

INTERPRÉTATION DES SIMILITUDES ET DIFFÉRENCES DANS LA MAÎTRISE CONCEPTUELLE D'ÉTUDIANTS EN ÉLECTROMAGNÉTISME À PARTIR DE LEUR(S) RAPPORT(S) AU(X) SAVOIR(S)

Patrice Venturini
Virginie Albe

Dans cet article, nous utilisons le concept de rapport au savoir pour expliquer des différences dans la maîtrise conceptuelle d'étudiants en début de licence sur un domaine particulier, l'électromagnétisme.

À partir d'un questionnaire, nous avons montré que la majorité des étudiants ont des difficultés à donner un sens physique aux concepts électromagnétiques de base mis en jeu dans des situations simples, et qu'ils utilisent les outils mathématiques associés de manière plus procédurale que raisonnée. Cependant, on constate que certains étudiants présentent une maîtrise conceptuelle plus aboutie.

Un bilan de savoir classique révèle que les étudiants ne considèrent pas les savoirs scientifiques comme importants à apprendre, que ce soit pour eux en tant qu'individu ou en tant que futur professionnel. Cette absence de valeur accordée aux apprentissages scientifiques est un des éléments, parmi d'autres, que l'on peut mettre en relation avec les difficultés apparues, pour la majorité d'entre eux, dans l'opérationnalisation des concepts.

Mais, par contre, des entretiens ont permis de mettre à jour des différences, liées à la maîtrise conceptuelle, quant à la perception de la nature de la physique, aux pratiques d'étude et quant au rapport aux savoirs concernés. Ce rapport, de type utilitaire (les étudiants visent uniquement la réussite à l'examen), intègre en plus, pour ceux qui ont une maîtrise conceptuelle plus aboutie, une composante "désir-plaisir" de comprendre.

C'est donc la prise en compte de la "singularité" de l'apprenant dans son rapport au(x) savoir(s) qui nous a permis, dans cette étude, d'éclairer certaines des différences et des similitudes constatées dans l'opérationnalisation des concepts de base de l'électromagnétisme.

Quelques recherches (Chartrain et Caillot 1999 par exemple) ont montré que le rapport au savoir pouvait rendre compte de l'évolution conceptuelle différenciée des apprenants dans un domaine donné. L'étude que nous décrivons (1) ici s'inscrit

(1) Cet article reprend de manière plus détaillée une partie des résultats publiés dans les actes du colloque "Didactiques et rapports aux savoirs" (Albe et Venturini, 2002) ; la publication dans ces actes, à la fois plus synthétique et portant sur un échantillon plus large, marque aussi, par rapport à celle-ci, une légère évolution dans la définition que nous avons utilisée pour le rapport aux savoirs en physique et en électromagnétisme. Par ailleurs, une partie des données utilisées ici ont été exploitées de manière différente en utilisant le cadre théorique proposé par Chevallard, dans une autre publication (Venturini et Albe, 2002).

dans la même perspective : relier la maîtrise conceptuelle différenciée de différents étudiants en électromagnétisme à leur rapport au savoir.

La première étape de notre travail concerne la manière dont des étudiants juste issus d'un DEUG "Sciences de la matière" utilisent les concepts de base en électromagnétisme. Elle nous a permis de répartir les étudiants suivant leur maîtrise conceptuelle. Nous présenterons d'abord ces résultats après avoir précisé la méthodologie utilisée. Dans la deuxième partie de l'article, nous présenterons le rapport au savoir, le rapport aux savoirs disciplinaires concernés et les pratiques d'étude de certains étudiants, ainsi que la procédure qui nous a permis de les obtenir. La nature de ces rapports éclaire les similitudes et les différences observées quant à l'utilisation de concepts en électromagnétisme. Cet éclairage sera présenté dans la troisième partie de l'article.

1. UTILISATION DE CONCEPTS EN ÉLECTROMAGNÉTISME (2)

1.1. Cadre et visées de l'étude

Les phénomènes électromagnétiques sont complexes : ils font intervenir notamment les concepts de force, d'action à distance, d'interaction, de champ, de courant, de charge, de vitesse, et dépendent généralement de l'espace et du temps. Ces concepts sont fréquemment mobilisés de façon simultanée, et leur utilisation est souvent alliée à un formalisme mathématique poussé. Or, si les difficultés d'apprentissage des élèves en électrocinétique, en optique ou encore en mécanique ont fait l'objet de nombreuses études didactiques, par contre, les travaux relatifs à l'électromagnétisme et à la notion de champ semblent peu nombreux. Ceux que nous avons relevés portent sur :

peu d'études
sur l'apprentissage
de l'électro-
magnétisme

- Les conceptions liées aux phénomènes d'aimantation : Maarouf et Benyamna (1997) font état d'une conception importante selon laquelle l'aimantation se fait par "*passage de 'quelque chose', d'un agent (source de champ magnétique, de tension, circuit) à un patient (objet à aimanter, circuit)*". Ce caractère asymétrique de l'interaction (action d'un agent sur un patient) a été aussi relevé par Lascours (1993).
- Les conceptions liées à l'interaction à distance : celle-ci, selon une conception décrite par Maarouf et Benyamna (1997), nécessite un médiateur qui peut être abstrait (force énergie) ou substantialiste (électrons, ions...). Il peut aussi s'agir de l'air ou de la gravité (Bar et al, 1997).

(2) Ces résultats ont été publiés de manière plus synthétique dans Albe et Venturini (2001).

- La notion de champ : Galili (1995) constate la difficulté à utiliser les concepts et les lois introduits en mécanique (interrelation entre énergie, travail, force et mouvement) en présence d'un champ électromagnétique. Il émet l'hypothèse qu'il est difficile d'intégrer le concept de champ électromagnétique lorsque on a précédemment suivi un cours de mécanique. Viennot et Rainson (1992) montrent, à propos d'une étude sur le principe de superposition, que pour les étudiants, une cause n'existe qu'en cas d'effet manifeste : le champ électrique n'existe pas en un point où les charges sont immobiles (isolant par exemple) alors qu'il existe si les charges sont mobiles.
- La représentation du champ : selon Tornkvist, Petterson et Tranströmer (1993), les étudiants ont tendance à attribuer une réalité aux lignes de champ, les considérant souvent comme des entités isolées de l'espace euclidien, et non comme une série de courbes représentant une propriété vectorielle de cet espace.
- L'utilisation du champ électromagnétique lors de la résolution de problèmes : Greca et Moreira (1997) affirment que les étudiants travaillent principalement, pour cette activité, en utilisant des propositions non reliées les unes aux autres, et non interprétées suivant un modèle mental. Ils utilisent des définitions et des formules qu'ils manipulent de manière routinière en vue de résoudre des problèmes, en témoignant d'une organisation cognitive très pauvre.

des difficultés mises
en évidence

On peut donc relever dans les études précédentes les difficultés relatives à l'interaction à distance qui apparaît dissymétrique, à l'existence d'un champ quand ses effets ne sont pas matérialisés, à la représentation d'un champ par les lignes de champ, à l'utilisation de propositions, de formules, de définitions qui ne font pas sens pour les élèves. En reprenant certaines de ces conclusions pour les mettre à l'épreuve sur des situations différentes, nous nous sommes intéressés pour notre part à l'utilisation des concepts de base de l'électromagnétisme (champ magnétique, flux magnétique, induction) dans des situations élémentaires. Nous avons cherché à voir quel sens physique les élèves donnent à ces concepts, quelles relations ils établissent entre eux, de quelle manière ils utilisent les outils mathématiques associés (formules, mode de représentation du champ), comment ils utilisent un même élément de savoir sur des situations différentes.

1.2. Méthodologie

Avec ces objectifs, dans un premier temps, nous avons conçu un questionnaire portant sur la caractérisation du champ magnétique (définition, origine), sur ses représentations graphiques, sur les interactions magnétiques et sur le flux magnétique. Afin de recueillir l'expression spontanée des étudiants sur les concepts concernés, nous leur avons

un questionnaire
mettant en jeu les
concepts de base
dans des situations
différentes...

proposé des questions ouvertes, réservant les questions fermées à des situations mettant en jeu la compréhension de ces concepts. Pour élaborer la partie relative au flux, nous avons préalablement réalisé un entretien avec 50 étudiants préparant le CAPES et n'ayant pas eu de formation en électromagnétisme. Ce sont les classes de propos apparues dans l'analyse de ces entretiens qui ont servi de base au QCM relatif à la définition du flux. Nous avons proposé ce questionnaire à 64 étudiants de licence de sciences physiques, lors d'une séance de travaux dirigés en didactique des sciences en 1999-2000.

