

Électrocinétique à courant continu : *étude comparative de réponses d'élèves de 1^{ère} F3 et de 1^{ère} F3 d'adaptation dans une perspective d'enseignement*

par Bernard CALMETTES et Bernard BOULDOIRES
Laboratoire d'Étude des Méthodes Modernes d'Enseignement
Université Paul Sabatier, 31062 Toulouse Cedex

1. INTRODUCTION, PROBLÉMATIQUE

Les élèves peuvent emprunter deux voies pour parvenir dans les classes de 1^{ère} F3 des Lycées Techniques (Cycle préparant au Bac Technologique, option Électrotechnique). Les élèves de 1F3A y arrivent après avoir suivi les enseignements d'une classe de seconde TSA (seconde classique pour l'enseignement de la physique et des enseignements optionnels de type technologique) tandis que les élèves de 1F3B (1^{ère} d'adaptation), eux, ont transité par l'enseignement professionnel et possèdent un BEP (électrotechnique généralement). Tous les élèves suivent, en classe de Première, un enseignement de contenu commun en Physique Appliquée ; l'objectif étant de leur offrir une formation de base qui leur permettent, en Terminale, d'étudier des systèmes électroniques et électrotechniques évolués (hacheur, onduleur, machines électriques, ...).

Approche générale :

Les passés scolaires différents des élèves de 1F3A et de 1F3B marquent-ils leurs connaissances en physique appliquée ?

Nous avons souhaité recueillir les opinions des enseignants sur ce point. Pour cela, nous avons mené une série d'entretiens avec des professeurs et des responsables de différentes classes (BEP, 1^{ère} et TF3), de différentes matières (Physique Appliquée, Automatismes et Informatique, Mathématiques). Les informations recueillies peuvent se résumer de la façon suivante :

– Les élèves de 1F3B issus de BEP sont motivés pour les Travaux Pratiques et y possèdent de solides connaissances. Celles-ci peuvent servir de base à tout apport de cours postérieur, y compris théorique,

à condition qu'ils en ressentent une nécessité (pouvoir explicatif et prévisionnel de modèles par exemple) sinon, ils se contenteraient d'un descriptif sommaire, voire superficiel, tant leurs difficultés «expressionnelles» et d'abstraction sont causes de sérieux problèmes.

– Ces élèves éprouveraient aussi des difficultés dans les formulations mathématiques, les résolutions d'équations surtout si la liaison avec leurs acquis de pratique en physique n'est pas immédiate. Ce manque de maîtrise au niveau de l'abstraction et les lacunes d'ordre mathématique seraient à la source d'un manque de méthodologie scientifique, d'un «cherche-formule» effréné et d'une vision théorique limitée.

– Les élèves de 1F3A réussissent mieux dans les approches théoriques et mathématiques de la physique. Leurs qualités en ce point neutralisent un désir de recherche par la pratique. Les problèmes devraient, d'après eux, pouvoir se «résoudre uniquement sur le papier».

De ces entretiens, relatifs à la pratique journalière de classe, il ressort que les élèves de 1F3A et 1F3B présenteraient des attitudes, des connaissances et des aptitudes différentes.

Problématique de la recherche :

Il existerait des différences entre les connaissances et les approches théoriques des élèves des classes de 1F3A et de 1F3B. Peut-on les mettre en évidence par un questionnaire papier/crayon ?

Afin de tenter de préciser certaines de ces connaissances, nous avons construit, à partir de questions déjà posées par d'autres chercheurs et d'items originaux, un questionnaire devant permettre, après enseignement sur la partie de leur programme relative à l'électrocinétique à courant continu, de comparer les deux groupes d'élèves (CALMETTES, 1992).

2. L'OUTIL

Le questionnaire auquel ont répondu environ 80 élèves (3 classes de 3 Lycées Techniques de l'Académie de Toulouse) de chaque groupe comportait 20 questions.

Les élèves avaient la possibilité de ne pas répondre aux questions s'ils ne pensaient pas avoir la «bonne» solution.

