



HAL
open science

Difficultés de l'utilisation de l'outil mathématique dans l'enseignement des sciences physiques : cas des circuits (RLC) en régime sinusoïdal forcé

Hilaire Adjibi, Gabriel Avoisevou, Cherif Moussiliou, Philippe Briaud

► To cite this version:

Hilaire Adjibi, Gabriel Avoisevou, Cherif Moussiliou, Philippe Briaud. Difficultés de l'utilisation de l'outil mathématique dans l'enseignement des sciences physiques : cas des circuits (RLC) en régime sinusoïdal forcé. Le pedagogue, 2016. hal-01893638

HAL Id: hal-01893638

<https://hal.science/hal-01893638>

Submitted on 11 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Difficultés de l'utilisation de l'outil mathématique dans l'enseignement des sciences physiques : cas des circuits (R, L, C) en régime sinusoïdal forcé.

Hilaire ADJIBI. Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques,
Bénin hilaireadjibi@gmail.com.

Gabriel Y. H. AVOSSEVOU. Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques, Bénin.

Chérif Abdoulaye MOUSSILIOU. Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques, Bénin.

Phillippe BRIAUD. CREN Université de Nantes ; IUFM des Pays de la Loire

Résumé : L'enseignement des sciences physiques et son application trouvent leur fondement dans l'utilisation des outils mathématiques qui sont d'une importance capitale, et la maîtrise de certaines notions mathématiques s'avère indispensable pour la compréhension des concepts liés à l'enseignement des circuits (R, L, C). L'objectif de notre étude est de ressortir quelques causes des difficultés liées à l'utilisation de cet outil précieux dont aucun acteur de Sciences Physique Chimie et Technologie ne peut s'en passer.

Mots clés : triangle didactique, milieu, transposition didactique, savoir, outils mathématiques.

ملخص: إن تعليم العلوم الفيزيائية وتطبيقها يتأسس على استعمال الأدوات الرياضية التي تكتسي أهمية فائقة، ويظهر أن التحكم في بعض المفاهيم الرياضية لازم من أجل فهم المفاهيم المرتبطة بتعليم الدارات (RLC). الهدف من دراستنا استجلاء بعض أسباب الصعوبات المتصلة باستعمال هذه الأداة النفيسة التي لا يستغني عنها كل فاعل في ميدان الفيزياء والكيمياء والتكنولوجيا.
الكلمات المفتاح: المثلث الديدانكيي-الوسط-النقل الديدانكيي-المعرفة-الأدوات الرياضية.

INTRODUCTION

Le monde est actuellement conscient de l'importance de l'outil mathématique dans l'enseignement tant dans le domaine scientifique que social. L'histoire de la Physique nous renseigne que le développement des Sciences-Physiques est exprimé par des formules mathématiques, et la naissance de la physique mathématique. Les lois physiques sont exprimées par des formules mathématiques, et tout les progrès de la physique moderne est dû à l'application des mathématiques. Le choix de ce thème est parti de nos remarques au cours de nos années d'expériences dans l'enseignement des sciences physiques dans les collèges et lycées du Bénin. Les constats sont tels que, les élèves ont généralement des difficultés à résoudre des problèmes de physique et de chimie et de technologie faisant appel à certaines notions de mathématique. Ceci oblige souvent les professeurs de sciences physiques à faire des rappels et compléments de mathématiques au début de plusieurs activités pédagogiques. Il est en effet fréquent de constater l'incapacité d'un élève à :

- Déterminer les dérivées des fonctions sinusoïdales de temps ;
- Réaliser la construction de Fresnel d'une grandeur sinusoïdale ;
- Exploiter ou construire l'oscillogramme d'une grandeur sinusoïdale ;
- Faire de façon aisée, la somme des grandeurs sinusoïdales de même pulsation ;
- Déterminer l'intégrale d'une fonction sinusoïdale de temps.

Les sciences physiques étant des sciences expérimentales comme les autres, leur particularité est de n'avoir commencé à vraiment progresser qu'à partir du moment où elles adoptent le langage mathématique : on est passé de la physique scolastique antique à la physique de Galilée et Newton en quelques décennies, puis de la Physique classique à la Physique nouvelle de Einstein en 25 ans, par hasard : les mathématiques sont passées par là.