Les premiers résultats obtenus (Venturini, Albe, Lascours, 2000) nous ont permis de valider ce premier questionnaire au regard des objectifs visés. Après quelques modifications de détail, l'adjonction d'une situation ouverte portant sur les interactions magnétiques et d'un ensemble de questions portant sur l'induction, nous avons proposé le questionnaire complet aux 54 étudiants de la licence de physique au cours d'une séance de travaux dirigés durant la même année universitaire 1999-2000, puis aux 39 étudiants de licence de sciences physiques l'année suivante 2000-2001. Dans tous les cas, les étudiants étaient au début de leur cursus de licence. Nous avons rassemblé les étudiants des différentes licences à la fois parce qu'ils proviennent du même DEUG et parce que les résultats obtenus aux questionnaires ne sont pas significativement différents.

... pour rendre
compte de la
maîtrise
conceptuelle

Certaines des questions posées concernent un même élément de savoir relatif à un concept ou les relations entre 2 concepts. Associées (en général) par 3 et constituant ainsi 9 "ensembles thématiques", ces questions portent sur des situations concrètes, plus rarement sur des définitions ou des critiques de propositions. Nous avons en effet estimé que "la portée opératoire", sur différentes situations, des savoirs en jeu, pouvait rendre compte de leur maîtrise, même si on sait que celle-ci est toujours difficile à décrire. Si la totalité des 3 réponses de l'ensemble thématique concerné est correcte, ou si toutes les relations entre concepts sont correctement (complètement) effectuées, l'élément de savoir correspondant est alors considéré comme maîtrisé et on comptabilise une réponse satisfaisante. Les étudiants peuvent donc renseigner correctement entre 0 et 9 ensembles thématiques. La variable "MC", traduisant en quelque sorte l'étendue de leurs connaissances, – en relation pour nous avec la maîtrise conceptuelle de chaque étudiant –, a été ainsi construite : si le nombre d'ensembles thématiques correctement renseignés est égal à 0, 1 ou 2, les étudiants sont repérés MC- (maîtrise faible) ; s'il est égal à 3, 4 ou 5, ils sont repérés MC0 (maîtrise moyenne); s'il est supérieur à 5, ils sont repérés MC+ (maîtrise élevée).

1.3. Résultats

• Sens physique donnés aux concepts, relations entre eux

Expliciter la signification de l'existence d'un champ magnétique dans une zone constitue une difficulté importante pour les étudiants. À la question *"Dans une zone existe un champ magnétique. Qu'est-ce que cela veut dire pour vous ?"* qui leur permet de s'exprimer spontanément à propos de la notion de champ magnétique, 52 % des étudiants ne répondent pas et 17 % fournissent des réponses erronées, par exemple association champ – induction pour 3 % d'entre eux, association champ – déplacement de charges, ou plus spécifiquement d'électrons, pour 7 % d'entre eux. Seulement 35 % d'entre eux fournit au moins une réponse satisfaisante : zone dans laquelle on observe la déviation d'une aiguille aimantée, d'un aimant, ou d'une particule chargée en mouvement (réponse la plus fréquente). Ces réponses sont basées sur un exemple de l'effet du champ. À la question *"Dans la pièce où vous êtes, y a-t-il un champ magnétique ? Si oui d'où provient-il ?"*, 40 % des étudiants ne fournit pas de réponse ou une réponse erronée (52 % mentionnent le champ terrestre, 21 % les courants électriques, 13 % les ondes électromagnétiques). Par ailleurs, l'interaction est décrite de manière incomplète, unidirectionnelle par une majorité d'étudiants : aux questions *"on place un aimant et un trombone face à face ; l'aimant attire-t-il le trombone ? le trombone attire-t-il l'aimant ?"* et *"un aimant droit et une tige de fer, de même masse, sont posés chacun sur une plaque de polystyrène, mobile sur un plan d'eau. Qui se déplace vers qui ?"*, 45 % d'étudiants perçoivent seulement l'action de l'aimant sur l'objet ferreux et ignorent l'action inverse. Cette difficulté est confirmée dans un contexte plus classique : pour une majorité d'étudiants (plus de 95 %), la bobine parcourue par un courant ou un aimant droit créent un champ magnétique ; par contre, la bobine est sensible à un champ pour 66 % et l'aimant pour 75 %. Galili (1995) fait à cet égard l'hypothèse que l'introduction de la notion de champ masque le caractère réciproque des interactions.

champ...

La signification physique du flux magnétique apparaît confuse pour 78 % des étudiants, cette confusion étant en relation avec des difficultés à percevoir la nature même du champ magnétique, souvent vu comme une entité susceptible de traverser les surfaces ou encore de se déplacer. Ainsi, 46 % des étudiants qui ont eu à définir le flux considèrent que c'est *"la quantité de champ magnétique qui passe à travers une surface"*, 40 % considèrent qu'il s'agit de *"la quantité de champ magnétique qui passe à travers une surface par unité de temps"*, et 22 % considèrent que le flux magnétique est *"lié au déplacement du champ magnétique à travers la surface"*. L'introduction du flux réalisée souvent de manière purement mathématique, la signification que ce terme porte dans le vocabulaire courant (liée à un déplacement de matière), la

flux...

représentation vectorielle du champ magnétique (la flèche devant une bobine suggérant visuellement l'idée d'un déplacement du champ) sont des hypothèses issues de l'étude préalable que nous avons réalisée sur le flux (cf. § 1.2) susceptibles d'expliquer les difficultés des étudiants.

Le flux pourrait trouver une légitimité physique dans les interprétations des phénomènes d'induction, ce qui ne semble pas être le cas. À la question "on peut créer par induction un courant dans un circuit fermé. Donnez tous les éléments que vous connaissez sur ce phénomène", 51 % des étudiants ne citent aucun élément pertinent, 22 % décrivent uniquement une expérience d'induction. Rares sont ceux (8 %) qui interprètent l'expérience en rappelant spontanément la relation entre variation de flux et induction. Seul un étudiant propose les principaux éléments relatifs à ce phénomène : description d'une expérience d'induction, interprétation, loi de Lenz et formule permettant de calculer la force électromotrice induite. 55 % des étudiants sollicités dans une autre question pour donner la relation permettant de calculer la force électromotrice induite et pour l'interpréter physiquement ne fournissent aucune réponse, 26 % citent une formule approximative (absence du signe moins ou/et utilisation de di/dt à la place de $d\phi/dt$).

Au travers des résultats précédents, on constate que plus de la moitié des étudiants de notre échantillon a des difficultés pour attribuer un sens physique aux concepts de base de l'électromagnétisme et établir des relations entre eux. Chacun des trois concepts évoqués possède des caractéristiques mal définies et semble isolé des autres au niveau des significations.

• Utilisation des outils mathématiques

Sont concernés ici les modes de représentation du champ (vecteurs et lignes de champ) et les formules permettant de calculer le flux magnétique et la force électromotrice d'induction.

Si les étudiants connaissent factuellement les modes de représentation du champ, ils s'avèrent incapables de les justifier physiquement, ou de les mettre en œuvre sur des cas concrets classiques. Ainsi aucun étudiant ne donne de justification physique à la représentation vectorielle. Quand on leur demande "on représente souvent le champ magnétique par un vecteur, pourquoi ?", ils citent directement sans explication complémentaire et généralement de manière incomplète les caractéristiques des vecteurs (à la fois direction, sens et intensité pour seulement 32 % d'entre eux). La représentation sous forme de lignes de champ est méconnue : seulement 3 étudiants de notre échantillon relient les caractéristiques du champ à celles des lignes de champ. Lorsqu'il s'agit de représenter le champ créé par un aimant droit, les 56 % d'étudiants qui répondent fournissent les réponses suivantes : 4 % de réponses correctes, 12 % de réponses

induction...