Le questionnaire abordait les sujets suivants : notions de tension, de courant et de résistance ; approche des raisonnements adoptés dans différentes situations ; schématisation ; approches de l'abstraction par l'algébrisation du courant, de la tension et par la loi d'Ohm.

Des entretiens complémentaires post-test ont permis de préciser certains comportements.

Le questionnaire a été posé à la fin du premier trimestre de l'année scolaire 91/92 après enseignement de la partie électrocinétique en courant continu.

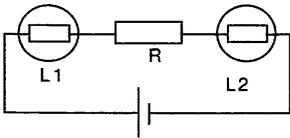
Les questions que nous aborderons ici sont choisies parmi celles montrant le plus les différences entre les deux groupes d'élèves ou celles présentant un intérêt particulier pour la recherche.

3. ÉTUDE DE QUELQUES RÉSULTATS

Dans les circuits proposés, les générateurs et les appareils de mesure sont considérés comme étant parfaits. Cette précision est donnée aux élèves.

3.1. Raisonnements sur un circuit série

La question posée (proposée par J.L. CLOSSET, 1983) a pour objet la détection du mode de raisonnement adopté par les élèves face à un circuit série.



R est un résistor, L1 et L2 des ampoules électriques identiques.

a - L1 brille-t-elle plus fort, aussi fort, moins fort que L2 ?
.....

On augmente R.

b - L1 brille-t-elle plus fort, aussi fort, moins fort qu'avant ?
.....

c - L2 brille-t-elle plus fort, aussi fort, moins fort qu'avant ?
.....

Les raisonnements effectivement observés et conduisant à des réponses inexactes sont : le raisonnement «séquentiel» ou «à épuisement de courant», ainsi que le raisonnement «à courant constant»

(décrits dans de précédents travaux : Jean-Louis CLOSSET (1983), Jean-Jacques DUPIN et Samuel JOHSUA (1986), par exemple).

- Dans le raisonnement séquentiel, le courant découvre les composants au fur et à mesure de sa progression. Il diminue après avoir traversé chaque composant passif.
- Dans le raisonnement à «courant constant», la pile est considérée comme débitant un courant constant quelle que soit la charge du circuit.

Nous appellerons «raisonnement globaliste» celui menant à une réponse exacte obtenue vraisemblablement par une approche de type systémique du circuit.

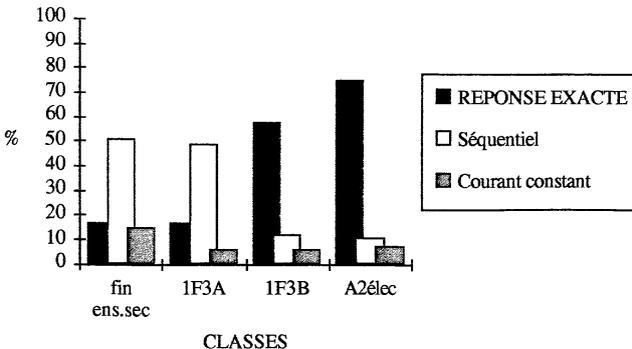
Les réponses :

La question a été également posée (travaux de Jean-Louis CLOSSET) à des populations d'une quarantaine d'élèves de fin d'enseignement secondaire en Belgique et à des étudiants de D.E.U.G. S.S.M. (ce qui correspond à une seconde année de premier cycle universitaire en sciences exactes avec un cours à option d'électronique).

Le tableau et la figure suivante permettent de situer nos résultats par rapport à ceux de ces deux populations.

	fin ens. sec	1F3A	1F3B	A2élec
RÉPONSE EXACTE	17 %	17 %	58 %	75 %
Séquentiel	51 %	49 %	12 %	11 %
Courant constant	15 %	6 %	6 %	7 %

1F3A = 1^{ère} F3 après seconde T.S.A.
 1F3B = 1^{ère} F3 d'adaptation (après B.E.P.)
 fin ens. sec = fin d'enseignement secondaire en Belgique
 A2élec = seconde année universitaire, option électronique en France



Les résultats (sur les parties a, b et c) sont présentés dans un ordre permettant d'apprécier la progression en terme de «réponse exacte».