L'intérêt et l'utilité de notre travail de recherche consisteront à vérifier la justesse et la généralité de nos constats auprès des premiers intéressés par ce problème, à en délimiter l'étendue, à en mesurer les conséquences puis à tenter à en informer les responsables du système éducatif de la nécessité d'harmoniser les programmes de mathématiques et de sciences physiques sur certaines notions. Notre travail conduira à des suggestions qui vont servir à améliorer les prestations des enseignants pour le bénéfice de la majorité des élèves des classes scientifiques.

1- Problématique

Malgré les effectifs très élevés dans les classes des lycées et collèges, on note une désaffection des apprenants pour les disciplines scientifiques. A partir de la classe de seconde où les élèves doivent commencer par se spécialiser dans les disciplines, des difficultés se dressent devant eux compte tenu de l'inexistence, de la rareté et de la cherté des ouvrages nécessaires pour les études. Les élèves notent mal les cours dans leurs cahiers de cours. Ceux-ci devant être

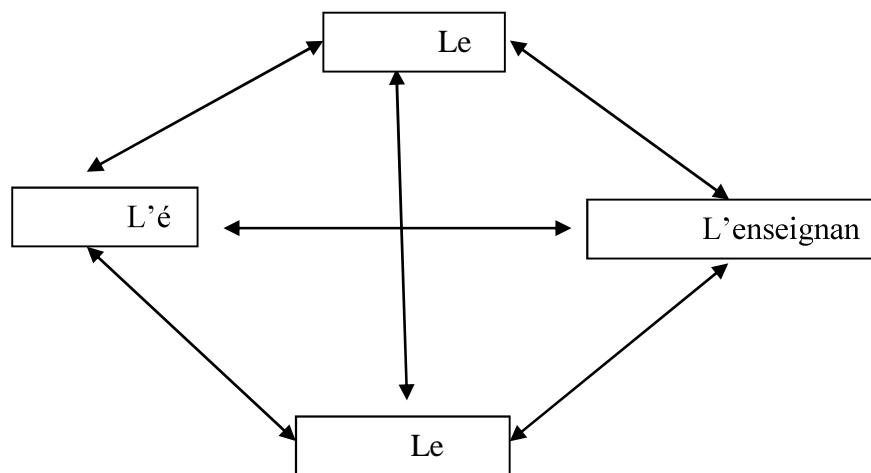
leur référence première, deviennent dans leurs mains une source inexploitable parce que, remplis d'incohérences. Face à cette situation les élèves en sciences sont désorientés et ne savent plus comment mener à bien leurs études. Mais force est de constater que certains enseignants de Sciences physiques et même de Mathématiques manquent d'une formation de base en Mathématiques au cours de leurs études universitaires. Ceci engendrerait forcément une baisse de niveau en Mathématique chez les élèves. Ce sont là, quelques raisons qui nous ont poussés, à réfléchir sur le thème : « Difficultés de l'utilisation de l'outil mathématique dans l'enseignement de Sciences-Physiques : cas des circuits (R, L, C) en régime sinusoïdal forcé ».

2- Matériels et Méthodes

La didactique étudie les processus d'élaboration d'un savoir à connaître, sa transmission (par le professeur) et son acquisition (par les apprenants) pour une discipline donnée (SARRAZY, 1995). Elle étudie donc les interactions entre les 3 pôles de la situation d'enseignement apprentissage à savoir :

- le professeur : avec son idéologie privée ;
- le savoir : soumis à la transposition didactique ;
- l'élève (s) : avec une structure cognitive particulière.

Ce triplet s'appelle le triangle didactique (BROUSSEAU, 1992). En fait, le triangle didactique n'est pas un concept mais un dessin symbolique. Il précise les termes en relation dans une situation d'apprentissage et définit implicitement les tâches de chaque pôle. On parle de tétraèdre (prise en compte d'un quatrième terme : l'environnement social et le milieu).