... des concepts
difficiles à définir et
à relier entre eux

des outils
mathématiques
peu opératoires

indiquant direction et intensité, 8 % direction et sens, 14 % indiquant seulement la direction et 18 % de réponses totalement erronées. Les pourcentages de réponse sont plus bas pour le champ créé par une bobine.

La formule relative au calcul du flux est bien connue (96 % des étudiants), même si le sens physique du flux leur échappe de manière générale (cf. partie 1.3.1). Son utilisation dans des cas simples (3) révèle les difficultés à interpréter physiquement le produit scalaire. En effet, seulement 63 % des étudiants prennent en compte l'augmentation du flux avec l'augmentation de la surface, et 62 % avec l'augmentation du champ. Ce pourcentage chute à 45 % lorsqu'il s'agit de relier variation du flux et inclinaison des spires. La formule $e = -d\phi/dt$ est moins connue : elle est citée correctement par 19 % des étudiants, et de manière approximative (conservation de la forme, variations dans le contenu) par 27 %. Seulement 10 % en font une interprétation correcte, à l'exclusion du signe "moins" qu'aucun étudiant n'a interprété.

On peut dire que, au vu de nos résultats et de manière générale, les outils mathématiques sont pour la plupart connus, mais ils sont peu opératoires, même dans des cas simples. Leur utilisation, qu'il s'agisse des outils de représentation ou de calcul (formules) relève plus de procédures automatiques et incomplètes que de procédures raisonnées en fonction de considérations physiques.

• Utilisation d'éléments de savoir dans des situations différentes

Placés à plusieurs reprises dans des situations différentes mais voisines mettant en jeu les mêmes éléments de savoir, les étudiants satisfont difficilement à l'ensemble des questions posées. Par exemple :

- Pour une majorité d'étudiants (94 %), un aimant droit crée un champ magnétique. 78 % d'entre eux déclarent qu'un aimant droit est sensible à un champ et 62 % fournissent une réponse correcte lors de l'interaction de deux aimants. 45 % seulement fournissent une réponse correcte aux trois questions.
- Les étudiants de notre échantillon considèrent la boussole comme un indicateur de champ (elle est sensible à un champ pour 99 %), dépourvu de propriétés magnétiques (79 % affirment que la boussole ne crée pas de champ magnétique). Or 48 % des étudiants orientent correctement la boussole dans un champ, en repérant notamment le sens, ce qui sous entend implicitement qu'il s'agit d'un aimant.

(3) Les étudiants avaient à répondre aux questions suivantes, sous forme de QCM et complétées par schéma illustratif. "On considère une spire et un aimant droit orienté selon la normale à la spire. Le flux du champ magnétique à travers la surface de la spire augmente-t-il, diminue-t-il ou reste-t-il constant quand on approche un aimant de la spire ?, quand on augmente la surface de la spire ?, quand on incline la spire ?"

des connaissances liées à une situation particulière...

... difficilement mobilisées sur une situation voisine

- Pour les étudiants, il ne fait aucun doute qu'un aimant attire les métaux ferreux (trombone par exemple pour 99 %). Cependant, si on leur demande de statuer sur l'affirmation "notre planète se comporte exactement comme un aimant, elle a un pôle qui attire les masses métalliques et un autre qui les repousse", ils sont seulement 32 % à la trouver erronée, et 11 % à dire pourquoi.
- La formule $\Phi = \oint \vec{B} \cdot \vec{nds}$ donnant le flux est citée par 95 % des étudiants et ne contient pas de facteur temps, facteur que 40 % d'entre eux font intervenir pour définir le flux : "quantité de champ magnétique qui passe à travers une surface par unité de temps".
- Lorsqu'on approche un aimant d'une bobine fermée sur une résistance, 44 % des étudiants affirment en utilisant la loi de Lenz que le courant induit créé va avoir pour conséquence de repousser l'aimant. Si on approche l'aimant plus rapidement, ils sont 37 % à dire que l'aimant sera davantage repoussé. Ils sont seulement 11 % à citer la loi de Lenz quand on demande les éléments connus sur le phénomène d'induction.

De manière générale, les étudiants interrogés possèdent des connaissances qui sont bien utilisées sur une situation particulière. Cependant, elle sont difficilement mobilisées sur une situation voisine, et sont donc pour ces étudiants, peu opérationnelles.

• Repérage de la maîtrise conceptuelle, positionnement au sein de l'institution

Nous avons déjà explicité, dans l'exposé de la méthodologie, la manière dont nous avons construit la variable MC, en relation avec la maîtrise conceptuelle, à partir du nombre d'ensembles thématiques correctement renseignés (voir Figure 1 les effectifs d'étudiants en fonction de ce nombre).

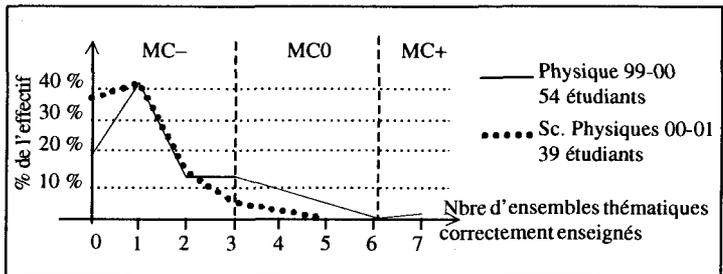


Figure 1. Effectif de l'échantillon en fonction du nombre d'ensembles thématiques correctement renseignés

On constate d'abord que les courbes des deux groupes de licence sont similaires, ce qui est logique dans la mesure où

une faible maîtrise conceptuelle pour la plupart des étudiants...

ils proviennent du même DEUG au sein duquel les mêmes enseignants assurent d'une année à l'autre les mêmes enseignements. On constate ensuite et surtout qu'une très large majorité d'étudiants a, selon nos critères, une maîtrise conceptuelle faible "MC-" (sur notre échantillon de 93 étudiants, il y avait 75 étudiants repérés MC-, 17 repérés MC0 et 1 repéré MC+).

des positionnements institutionnels variés

Devant cette forte uniformité, nous avons souhaité comparer avec la manière dont les étudiants ont été notés par l'université, éléments dont nous ne disposons que pour le groupe des 39 étudiants de sciences physiques 2000. Ce sont ces étudiants que nous considérerons à partir de maintenant. Afin de situer la position attribuée par l'institution à chaque étudiant, nous avons pris en compte à la fois la mention du DEUG et la note obtenue à l'examen du module d'électromagnétisme. Nous noterons "PI" ce "positionnement institutionnel" défini de la manière suivante : les étudiants ayant une note inférieure à 8 en électromagnétisme et une mention "Passable" au DEUG sont repérés "PI-", ceux ayant une note entre 8 et 12 et une mention "Passable" ou "Assez Bien" sont repérés "PI0", ceux ayant une note supérieure à 12 et une mention "Bien" ou "Assez Bien" sont repérés "PI+". Dans notre échantillon, figurent selon ces critères, 15 étudiants repérés "PI-", 19 étudiants repérés "PI0" et 5 étudiants repérés "PI+."

Lorsqu'on compare les classes établies selon les deux variables MC et PI, on constate qu'il n'y a pas nécessairement correspondance. De fait, les étudiants de l'échantillon se répartissent en 5 classes ayant les profils suivants : MC0 PI+ (1 étudiant), MC0 PI- (2 étudiants), MC- PI+ (4 étudiants), MC- PI0 (19 étudiants), MC- PI- (13 étudiants). Cela signifie notamment que certains étudiants ont pour nous une maîtrise conceptuelle satisfaisante mais satisfont mal les attentes institutionnelles (MC0 PI-), et que d'autres sont dans une situation inverse, disposant pour nous d'une faible maîtrise conceptuelle mais réussissant très bien pour l'institution (MC- PI+).

1.4. Bilan et hypothèses d'interprétation

Notre étude (dont les conclusions sont à rapporter à la taille modeste de l'échantillon) montre que les étudiants ont pour plus de la moitié des difficultés à donner un sens physique aux concepts de base de l'électromagnétisme ; ils utilisent généralement les outils mathématiques de manière automatique, sans en référer au sens qu'ils portent, et leurs connaissances, opérationnelles sur certaines situations, ne le sont plus sur des situations voisines. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus dans un autre contexte par Greca et Moreira (1997), et signalés précédemment.