Les principales réponses fournies peuvent être analysées de la façon suivante :

- «*L1 brille autant que L2*». * «*L1 et L2 brillent moins*».

Il s'agit de la **réponse exacte**.

- «*L1 brille plus fort que 2*». * «*L1 brille autant et L2 moins*».

Il s'agit du raisonnement à usure de courant. Celui-ci doit, pour atteindre la lampe 2, franchir une résistance et il y perd une partie de son énergie. L'intensité lumineuse de la lampe 2 est alors plus faible que celle de la lampe 1. Ce raisonnement s'accompagne de la réponse «*L1 brille autant et L2 moins*» quand on augmente la valeur de la résistance R.

Ce type de raisonnement séquentiel est extrêmement répandu dans les classes de 1F3A et beaucoup moins dans les classes de 1F3B.

- «*L1 brille autant que L2*». * «*L1 et L2 autant qu'avant*».

Il s'agit d'un raisonnement à courant constant. La pile apparaît comme un générateur de courant débitant un courant constant quelle que soit sa charge.

Commentaires :

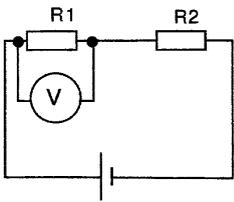
On pourra observer que les sommes des réponses présentées sont de 72 % pour les élèves de 1F3A et de 76 % pour ceux de 1F3B. Le complément est à chercher dans des changements de raisonnements ou une mauvaise compréhension de la question lors du passage de la partie a aux parties b et c (12 % des élèves de 1F3B et 5 % des élèves de 1F3A semblent par exemple produire un raisonnement correct à la partie a et passent à un raisonnement séquentiel pour les parties b et c) et dans les réponses ne correspondant pas directement à la classification proposée. Certains élèves en particulier semblent raisonner séquentiellement à partir du sens de déplacement des électrons (mis dans la rubrique séquentiel par Jean-Louis CLOSSET), raisonnement «à épuisement d'électrons» (environ 5 % dans chacun des groupes).

Les raisonnements à courant constant sont relativement peu produits au niveau des classes de 1F3. Les raisonnements globalistes croissent en pourcentages au fur et à mesure que disparaît le raisonnement séquentiel.

Il est intéressant de noter que les élèves issus des classes de B.E.P. ont acquis de façon prépondérante un raisonnement permettant d'arriver à la réponse exacte.

3.2. Raisonnements sur les circuits et relations mathématiques

La question (proposée par L. VIENNOT, 1983) :



Exercice : On augmente R_1 . On relève que la tension mesurée U augmente aussi. Expliquer pourquoi.

Réponse d'un élève :
 $U = R_1.I$. Si R_1 augmente, U aussi.

Cette réponse vous paraît-elle correcte ? Expliquez.

.....

.....

.....

La réponse exacte peut être obtenue par un raisonnement formel faisant appel aux mathématiques (utilisation d'une différentielle, tracé d'une courbe à l'aide d'une calculatrice graphique ou en « passant » par le calcul d'une dérivée et l'étude d'un tableau de variation, « essais » de valeurs après expression de U , ...) ou par un raisonnement « globaliste ».

Les élèves testés ne possédant pas l'outil mathématique nécessaire pour conduire l'étude à son terme peuvent raisonner par étapes :

- 1 - Quand R_1 augmente, le courant dans le circuit diminue.
- 2 - La tension aux bornes du résistor R_2 de résistance constante diminue alors.
- 3 - La tension E étant constante, la tension aux bornes de R_1 augmente.

Les résultats montrent que, d'une part, les élèves n'ont jamais utilisé d'outils mathématiques autres que la loi proposée et que, d'autre part, ceux qui, en raisonnant, ont envisagé le point 2 envisagent aussi le point 3.

Les réponses :

Les résultats ont été classés de la manière suivante :

- Les élèves ayant fourni une réponse exacte avec un raisonnement correct (**réponse exacte**).

