dépend de la substance. • Durant tout le changement de phase, il y a coexistence des deux phases.

Annexe 2 – Explicitation des obstacles potentiels

Conceptions concernant...	Obstacle (-)	
	Raisonnements des étudiants	Concepts physiques mis en jeu
Relations chaleur/température/ substance **Principe zéro** (Mesure de la température)	• Existence de corps chauds ou froids par nature : la température propre ou naturelle d'un corps. • Certaines substances sont considérées comme source de chaleur. • La chaleur est liée à la vie, au corps. • Référence au sens toucher, pas de différence entre température et sensation de chaleur.	Difficulté de comprendre que la température est une caractéristique indépendante de la substance, une grandeur d'état. Difficulté d'admettre le principe de l'équilibre thermique et de comprendre qu'un thermomètre ne fournit pas la même information que le toucher.
Différenciation entre chaleur / température	• Emploi d'un mot pour l'autre, comme dans la vie quotidienne. • Les propriétés propres à la chaleur et à la température ne sont pas différenciées. • La température est le seul paramètre opérant dans les échanges thermiques (oubli de la masse, de la nature de la substance, etc.).	Difficultés de différencier chaleur et température, notamment quant à leurs propriétés caractéristiques : **température** : repérable et non additive **chaleur** : mesurable et additive. Difficulté de construire la notion quantitative de quantité de chaleur, car il y a confusion entre la cause (≠ de t°) et l'effet (propagation de chaleur).
Chaleur de transfert Deuxième principe : propagation de la chaleur	• Asymétrie dans les transferts de chaleur, selon la présence ou non d'une source de chaleur. • Confusion entre l'état final (équilibre thermique) et la façon d'y arriver dans l'étape transitoire (la vitesse de réchauffement ou de refroidissement). • Confusion entre les notions d'isolants et de sources de chaleur. • Propagation de deux substances antagonistes : le chaud et le froid. • La différence de quantité de substance «chaleur» entre deux corps est l'agent causal du transfert.	Difficulté de comprendre que la conductivité λ ne dépend pas du sens de propagation. Difficulté de différencier les concepts de conductivité thermique (conduire) et de capacité thermique (accumuler, restituer). Incompatibilité du modèle à double substance avec le principe de conservation de l'énergie et le principe de l'équilibre thermique. Confusion entre la cause (≠ de t°) et l'effet (propagation de chaleur).
Énergie / transfert d'énergie (Nature de la chaleur)	• La chaleur est associée à la notion de source et on peut la stocker. Elle est assimilée à une grandeur d'état (états chaud et froid). • La chaleur est définie uniquement par ses effets thermiques ou est en lien avec une transformation de l'état du système (volume, état, etc.).	Confusion entre une forme de transfert d'énergie (la chaleur **Q**) et le stockage de l'énergie (énergie interne **U**). La température ou une transformation du système n'est pas l'unique critère pour déterminer s'il y a eu transfert d'énergie sous forme de chaleur. Difficulté de comprendre «l'équivalence» travail **W** / chaleur **Q**.
Changement d'état	• Tout apport de chaleur augmente la température, même pendant le changement d'état. • La température de changement d'état est liée à la quantité de matière. • Prégnance des processus sur les phénomènes d'état. • Existence d'une température maximum • Les corps n'existent que sous une forme à la fois.	Difficulté d'admettre la constance de la température pendant le changement d'état. Difficulté de comprendre que, pendant le changement de phase, les deux phases coexistent.