Considérons un concept (Lemeignan et Weil-Barais, 1993 p. 62-64) comme un triplet constitué d'un champ questionnemental

(situations et questions), de représentations mentales (invariants conceptuels, relationnels et opératoires), de représentations symboliques (langage naturel, mathématiques, représentations graphiques). Ces chercheurs font référence aux travaux de Vergnaud (1990, 1991) dans lesquels un concept apparaît comme un triplet constitué d'ensembles de situations, de signifiés, de signifiants. Nos résultats montrent que les étudiants interrogés sur différentes situations connaissent pour la plupart les signifiants mais maîtrisent mal les signifiés correspondants. En effet, pour la majeure partie de l'échantillon, si certaines représentations symboliques sont connues (formules, représentation vectorielle...), nous avons pu souvent observer, avec la méthodologie utilisée, que les représentations mentales correspondantes apparaissent souvent approchées, floues, voire fantaisistes.

Si, selon nos critères, la plupart des étudiants a une maîtrise conceptuelle faible, cela ne les a pas empêchés pour autant de réussir leurs études, puisque tous ont eu le DEUG. Toutefois, certains d'entre eux, rares, parviennent tout de même, selon nous, à construire du sens, sans forcément satisfaire complètement pour autant l'institution.

Pour interpréter ces résultats, nous faisons les hypothèses suivantes :

- L'institution au sens de Chevallard (1989) (enseignant, université) privilégie implicitement à ce niveau d'étude des compétences de type procédural permettant de résoudre des exercices "standard".
- Les étudiants, développant majoritairement un rapport au savoir de type "utilitaire" (Chartrain et Caillot, 1999 ; Caillot, 2000), se conforment pour la plupart à minima à l'exigence institutionnelle. De ce fait, ils n'acquièrent pas de maîtrise conceptuelle.

une hypothèse
d'interprétation
faisant intervenir le
rapport aux savoirs

C'est la deuxième partie de notre hypothèse que nous allons maintenant développer, en analysant le rapport au(x) savoir(s) des étudiants. Notre objectif est de montrer comment les similitudes constatées dans ces rapports individuels peuvent expliquer la tendance générale synthétisée dans le bilan précédent, et comment les différences perçues peuvent rendre intelligibles certaines des différences constatées dans les résultats. C'est le problème du sens qui est posé dans ce bilan. Sa construction est étroitement liée aux rapports entretenus, par chaque étudiant, avec le savoir en général (Charlot 1999, 2000). Elle est aussi liée aux rapports entretenus avec les savoirs particuliers concernés (physique, électromagnétisme) et leur l'étude. D'autres pistes explicatives pourraient être explicitées (nature du savoir en jeu, caractéristiques des pratiques d'enseignement universitaires) mais c'est la prise en compte des spécificités de chaque étudiant, pris dans sa singularité (Caillot, 2001) que nous avons privilégiée.

2. LE(S) RAPPORT(S) AU(X) SAVOIR(S) ET À L'ÉTUDE

C'est ainsi que nous avons cherché à cerner pour les étudiants :

- Leur rapport au savoir : quels sont, selon les étudiants, les apprentissages effectués les plus importants pour eux ? Les éléments relevant des sciences physiques en font-ils partie ?
- Leur rapport à la physique : que connaît l'étudiant sur la nature, la fonction, les outils de la discipline qu'il apprend ? L'étudiant a-t-il, au quotidien, un intérêt pour la physique (lectures, histoire des sciences, actualité, musées scientifiques...) et une pratique ? (cherche-t-il à expliquer des phénomènes courants ? En est-il capable ?)
- Leur rapport à l'électromagnétisme : quelle est la perception de l'étudiant sur l'électromagnétisme en tant que domaine scientifique, en tant que domaine d'étude ?
- Leur rapport à l'étude : quelles sont leurs pratiques d'étude ? (de quelle manière, à quel moment, avec qui..., l'étudiant étudie-t-il ?). Ces études sont-elles en relation avec leur projet professionnel ? (Pourquoi est-il dans cette filière d'enseignement ? A-t-il une expérience de l'enseignement au travers de cours particuliers, de l'animation de clubs scientifiques ?).

analyse du rapport
au savoir, à la
physique, à
l'électromagnéti-
sme, à l'étude...

Pour ce faire nous avons utilisé la méthodologie décrite ci-après.

2.1. Méthodologie

Nous recherchons l'importance des apprentissages en physique parmi l'ensemble des apprentissages auxquels les étudiants donnent de la valeur, qu'ils soient de nature identitaire, épistémique ou sociale. Pour cela, nous avons réalisé avec 30 d'entre eux appartenant à la licence de sciences physiques 2000, un bilan de savoir au cours d'une séance de TD de didactique des sciences. Les étudiants ont ainsi répondu par écrit à la question "*depuis que je suis né(e), j'ai appris un tas de choses. Qu'est-ce qui est important pour moi ?*" (Charlot, Bautier, Rochex, 1992). Leur réponse donnée, ils ont été interrogés de la même manière sur les apprentissages effectués à l'université au travers de la question "*qu'ai-je appris à l'université ?*". Celle-ci est destinée à identifier, dans le contexte universitaire, les domaines de savoirs cités par les étudiants, afin de mieux cerner ceux auxquels les étudiants accordent de la valeur. Les bilans ainsi obtenus ont été analysés manuellement.

... à partir de bilans
de savoir et
d'entretiens

Pour ce qui concerne les rapports à la physique, à l'électromagnétisme et à l'étude, nous avons choisi de réaliser, avec certains des étudiants précédents, des entretiens individuels, afin d'obtenir des renseignements plus précis. Nous en avons sélectionnés 7 représentant chacun des profils apparus dans

l'échantillon selon nos critères : maîtrise conceptuelle et positionnement institutionnel fortement croisés pour deux étudiantes repérées MC- PI+, faiblement croisés pour un étudiant MCO PI-, une étudiante MCO PI+ et une étudiante MC- P10, et maîtrise conceptuelle et positionnement institutionnel semblables pour 2 étudiants MC- PI-. Ces entretiens ont été retranscrits puis analysés manuellement.

2.2. Le rapport au savoir

• *Apprentissages importants depuis la naissance*

L'analyse des 30 réponses rédigées par les étudiants à la question *"depuis que vous êtes nés, vous avez appris beaucoup de choses. Qu'est ce qui est important pour vous ?"* fait apparaître 4 classes de propos, les étudiants appartenant généralement à plusieurs d'entre elles. Les apprentissages importants ont été, selon le cas, ceux qui permettent

apprendre surtout pour s'intégrer à la société et se développer soi

- de s'intégrer dans l'environnement social : dans cette classe qui est la plus importante (19 étudiants), on trouve notamment des propos relatifs à la communication et au langage (*"pour moi, les choses importantes que j'ai apprises sont d'apprendre à lire à écrire, à compter, à parler, c'est-à-dire à communiquer, pour que les autres nous comprennent"*), à l'esprit critique et/ou réflexif et aux valeurs humaines *"les choses les plus importantes parmi ce que j'ai appris sont le sens de la famille, l'amitié, l'humilité, le respect"* ;
- d'exercer un métier (d'enseignant). On trouve dans cette classe 11 étudiants dont 5 tiennent des propos relatifs à l'utilisation professionnelle de savoirs scolaires, mais pas nécessairement des savoirs en physique (*"le savoir scolaire est important car il va être à la source de mon activité professionnelle"*), et 6 tiennent des propos relatifs à l'utilisation de savoirs appris à l'extérieur de l'école (par exemple parler devant un groupe, exercer des responsabilités, gérer une équipe, appris dans le cadre du scoutisme). On peut de plus noter que le projet professionnel est souvent encore flou (*"je pense que les études sont importantes car elles nous aident à nous orienter et à trouver un travail pour plus tard"*)
- de se développer "soi". On relève dans cette classe de 17 étudiants, des propos relatifs à la construction de soi (*"je pense que c'est ce qu'on apprend, ce dont on fait l'expérience qui nous permet de nous constituer en tant qu'individu"*), et à l'épanouissement personnel (*"j'attends de trouver de nouvelles passions dans le but de trouver ma légende personnelle"*)
- de comprendre et d'expliquer le monde : 5 étudiants déclarent que les sciences et pour l'un d'entre eux plus spécifiquement la physique sont des éléments importants à apprendre (*"pour ce qui est de la science, c'est pour expliquer la vie que l'on apprend"*, *"la physique étudiée me permet d'interpréter certains phénomènes de la vie de tous les jours, et c'est ce qui est important pour moi"*, *"J'ai appris aussi des*

matières comme l'histoire la géographie, la biologie, qui permettent d'avoir une culture générale").