- Les élèves ayant fourni un raisonnement se terminant à l'étape 1 et aboutissant à une contradiction à laquelle ils ne pouvaient répondre : si **I** diminue et que **R1** augmente, que fait le produit **R1.I** (1^{ère} étape seulement) ?
- Les élèves qui raisonnent franchement en courant constant et qui l'écrivent de façon plus ou moins explicite (raisonnement «en courant constant»).
- Les élèves qui sont satisfaits de la réponse proposée dans l'énoncé (oui sans explication).

	1F3A	1F3B
RÉPONSE EXACTE	1 %	5 %
1 ^{ère} étape	5 %	28 %
Raisonnement «en courant constant»	61 %	40 %
Oui sans explication	18 %	21 %
Autre / JSP / Pas de réponse	15 %	6 %

Commentaires :

On peut observer que très peu d'élèves arrivent au bout de la solution complète.

Les élèves de 1F3B sont plus nombreux à produire la réponse exacte et le raisonnement correspondant à l'étape 1.

Le raisonnement «en courant constant» appelé aussi par Jean-Louis CLOSSET «raisonnement séquentiel de type 2» est cependant prépondérant dans chaque groupe.

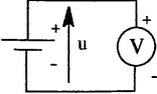
La question posée a poussé des élèves qui jusqu'alors avaient utilisé à bon escient un raisonnement de type globaliste, et qui donc en particulier avaient noté que l'effet de l'augmentation de la résistance R (Question exposée au § 3.1.) était de faire diminuer l'intensité du courant, à raisonner différemment.

En fait, les entretiens post-test que nous avons menés nous ont montré que c'est le formalisme, la possibilité d'utiliser une relation, qui a fait perdre majoritairement aux élèves le contact avec la réalité physique. Ils ne portent plus alors sur la question posée un regard physique, le problème devient pour eux uniquement mathématique. Leur logique semble être une logique de mise en œuvre immédiate et non une logique de réflexion visant à comparer toutes les données avec l'ensemble des connaissances dont ils disposent.

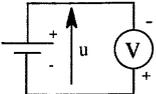
On peut alors s'interroger d'une façon plus générale sur l'utilisation privilégiée de certains outils mathématiques au détriment des outils conceptuels de la physique, sur l'intégration dans les pratiques de l'enseignement des deux approches. La facilité apparente qu'apportent les premiers semble restreindre la disponibilité des seconds.

3.3. Autour de l'algébrisation des tensions et courants

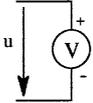
La pile est marquée 4,5 V.



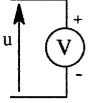
a - Quelle valeur indique le voltmètre ?
b - Quelle est la valeur de la tension u ?



c - Quelle valeur indique le voltmètre ?
d - Quelle est la valeur de la tension u ?



$u = 10 \text{ V}$
e - MESURE : ...



$u = -10 \text{ V}$
f - MESURE : ...

	1F3A	1F3B
Q a juste (4,5 V)	90 %	89 %
Q a (- 4,5 V)	1 %	6 %
Q b juste (4,5 V)	91 %	90 %
Q b (- 4,5 V)	5 %	3 %
Q c juste (- 4,5 V)	74 %	85 %
Q c (4,5 V)	1 %	12 %
Q d juste (4,5 V)	66 %	77 %
Q d (- 4,5 V)	16 %	23 %
Q e juste (- 10 V)	53 %	51 %
Q e (10 V)	37 %	40 %
Q f juste (- 10 V)	51 %	42 %
Q f (10 V)	46 %	40 %

Si nous comparons les items b et d, nous notons une diminution du pourcentage de réponses exactes. Un nombre non négligeable d'élèves semblent donc faire changer la valeur de la tension u aux bornes de la pile quand change le branchement du voltmètre à ses bornes (surtout chez les élèves de 1F3A).

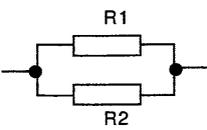
Les items a et f d'une part, c et e d'autre part, présentent des situations semblables, mis à part l'absence du schéma du générateur dans le second circuit et la présence d'une valeur négative. Ces disparitions entraînent une chute importante des pourcentages de bonnes réponses.

Le passage à des schémas non «complets» (pas de générateur), l'utilisation des nombres négatifs, la multiplication des opérations mentales à effectuer, s'accompagnent d'une baisse des pourcentages de réponses inexacts dans les deux groupes.

3.4. Utilisations de relations mathématiques

La question porte sur le formalisme utilisé dans les calculs de résistances équivalentes dans les associations de résistors.

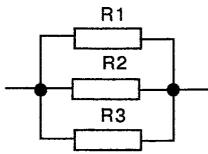
Donnez les relations permettant de calculer la résistance équivalente dans chacun des cas de groupements ci-dessous



.....

.....

.....



.....

.....

.....

Relations principales relevées :

exactes :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} \quad (1) \quad R = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} \quad (2) \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} \quad (3)$$

erronées : $R = \frac{R1 \cdot R2 \cdot R3}{R1 + R2 + R3} \quad (4) \quad R = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} \quad (5)$

Cette question doit permettre de connaître le choix des relations suivant les situations.

Les réponses :

Les résultats sont les suivants (les réponses exactes sont notées en caractères gras et soulignées).

	1F3A	1F3B
<u>2 R EN PARALLÈLE FORME (1)</u>	18 %	6 %
<u>2 R EN PARALLÈLE FORME (2)</u>	75 %	90 %
<u>3 R EN PARALLÈLE FORME (3)</u>	57 %	75 %
3 R en parallèle forme (4)	18 %	10 %
3 R en parallèle forme (5)	8 %	11 %
Autres formes	14 %	4 %
<u>Relations (2) et (3) présentes ensemble</u>	39 %	69 %
<u>Relations (1) et (3) associées</u>	18 %	6 %
Relations (2) et (4) associées	18 %	10 %

Commentaires :

- La relation (2) donnant directement la valeur de R est utilisée de façon prépondérante, surtout chez les élèves de 1F3B.
- Des confusions apparaissent dans les écritures des relations pour 3 résistors en parallèle, surtout chez les élèves de 1F3A. L'utilisation quasi obligatoire de la relation avec des inverses mathématiques accroît le nombre de réponses inexactes.
- Majoritairement, deux relations sont assimilées ; une pour 2 résistors en parallèle (relation (2)) et une pour 3 résistors en parallèle (relation (3)). La relation par les inverses est peu utilisée (surtout chez les élèves de 1F3B) pour 2 résistors en parallèle.
- Tous les élèves qui utilisent la relation (1) utilisent ensuite la relation (3).
- Certains élèves de 1F3A essaient, semble-t-il, de retenir une relation qui puisse être utilisée pour les deux types de situations. La relation (2) engendre alors la forme (4) pour 18 % d'entre eux et la relation (1) passe alors sous la forme (3) pour 18 % d'entre eux.

La relation mathématique utilisée de façon prépondérante dans le cas de 2 résistors (forme (2)) permet, semble-t-il, de donner une réponse rapide (R est donnée directement, donc coût de réflexion réduit) et d'éviter des étapes complémentaires, des calculs mathématiques peut-être risqués.

Pour deux situations très proches, pratiquement semblables, ce sont donc deux types de relations qui sont mémorisées et utilisées.

4. CONCLUSIONS

4.1. Comparaison des deux groupes d'élèves

Les réponses des élèves de 1F3B et de 1F3A aux questions présentées dans ce document présentent des différences notables sur les points suivants :

- A propos de la question relative aux raisonnements (§ 3.1.), les élèves de *1F3B* semblent utiliser, sur les circuits série, un raisonnement de *type globaliste* (60 %), raisonnement qui doit leur permettre de faire de meilleures prévisions quant à l'évolution des systèmes électriques simples. Pour traiter le même type de problèmes, les élèves de *1F3A* raisonnent principalement en utilisant le *modèle séquentiel* (50 %).
- L'étude des réponses liées à l'algébrisation (§ 3.3.) montre une baisse, dans les deux groupes, des pourcentages de réponses exactes lorsque la situation ne propose pas de schématisation complète, implique l'utilisation de valeurs négatives ou/et une augmentation du nombre d'opérations à effectuer.
- Les réponses aux questions relatives aux relations utilisées dans les associations de résistors (§ 3.4.) s'accompagnent d'un pourcentage de réponses exactes légèrement supérieur pour les élèves de 1F3B.