• **Apprentissages importants à l'université**

L'analyse des 30 réponses à la question "*qu'est ce que j'ai appris à l'université ?*" fait apparaître 3 classes de propos concernant :

même parmi les savoirs universitaires, les savoirs scientifiques ont une importance relative

- Les apprentissages scientifiques : ceux-ci sont importants pour 15 étudiants, (soit un sur deux). Ainsi, à l'université, on approfondit des connaissances scientifiques (10 étudiants) ("*à l'université, j'ai approfondi les connaissances acquises auparavant, j'ai appris de nouvelles connaissances, et de nouvelles méthodes de travail*" "*j'ai développé mes connaissances dans différents domaines, comme l'optique, l'électromagnétisme, la chimie organique, la mécanique*"), on apprend à raisonner (2 étudiants), ou à avoir un esprit critique vis-à-vis des choses apprises (4 étudiants).
- Les apprentissages "personnels" : pour 16 étudiants (dont 8 sont communs avec la classe précédente), on apprend à l'université à être autonome, indépendant, organisé ("*l'université m'a également appris à être autonome et responsable*" - "*À l'université, j'ai appris à être plus autonome, à savoir me débrouiller seul et surtout à savoir m'organiser dans mon travail*").
- Aucun apprentissage particulier : 7 étudiants ne répondent pas ou affirment carrément n'avoir rien appris d'utile ("*j'ai eu plus l'impression d'avoir ingurgité plusieurs formules sans vraiment comprendre à quoi ça me sert réellement*" - "*à l'université, je n'ai pas appris grand chose que je juge important*" - "rien").

• **Bilan**

les connaissances en physique sont sans signification particulière pour une majorité d'étudiants

La première question nous informe sur la valeur accordée par les étudiants aux éléments appris depuis leur naissance. On y constate la prépondérance des éléments relatifs à l'intégration sociale et au développement de soi. Le didacticien, lui, s'attache plus spécifiquement à repérer les propos en relation avec l'apprentissage de la physique. On les trouve essentiellement dans les classes "exercer un métier" et "expliquer et comprendre le monde". Pour la première, 5 étudiants seulement font référence à l'utilité des savoirs scolaires pour exercer un métier, et pas nécessairement à ceux appris en physique. On remarque aussi que la perspective du métier reste souvent floue et lointaine. La seconde classe comporte aussi 5 étudiants, dont 4 appartiennent aussi à la première, et dont un seul cite explicitement la physique comme outil important pour comprendre le monde. Dans la deuxième question, qui est spécifique des apprentissages réalisés dans le cadre universitaire, un étudiant sur deux seulement évoque les connaissances scientifiques.

On peut donc conclure que, de manière générale, celles-ci n'apparaissent pas importantes, ni pour expliquer le monde,

ni pour exercer un métier, et que la physique, objet de leurs études, apparaît sans signification personnelle particulière pour une majorité d'entre eux.

2.3. Le rapport à la physique

Les propos qui suivent concernent les 7 étudiants sélectionnés, avec lesquels nous nous sommes entretenus.

• *Nature, méthodes, outils de la physique*

Pour les étudiants MC-, la physique apparaît comme une description ou une explication de faits : selon Elodie (MC- PI-), la physique "*permet de décrire des choses concrètes*"; pour Joëlle (MC- PIO), elle concerne le "*concret*", elle "*décrit l'univers*", et selon elle "*on part toujours d'une observation pour essayer de comprendre ce qu'il se passe*"; pour Delphine (PI+), "*ça sert à expliquer des phénomènes physiques, à donner des explications concrètes*". La physique est fortement tournée vers le concret, vers les objets (les choses, les phénomènes...).

une perception graduée de la nature et des outils de la physique...

Pour les étudiants MCO, la physique apparaît comme une recherche de savoir dans laquelle l'abstraction, la dualité théorie-expérience, l'idée de construction collective, de processus dynamique sont présents. Ainsi pour Thomas (MCO PI-), la physique "*est d'abord une quête de savoir, une recherche de savoir de manière expérimentale et par la réflexion*"; pour Lætitia, (MCO PI+), "*c'est quelque chose d'abstrait, c'est quelque chose qui fait avancer... Ca ne paraît pas une description*" "*Les outils... il y a les acquis, ce que les autres ont trouvé avant, pour qu'on puisse s'en servir, mais aussi une tonne de matériel pour essayer des choses...*".

Les mathématiques sont prioritairement citées comme outil du physicien. Si pour les étudiants MC-, elles servent généralement "*à calculer*", ou "*à décrire des phénomènes*", les étudiants MCO leur attribuent en plus un rôle prédictif, et les intègrent aux théories : "*tout ce qui est outil mathématique qui nous permet de comprendre des choses... en fait c'est pas tellement comprendre. C'est prévoir en quelque sorte et décrire certains phénomènes.*" (Thomas, MCO PI-). "*Ça a le rôle de résoudre... quand on étudie quelque chose, on pose le problème sous forme d'équation, ça sert à trouver des résultats, s'ils concordent avec l'expérience, euh... à voir si enfin... en principe on devrait avoir l'expérience et la théorie qui se retrouvent... et la théorie finalement c'est des mathématiques je pense*" (Lætitia, MCO PI+).

Toutefois, si l'idée de concordance entre résultats calculés issus de la théorie et résultats de mesures issues de l'expérience est ici évoquée, elle apparaît plus comme quelque chose de normal que comme quelque chose d'hypothétique, lié à une démarche de validation d'une théorie ou d'un modèle. De manière plus large, le statut de l'expérience

semble mal défini. Les étudiants en ont une perception pratiquement réduite aux objets ; ils citent pêle-mêle parmi les outils du physicien “des machines”, “des appareils de mesure”, “du matériel”, “tout ce qui est expérience, l’observation et tout ça” (Roselyne MC-, PI+), “les appareils de mesure s’exerçant sur un milieu artificiel” (Joëlle, MC- PIO). Même si Lætitia affirme que le physicien utilise “une tonne de matériel pour essayer des choses”, personne ne formalise réellement, pour l’expérience, le rôle d’exploration ou de problématisation du réel, ou le rôle de preuve, et personne n’en fait un outil significatif pour le physicien.

... suivant la
maîtrise
conceptuelle

Si on exclut la perception du rôle de l’expérience, on constate que la perception des étudiants de notre échantillon sur la nature et les outils de la physique apparaît graduée suivant la maîtrise conceptuelle. Ainsi, les étudiants au profil MC- et quelque soit leur PI, ont une vision de la physique réduite à certaines de ses pratiques scolaires : on observe et on décrit un phénomène, on mesure (avec des appareils), on calcule (avec les mathématiques), et on explique ce qu’on a décrit et mesuré avec ce qu’on a calculé. Les étudiants MCO ont une perception un peu plus aboutie : les mathématiques sont intégrées à la théorie, elles ont un rôle prédictif, la dualité théorie-expérience apparaît ainsi que l’idée de processus dynamique de construction de connaissances.

• Intérêt pour la physique, usage dans la compréhension de phénomènes courants

Tous les étudiants annoncent d’une manière générale leur intérêt pour la physique. Il semble convenu pour les étudiants MC- : “je trouve que ça explique certains domaines, que je trouve utiles... donc je vois l’intérêt par rapport à ça” dit Delphine (MC- PI+) ; par contre, les étudiants MCO font part d’une curiosité et d’un intérêt un peu plus assurés ; ils citent des domaines qu’ils “aiment”, manifestant un certain plaisir : “c’est séduisant quand on l’étudie. Par exemple, quand on entend parler de mécanique quantique, c’est quelque chose qu’on peut pas palper, ça a une dimension poétique en quelque sorte” dit Thomas (MCO PI-), qui “aime beaucoup l’astronomie” parce que ça “cherche à expliquer ce que l’on comprend pas”, ce qui “en général l’intéresse”.

un intérêt variable
pour la physique

Cependant, cet intérêt ne se matérialise pas en dehors des études. Les étudiants déclarent ne pas lire ou ne plus lire, parfois par manque de temps, les revues scientifiques, même grand public. Ils ne lisent pas d’ouvrages scientifiques, en dehors, pour certains, de ceux qui sont directement liés au cours, et ils n’ont aucune référence en matière d’histoire des sciences. À ce propos, Thomas déclare “quand j’étais petit, je regardais tous les ‘il était une fois’ où il y avait des sciences, ça m’intéressait. Ça touchait une discipline qui m’intéressait et c’était bien fait, de façon attractive, ... sinon, lire de l’histoire des sciences comme ça non”. Aussi, il est très difficile pour eux de citer des noms de scientifiques ; si Einstein, Charpak

et De Gennes, sont évoqués, les autres mentions, rares et anecdotiques, concernent les scientifiques relatifs “aux théorèmes du cours”, et ceux qui ont donné leur nom aux locaux universitaires. Deux étudiantes (MC- PI +) déclarent même ne pouvoir citer personne. Enfin, si certains ont visité des musées scientifiques (Cité de l’Espace à Toulouse, Cité des Sciences à Paris), il ne s’agissait pas, à l’exception de Lætitia (MCO PI +), de démarches personnelles de leur part.

Nous avons aussi questionné les étudiants sur le principe de fonctionnement d’objets familiers (un poste radiophonique, un moteur, un transformateur, une boussole) et sur la production de courant électrique. Cinq d’entre eux ne se sont jamais interrogés à ce propos ; un sixième déclare que, se trouvant dans l’incapacité d’y répondre, il n’a pas donné suite à ses interrogations. Sans détailler l’ensemble des réponses obtenues, on peut illustrer leur nature à travers deux exemples, la boussole et la production de courant. En ce qui concerne la boussole, 3 étudiants fournissent une explication à caractère scientifique du type “c’est un aimant qui s’oriente dans un champ magnétique”. 2 étudiants ne fournissent pas de réponse, et 2 étudiants fournissent une explication ayant une couleur scientifique “ça dépend des champs, par rapport au nord et au sud, je pense que c’est différent”. Quant à la production de courant électrique, elle n’appelle aucun commentaire pour 3 étudiants. 3 étudiants produisent une association de mots scientifiques : “c’est un déplacement d’électrons donc on doit créer une force qui va tendre à les déplacer” ; “dans les centrales nucléaires, il y a une transformation d’énergie et en gros ça arrive jusqu’aux fils”. Un étudiant fournit une description scientifique du courant électrique, mais pas de sa production. De manière plus générale, on constate que la majorité des étudiants déclare ne pas connaître le fonctionnement des objets ou phénomènes cités, ou tient à leur égard des propos qui peuvent, par le choix des termes utilisés, présenter l’apparence d’un discours scientifique, mais sans constituer une explication fondée. Nous parlons dans ce cas, de l’utilisation d’un “sac à mots” dans lequel on puise pour fournir une combinaison de termes qui a une couleur scientifique.

Les étudiants MC- interrogés manifestent pour l’étude de la physique un intérêt de façade alors que les étudiants repérés MCO témoignent d’un intérêt un peu plus affirmé, lié à un certain plaisir. Cependant, pour l’ensemble des étudiants, cet intérêt, quelle que soit sa forme, ne se matérialise pas dans des activités extra-scolaires, pas plus qu’il n’ouvre réellement la voie à une tentative d’explication de phénomènes courants.

2.4. Le rapport à l’électromagnétisme

Les étudiants perçoivent l’électromagnétisme, en tant que domaine d’étude, comme “abstrait” et “difficile”. Plusieurs

une difficulté à mobiliser des connaissances sur des phénomènes courants

un rapport difficile
à l'électro-
magnétisme, ...

soulignent la prépondérance de la mathématisation, en insistant sur l'importance des formules et leur nécessaire mémorisation ("j'ai l'impression qu'il y a que des formules à apprendre" fait remarquer Lætitia, MCO PI+). Ils soulignent aussi la difficulté à déterminer quelle formule est pertinente pour la résolution d'un exercice : par exemple Joëlle (MC-PIO) évoque ses "difficultés à savoir quelle équation appliquer à telle situation". En même temps, l'usage des mathématiques est considéré par les étudiants comme un recours ("l'outil mathématique... m'aide parfois à comprendre certains concepts... comprendre mémoriser et représenter" – Thomas MCO PI-), ou comme une bouée de sauvetage ("heureusement qu'il y a les maths" Damien, MC-PI-).

En effet, les mathématiques pallient la difficulté, voire l'impossibilité des étudiants à appréhender le sens physique des situations "l'électromagnétisme, je trouve ça assez dur... les équations ça va... c'est mathématique... mais vraiment le sens qu'on peut donner aux formules, c'est dur... j'ai pas le sentiment d'avoir compris le sens physique de l'électromagnétisme" dit Roselyne (MC-PI+). Ils ont conscience d'avoir une vision de l'électromagnétisme constituée d'éléments juxtaposés sans liens entre eux : ainsi Élodie (MC-PI-) affirme "je n'ai pas de vision globale", et Roselyne (MC-PI-) "en fait peut-être je vois pas assez d'un point de vue général. J'arrive pas à faire des liens entre plusieurs notions".

... domaine auquel
les étudiants ne
trouvent pas
d'intérêt,
personnel ou
scientifique

Quant à l'intérêt porté à l'étude du domaine, il est tout au plus de nature utilitaire : apprendre l'électromagnétisme, ça sert "déjà, à avoir mon diplôme" ou ça sert "parce qu'on va en avoir besoin au semestre prochain." (MCO PI-) ou encore ça sert pour "l'enseigner plus tard" (MC-PI-). Ils ne portent aucun intérêt à l'électromagnétisme en tant que tel et parlent de ses applications de manière très floue : "je trouve pas d'application réelle, presque j'apprends quoi mais sans comprendre" affirme Delphine (MC-PI+), et Lætitia (MCO PI+) d'ajouter "j'ai l'impression qu'on nous lance des formules et j'ai pas compris l'intérêt encore".

Quels que soient la maîtrise conceptuelle et le positionnement institutionnel des étudiants, l'étude de l'électromagnétisme leur apparaît difficile, l'intérêt qu'ils y portent est très limité, et la description qu'ils font de leurs pratiques est réduite à des calculs liés à l'utilisation de la "bonne formule".

2.5. Le rapport à l'étude

Selon tous les étudiants, savoir résoudre des exercices semblables à ceux traités en TD garantit leur réussite à l'examen ("l'exo ressemblait à celui du TD, il y avait pas de piège"). Pour répondre à ce qu'ils estiment être la demande institutionnelle, il faut, toujours selon eux maîtriser "les formules et les modes de résolution". Pour y parvenir, les stratégies diffèrent selon la maîtrise conceptuelle des étudiants et leur positionnement institutionnel.

On constate que les pratiques d'étude peuvent se caractériser de la façon suivante :

- Un travail à minima : apprentissage par cœur, sans autre ressource que les notes de cours et de TD, travail effectué seul, juste avant l'examen. *"Je travaille 3 semaines avant l'examen, j'apprends les formules, j'apprends les modes de résolution qui me paraissent un peu bizarre"* déclare Élodie ; *"juste avant l'examen, je refais les TD, et j'apprends par cœur tout ce que je ne comprend pas"* dit Damien. Ce type de travail est celui des étudiants de profil MC- PI-.
- Un travail correspondant au "métier d'élève" selon la formulation de Perrenoud (1995). Il est réalisé sérieusement par les étudiants de profils MC- PI+ : relecture ou recopie sélective des cours et TD, préparation des TD pour certains, apprentissage par cœur des formules, des démonstrations et des méthodes de résolution, travail effectué seul et de manière régulière ; il est réalisé à l'économie par l'étudiante MC-PIO : la régularité de son travail ne porte que sur les éléments non compris pendant les cours et les TD.
- Un travail dans lequel le rapport temps/résultat est optimisé : réalisation de fiches de synthèse constituées et organisées à partir des cours, d'une sélection des éléments importants des TD et éventuellement d'ouvrages, travail en groupe, juste avant l'examen. C'est ainsi que l'on relève dans les propos de Thomas (MCO PI-) les extraits suivants *"j'ai mon cours et une feuille à côté et je note les choses qui me semblent importantes ...Des formules, des lois, des raisonnements. Quand j'ai fini de revoir mon chapitre, je reprends la feuille que j'ai réalisée et je l'organise... quitte à aller chercher des choses à la Bu... c'est vraiment pour comprendre"* *"Les TD... je reprends les choses qui me semblent importantes mais contrairement à certaines personnes, je ne refais pas les TD"*.
- Un travail optimal : réalisation de fiches de synthèse à partir de plusieurs sources avec procédure de validation en retravaillant les TD, en groupe, régulièrement. Lætitia, de profil MCO PI+ précise *"Je fais des fiches... je prends beaucoup de bouquins à la bu et les choses que j'ai pas comprises, je me réécris des choses à ma manière, en fait avec mes phrases... Quand je revois les TD, je vois si ma fiche elle me suffit à les faire comme ça après je la bûche... Je ne mets rien sur ma fiche si j'ai pas compris"*.