4.2. Conséquence sur l'influence de l'enseignement

L'étude présentée semble montrer que le type d'enseignement antérieur reçu (au sens très large, comprenant à la fois les contenus des programmes, la forme des activités d'apprentissage et la motivation des élèves) est corrélé aux raisonnements utilisés par les élèves, en particulier sur les circuits.

Les élèves de 1F3B obtiennent généralement, sur ces derniers items, des pourcentages de réponses exactes élevés et toujours supérieurs à ceux obtenus par les élèves de 1F3A.

Cette réussite ne semble pas pour autant liée à une meilleure maîtrise de la notion de tension (mis à part le fait qu'ils ne confondent pas générateur de tension et générateur de courant). En effet, la plupart des raisonnements que nous avons pu approfondir lors d'entretiens se font en utilisant le courant mais avec une vision systémique du circuit. Cette vision systémique permet généralement aux élèves de 1F3B de

concevoir que, lorsqu'on change la valeur d'un composant du circuit, il y a modification de tous les points de fonctionnement des composants du montage.

Les raisonnements en tension sont le plus souvent formels et associés à la loi d'Ohm.

Les limites d'efficacité des raisonnements utilisés par ces élèves sont liés à la présence de relations mathématiques ou/et à la nécessité de résoudre un problème en plusieurs étapes.

Relevons toutefois que les bons raisonnements des élèves de 1F3B sur les circuits restent insuffisants pour leur permettre une analyse formelle et symbolique des phénomènes physiques, comme celle qui est envisagée au § 3.2.

4.3. A propos des autres observations

Nous avons mis en évidence dans les deux groupes, avec des effets plus ou moins marqués, des changements d'attitudes cognitives montrant une certaine instabilité des choix (conscients ou inconscients) opérés par les élèves dans des situations mettant en cause les raisonnements sur les circuits et les relations mathématiques utilisées en physique.

Quelle pourrait être la cause de ces changements dans les situations proposées ?

– Considérons le changement de raisonnement sur les circuits électriques entre les questions présentées aux § 3.1. et 3.2. Ce changement pourrait résulter du besoin ressenti par les élèves de fournir un résultat rapide, en rapport direct avec la question posée en utilisant la relation présentée. Le raisonnement en plusieurs étapes, plus construit, est peu produit probablement parce qu'il nécessite un investissement cognitif plus lourd.

– Dans le cas du calcul des résistances équivalentes des dipôles constitués par l'association de résistors en parallèle, nous avons relevé que deux relations étaient généralement apprises. Lors des entretiens, nous avons remarqué à ce propos une certaine gêne quant à l'utilisation mathématique des inverses. Ceux-ci étant mal maîtrisés, une forme en produit, dans laquelle la résistance R est donnée directement, est utilisée dans le cas de l'association de résistors. Cela correspondrait à une stratégie permettant aux élèves de fournir un résultat rapide et direct

(pas de passage par l'inverse si possible) en minimisant les mécanismes opératoires, quitte à augmenter l'investissement nécessaire à la mémorisation des relations mathématiques.

L'étude des différents résultats obtenus aux items proposés semble bien indiquer que les difficultés pourraient être liées à la fois à l'absence de «sens physique», à la perte du contact avec les symbolismes proches du réel, au besoin d'utiliser des relations mathématiques, à l'augmentation du nombre d'opérations mentales à réaliser.

A propos de «coût cognitif», il convient de séparer deux types d'investissements : l'investissement en terme de mémorisation souvent accepté, et le coût de production d'une solution réfléchie, articulée en plusieurs étapes, qui, lui, est souvent refusé.

4.4. Conséquences pour les pratiques de classe

La recherche que nous avons menée semble bien mettre en évidence que les classes de 1F3A et de 1F3B présentent, comme les premiers entretiens effectués le laissaient pressentir, des caractéristiques singulières. Nous pensons avoir contribué à les préciser.