des pratiques
d'étude
différentes selon la
maîtrise
conceptuelle et le
positionnement
institutionnel des
étudiants

Les deux étudiants MCO décrivent donc des pratiques d'étude faisant intervenir des reformulations, orales dans le cadre de travaux de groupes ou écrites par rédaction de fiches de synthèse. Loin d'être réduites à de simples résumés (comme dans le cas des étudiants MC- PIO ou PI+), ces fiches sont mises à l'épreuve par confrontation aux TD, à des ouvrages empruntés à la bibliothèque universitaire ou à des pairs. Tous deux signalent l'intérêt de ce travail de rédaction pour leur compréhension. L'accent est également mis sur la réflexion lors de travaux en groupes par l'étudiant de profil MCO PI- : *"Ben déjà, ça me permet de voir certains problèmes que je n'avais*

pas vus en première lecture... ça permet quand je comprends pas quelque chose de poser des questions aux autres et en général quand on comprend pas un sujet et qu'on est 4 ou 5 à travailler ensemble, à plusieurs, on y arrive. Si je m'étais penché dessus tout seul, il y a des réflexions que je n'aurais pas eu...". Aucun de ces deux étudiants MCO ne privilégie l'apprentissage par cœur aux dépens de la compréhension.

des études
centrées
uniquement sur
l'obtention des
modules

Les étudiants interrogés sont inscrits dans une licence qui prépare à l'enseignement des sciences physiques. Quatre d'entre eux veulent en faire leur métier (dont les deux étudiants MCO), l'une d'entre eux veut être professeur des écoles, une autre veut "enseigner" sans autre précision, le dernier (Damien, MC-PI-) étant là sans objectif professionnel précis, presque par hasard. Le projet peut être ancien ("Ca m'intéresse d'enseigner, parce que c'est quand même un professeur que j'avais qui m'a donné envie de m'intéresser à la physique"), ou résulter d'échecs dans d'autres filières ("quand je suis revenue à la fac, je voulais pas faire prof, je voulais faire un IUP ou quelque chose comme ça... en fait après je me suis dit que c'était pas mal d'être prof"). Même si quatre étudiants ont donné des cours de mathématiques et de physique, et si l'une d'entre eux en a retiré une première perception de "la difficulté à comprendre là où étaient les difficultés avec les élèves", il n'en reste pas moins que les aspects professionnels ne sont ni prégnants ni moteurs dans les études, dont ils ont une vision à court terme, centrée sur l'obtention de leurs différents modules.

2.6. En conclusion : un rapport aux savoirs de type essentiellement utilitaire

On constate que tous les étudiants travaillent essentiellement, non pour comprendre le monde, mais pour réussir à l'examen et obtenir leur module : ils sont donc dans un rapport aux savoirs de type "utilitaire". Toutefois, on peut pointer deux nuances : une composante "plaisir" apparaît pour les deux étudiants repérés MCO, un peu plus curieux de leur discipline et de ses applications, qui en ont une meilleure représentation et qui se donnent les moyens, à travers leurs pratiques d'étude, de satisfaire le souci de compréhension dont ils font état pour les activités scolaires ; une composante "tourisme" pour un étudiant MC-PI-, qui, s'il cherche lui aussi à réussir, n'arrive pas à expliquer réellement pourquoi il suit cette formation.

un rapport aux
savoirs de type
essentiellement
utilitaire...

3. SIMILITUDES ET DIFFÉRENCES ENTRE LES ÉTUDIANTS

Il est intéressant de récapituler maintenant les éléments importants de cette étude pour en dégager les articulations,

et montrer en quoi le(s) rapport(s) au(x) savoir(s) permet(tent) d'interpréter les observations effectuées, que celles-ci soient relatives à une majorité des 30 étudiants de notre échantillon, ou soient plus spécifiques à certains d'entre eux.

• *Similitudes*

Nous avons dégagé une tendance générale dans le comportement des étudiants de notre échantillon vis-à-vis du questionnaire sur l'électromagnétisme : difficulté à donner un sens physique aux concepts, utilisation des mathématiques de manière procédurale, connaissances difficilement transférables sur des situations voisines. Nous avons résumé cet ensemble de constatations au travers des termes "faible maîtrise conceptuelle".

De la même manière, lors des entretiens ou des bilans de savoirs, de grandes lignes se dégagent, communes à l'ensemble de l'échantillon : absence de valeur accordée à l'apprentissage de la physique, aucun intérêt personnel pour la physique, au quotidien, à l'extérieur des études, rapports très difficiles à l'électromagnétisme, absence de sens des études hors l'obtention du diplôme (pas de grand intérêt pour la physique, pas de prégnance des perspectives professionnelles), études inscrites dans une dynamique à court terme, essentiellement utilitaire.

Si ces dernières constatations ne permettent pas à elles seules d'expliquer les difficultés des étudiants apparues dans le questionnaire en électromagnétisme, elles apportent tout de même un éclairage utile. On comprend bien en effet que, s'il n'y a pas de réel intérêt pour la physique, s'il n'y a pas de perspective professionnelle motrice, si les apprentissages effectués sont uniquement destinés à l'obtention (à minima d'efforts) du diplôme visé, des difficultés vont apparaître dès que l'on sort, comme dans le cas de notre questionnaire, de ce cadre particulier.

• *Différences*

Au delà de cette tendance générale, nous avons pu déterminer des profils spécifiques liés aux résultats de notre questionnaire (maîtrise conceptuelle MC- et MC0), et aux résultats institutionnels (positionnement institutionnel PI- à PI+). Les entretiens ont permis pour les 7 étudiants concernés de relier ces profils à leurs caractéristiques particulières.

Ainsi les étudiants MC- ont une perception scolaire de la physique (le physicien observe et décrit des phénomènes, il réalise des mesures et des calculs) ; ils cherchent à mémoriser les formules du cours et les procédures de résolution des exercices, et les apprennent par cœur lorsqu'ils ne les comprennent pas. Certains font des fiches résumant strictement le cours et les TD, sans reformuler ou utiliser de source extérieure. Ils travaillent seuls. Ils développent un rapport utilitaire aux savoirs concernés, teinté pour l'un d'entre eux d'une composante "touristique".

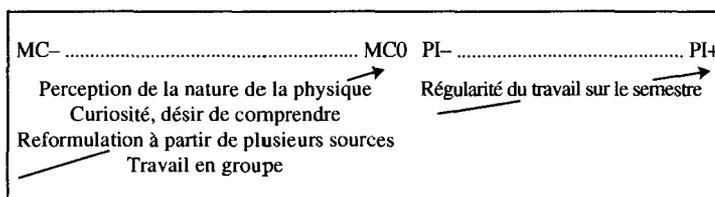
... éclaire les difficultés conceptuelles généralement observées

...mais dont la nuance "plaisir" est en relation avec une maîtrise conceptuelle plus affirmée

Les étudiants MCO ont une perception plus aboutie de la physique (mathématiques intégrées à la théorie, possédant un rôle prédictif, apparition de la dualité théorie-expérience et d'un processus dynamique de construction de connaissances). Ils manifestent une certaine curiosité dans le cadre de leurs études, et développent des stratégies visant la compréhension : reformulations écrites ou orales à partir de plusieurs sources, travail en groupe, souci de validation par les pairs ou par la réalisation d'exercices. Ils développent un rapport aux savoirs certes utilitaire, mais dans lequel une composante "plaisir" apparaît.

un positionnement institutionnel en relation avec les pratiques d'étude

Le point commun entre tous les étudiants PI+ est de fournir un travail régulier, tout au long du semestre, à l'opposé des étudiants PI-, qui eux fournissent un effort durant les deux ou trois semaines qui précèdent l'examen. L'étudiante PIO est dans une situation intermédiaire. Elle essaie de "tout saisir pendant les TD et les cours". Si c'est le cas, elle revoit la partie correspondante uniquement avant l'examen. Dans le cas contraire, elle la reprend immédiatement après son déroulement. Ainsi, on pourrait schématiser les propos précédents de la manière suivante :



Bien sûr, il ne faut pas voir dans le descriptif précédent, et particulièrement dans le schéma qui le résume, les causes du profil correspondant, mais des caractéristiques, des relations (parmi d'autres) qui aident à le comprendre.