Bien sûr, en l'état actuel des recherches, il est difficile de savoir ce qui, dans les cursus des uns et des autres, a permis de développer telle capacité plutôt que telle autre. La moyenne d'âge des élèves des deux groupes n'est pas la même, le temps qu'ils ont consacré à la fréquentation des dispositifs électriques non plus. Cependant, deux remarques, nous semblent pouvoir être faites. D'une part, quelques résultats, obtenus auprès d'élèves de Terminale F3, indiquent que les évolutions relatives au domaine étudié, sont peu importantes en un an. D'autre part, il nous semble intéressant d'avoir montré que des élèves, souvent en situation d'échec à la fin de la classe de Troisième, pouvaient obtenir d'aussi «honorables» résultats deux ans plus tard. Dans la situation qui prévaut actuellement en France, le coût pour la société de quelques années supplémentaires de formation pour quelques-uns est-il encore si rédhibitoire ?

Il conviendrait de prolonger cette étude en recherchant comment les pratiques enseignantes peuvent prendre en compte les qualités des élèves de chacun des deux groupes.

L'étude effectuée fait émerger plusieurs hypothèses. Celles-ci peuvent être mises à l'épreuve pendant les enseignements de Physique

Appliquée. En effet, face à des difficultés analogues à celles mises en évidence ici, l'enseignant peut inciter les élèves à préciser le ou les raisonnements qu'ils mettent en œuvre. Cette tâche est bien sûr facilitée lorsqu'on sait par avance à quelles difficultés on va se trouver confronté. Les conceptions erronées et les raisonnements inexacts peuvent être explicités éventuellement par une discussion dans la classe entre tenants de positions différentes si l'enjeu est important. Les erreurs sont mises en évidence ainsi que quelques-uns des mécanismes qui les ont engendrées. Il est possible qu'à moyen terme la prise de conscience par les élèves des particularités de leurs difficultés, non plus seulement en termes de réussite ou d'échec, mais en termes d'efficacité des stratégies consciemment choisies, améliore certaines de leurs performances. Il ne faut pas craindre alors de passer par une étape intermédiaire pendant laquelle les élèves, conscients de l'inefficacité des méthodes qu'ils envisagent pour résoudre un problème, ne savent plus que faire et paraissent désemparés. Même si l'amélioration de leurs compétences en mathématiques leur permettra ultérieurement de résoudre certains problèmes de manière systématique, sans faire appel aux complications conceptuelles que certains raisonnements «physiques» exigent au niveau Première, nous pensons que l'entraînement à ce type de raisonnement est important pour ces élèves. En effet, comme le montrent les études du Centre d'Études et de Recherches sur les Qualifications, en particulier CHARLOT et PIGELET (1989), DUBOIS (1991), il semble que ces élèves «du technique» soient assez nombreux (entre 10 et 20 %), à poursuivre leurs études au delà du niveau «bac + 2».

BIBLIOGRAPHIE

B. CALMETTES (1992), *Acquis en électrocinétique à courant continu : comparaison $I^{2e} F3 / I^{2e}$ d'adaptation F3*. Mémoire de D.E.A. (Dir. B. Bouldoires), Université Paul Sabatier, Toulouse.

A. CHARLOT et J.L. PIGELET (1989), *L'après-bac : itinéraires et réussite après trois ans d'études*. Collection des Études, n° 52, C.E.R.E.Q., Paris.

J.L. CLOSSET (1983), *D'où proviennent certaines «erreurs» rencontrées chez les élèves et les étudiants en électrocinétique ? Peut-on y remédier ?* B.U.P. n° 657 - pp. 81/102.

M. DUBOIS (1991), *Les poursuites d'études après l'université, les écoles et les instituts d'enseignement supérieur*. Formation-qualification-emploi, Document de travail n° 61, C.E.R.E.Q., Paris.

J.J. DUPIN et S. JOHSUA (1986), *L'électrocinétique du collège à l'université*. B.U.P. n° 683 - pp. 779/800.

L. VIENNOT (1983), Implicit statements in physics : students and constants. *Atelier International d'été, Recherche en Didactique de la Physique, La Londe les Maures*. pp. 355/361.