4. CONCLUSION

Nous avons pu constater l'intérêt, pour une étude didactique, des notions de rapport au savoir (pris dans sa généralité) et de rapports à des savoirs (pris dans leurs spécificités disciplinaires). Le rapport au savoir nous a servi à préciser un élément du contexte d'étude : les étudiants n'accordent pas de valeur personnelle à l'apprentissage de la physique, celle-ci ne fait pas partie des apprentissages qui ont de l'importance pour eux. Le rapport aux savoirs disciplinaires nous a permis d'identifier des caractéristiques individuelles, communes pour certaines à tous les étudiants interrogés (par exemple le manque d'intérêt pour la physique à l'extérieur des études),

Intérêt du rapport aux savoirs en didactique

spécifiques pour d'autres d'un petit groupe (par exemple les pratiques d'étude). On peut ainsi interpréter pour partie les résultats liés à la maîtrise des objets de savoir concernés et leur donner une certaine intelligibilité, au travers de la prise en compte des caractéristiques personnelles de l'individu apprenant.

Par ailleurs, notre étude vérifie partiellement la pertinence de notre hypothèse de départ. Nous avons montré en effet, sur notre échantillon, que la majorité des étudiants développent un rapport aux savoirs concernés de type utilitaire (au sens strict du terme), conformément à notre hypothèse. De ce fait, ils ne cherchent pas à dépasser ce qu'il décodent comme étant la demande institutionnelle : être capable de résoudre des exercices similaires à ceux des TD. Le traitement procédural prend alors le pas sur une démarche de conceptualisation, dont ils ne semblent percevoir ni l'utilité ni l'intérêt compte tenu de leurs objectifs. Il reste donc maintenant, pour statuer complètement sur la validité de notre hypothèse, à analyser la nature exacte de la demande institutionnelle relative à l'électromagnétisme, et en particulier voir quelles sont les places respectives du traitement procédural et du traitement conceptuel dans les exercices proposés. Une étude (Barlet et Mastrot, 2000) montre d'ailleurs dans un autre domaine, celui de la thermochimie, la part prépondérante du procédural que les auteurs considèrent en partie comme un obstacle à la conceptualisation.

Patrice VENTURINI
 Université Paul Sabatier – Toulouse – LEMME
 Virginie ALBE
 ENFA – Castanet Tolosan

BIBLIOGRAPHIE

ALBE, V. & VENTURINI, P. (2001). Concepts électromagnétiques : absence de sens et manque de structuration chez les étudiants. In *SCHOLE, numéro hors-série 2001*, Actes des 2^e rencontres scientifiques de l'ARDIST, "Actualité de la recherche en didactique des sciences expérimentales et des techniques", Carry le Rouet, 17-20 octobre 2001, pp. 241-252. Marseille : IUFM.

ALBE, V., VENTURINI, P. (2002). Relations entre la maîtrise conceptuelle d'étudiants en électromagnétisme et leurs rapports aux savoirs. In Actes des 3^e journées franco-québécoises "Didactiques et rapports aux savoirs", 17-18 juin 2002, pp. 31-45. Paris : Sorbonne.

BAR, V., ZINN, B. & RUBIN, E. (1997). Children's ideas about action at distance. *International Journal of science Education*, vol 19, 10, 1137-1157.

- BARLET, R., & MASTROT, G. (2000). L'algorithmisation-refuge, obstacle à la conceptualisation. L'exemple de la thermochimie en premier cycle universitaire. *Didaskalia*, 17, 123-159.
- CAILLOT, M. (2001). Rapport(s) au(x) savoir(s) et didactique des sciences. In P. Jonnaert et S. Laurin (dir), *Les didactiques des disciplines. Un débat contemporain*, 111-131. Montréal : Presses de l'Université du Québec.
- CAILLOT, M. (2001). Y a-t-il des élèves en didactique des sciences ? Ou quelles références pour l'élève. In A. Terrisse, (Eds.) *Didactique des disciplines, les références au savoir* (pp. 141-155). Bruxelles : De Boeck.
- CHARLOT B., BAUTIERE E., ROCHEX J.Y. (1992). *École et savoir dans les banlieues et ailleurs*. Paris : Armand Colin
- CHARLOT, B. (1999). *Rapport au savoir : Éléments pour une théorie*. Paris : Anthropos.
- CHARLOT, B. (2000). La problématique du rapport au savoir. In A. Chabchoub (Eds). Actes du 5^e Colloque International de didactique et d'épistémologie des sciences "Rapports au savoir et apprentissage des sciences", 7-8-9 avril 2000 Sfax, (pp. 13-23). Tunis : ATRD.
- CHARTRAIN, J-L. & CAILLOT, M. (1999). Apprentissages scientifiques et rapport au savoir : le cas du volcanisme au CM2. In *Actes des 1^{res} rencontres scientifiques de l'ARDIST*, Cachan, 26-28 octobre (pp. 131-136). Paris : ARDIST.
- CHEVALLARD, Y. (1989). Le concept de rapport au savoir. Rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel. Séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique, Université Joseph Fourier, Grenoble 1, 26 juin, Document interne n° 108.
- GALILI, I. (1995). Mechanics background influences students conceptions in electro-magnetism. *International Journal of Science Education*, vol 17, 3, 371-387.
- GRECA, I. & MOREIRA, M.A. (1997). The kind of mental representation – models, propositions and images – used by college physics students regarding the concept of field. *International Journal of Science Education*, vol 19, 6, 711-724.
- LASCOURS, J. (1993). *Les aimants et le magnétisme : faire émerger les conceptions des apprenants*. Mémoire de DEA, LEMME, université P. Sabatier Toulouse.
- LEMEIGNAN, G. & WEIL-BARAIS, A. (1993). *Construire des concepts en physique*. Paris : Hachette.
- MAAROUF, A. & BENYAMNA, S. (1997). La construction des sciences physiques par les représentations et les erreurs : cas des phénomènes magnétiques. *Didaskalia*, 11, 101-118.
- PERRENOUD, P. (1995) *Métier d'élève et sens du travail scolaire*. Paris : ESF.
- TÖRNKVIST, S., PETTERSSON, K.-A., TRANSTRÖMER, G. (1993). Confusion by representation : on student's comprehension of electric field concept. *American Journal of physics*, vol 61, 4, 335-338.

VENTURINI, P., ALBE, V. & LASCOURS, J. (2000). Rapport des étudiants au champ et au flux magnétiques. In A. Chabchoub (Eds). Actes du 5^e Colloque International de didactique et d'épistémologie des sciences "*Rapports au savoir et apprentissage des sciences*", 7-8-9 avril 2000 Sfax (pp. 175-186). Tunis : ATRD.

VENTURINI, P. & ALBE, V. (2002). Rapports à la physique d'étudiants issus d'un DEUG Sciences de la matière. *Dossiers des sciences de l'éducation*, n° 8, pp. 11-22. Toulouse : Presses Universitaires du Mirail.

VERGNAUD, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 10, 2 et 3, 133-170.

VERGNAUD, G. (1991). Morphismes fondamentaux dans le processus de conceptualisation. In Vergnaud G. (Eds). *Les sciences cognitives en débat*, pp. 18-25. Paris : Éditions du CNRS.

VIENNOT, L. & RAINSON, S. (1992). Students' reasoning about the superposition of electric fields. *International Journal of Science Education*, vol. 14, 4, 475-487.