La méthodologie adoptée et basée sur la transposition didactique, permettra :

- de présenter quelques généralités sur la réflexion didactique ;
- d'identifier le rôle et l'importance des mathématiques dans l'enseignement des Sciences –Physiques et de rappeler à titre d'exemple ce rôle dans le cas particulier des circuits (R, L, C) en régime sinusoïdal forcé ;

- d'effectuer une enquête auprès des professeurs et des élèves en utilisant des questionnaires respectivement destinés : le premier aux élèves des classes terminales C et D (soit 336 élèves de terminales), le second aux professeurs de Sciences Physiques de ces mêmes classes (soit 80 professeurs de SPCT) et le dernier aux professeurs de Mathématiques des mêmes classes (soit 38 professeurs de mathématiques). A ce sujet, notre choix s'est porté sur certains établissements de Porto-Novo ;
- de présenter, analyse à l'appui, les résultats de cette enquête ;
- Enfin, des suggestions pouvant aider à vaincre quelques difficultés liées à l'outil Mathématique dans l'enseignement des Sciences Physiques seront énumérées.

3- Rôle des Mathématiques dans les Sciences Physiques et son enseignement

En étudiant l'histoire de la Physique, nous constatons que le développement rapide des Sciences Physiques n'a commencé qu'après l'introduction de l'analyse mathématique et la naissance de la physique mathématique. Les lois physiques sont exprimées par des formules des mathématiques, et tout le progrès de la physique moderne est dû à l'application des mathématiques, l'étude de la nature (DUIJ and al., 1985). Actuellement la physique et l'ensemble de la technique ne sont rien d'autre que les mathématiques appliquées à la nature. Ainsi, tout autour de nous (machines, constructions, etc...) (CHEICK, 2008), tout a été calculé à l'aide des formules mathématiques avant d'être construit et mis en fonctionnement.

Les Sciences Physiques sont un domaine comprenant la Physique et la Chimie ; deux disciplines qui se complètent fondamentalement. La Physique étudie et cherche à comprendre tous les phénomènes naturels observables de l'univers (CALMETTES et al., 2013). La Chimie est la Science de la constitution des divers corps, de leurs transformations et de leurs propriétés. Toutes deux intègrent fortement les mathématiques et leur langage comme moyen d'expression. Comment expliquer cette dépendance ?

Le caractère des éléments Mathématiques dans les Sciences Physiques s'est imposé à des générations de chercheurs au cours des siècles (BROUSSEAU, 1990 ; VENTURI et al., 2011). C'est pourquoi, parlant de l'adéquation des méthodes Mathématiques en Physiques, Langevin disait : « il est cependant remarquable parmi les constructions abstraites réalisées par les Mathématiques, en prenant pour guide exclusif le besoin de perfection logique et de généralité croissante, aucune ne semble devoir rester inutile pour le Physicien. » En effet le mot Mathématique évoque précision et argumentation incontestable ; il n'est donc pas douteux que l'utilisation du langage Mathématique, par les Sciences Physiques corresponde à un besoin d'explication plus rigoureux des phénomènes de la nature. Comme par ailleurs il serait difficile de trouver un phénomène Physique identifiable à un ou plusieurs êtres mathématiques ; il est aisé de comprendre pourquoi l'essentiel des éléments des Sciences Physiques sont désormais exposés en utilisant des notions et concepts mathématiques dont ils ne sont plus séparables.

Des chercheurs ont voulu identifier la nature des relations entre Mathématiques et Sciences Physique (BRIAUD, 2007). D'abord en introduisant la notion de constituant :

lorsqu'on pense par exemple à la décharge d'un condensateur en Physique on se représente l'intensité du courant électrique en même temps qu'on pense à la notion d'intégrale de l'intensité du courant électrique dans le temps.

Ensuite en constatant que les Mathématiques constituent pour les Sciences Physiques un vecteur de communication à l'image des langages internationaux (SUZANNE et al., 2012) : les Mathématiques constituent d'abord et avant tout un langage. Pour la suivie et le progrès, les Sciences Physiques ne peuvent faire exception (MICHELE et al., 1986 ; SAMUEL et al., 1993) : elles doivent communiquer, et disposer pour cela d'un outil de communication normalisé. Heureusement les lois de Sciences Physiques sont représentées par des formules mathématiques dont la présence traduit déjà le phénomène étudié. Ainsi tout physicien qui voit la formule suivante $u = Ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt$ dans une revue scientifique sait auparavant ce que veulent dire les symboles u (tension aux bornes d'un circuit à un instant donné) ; i (intensité de courant) ; L (inductance d'une bobine) ; R (résistance d'un conducteur ohmique) et C (capacité d'un condensateur), et que la relation qui les lie entre eux est l'équation différentielle qui modélise le fonctionnement d'un circuit (R, L, C) alimenté par un générateur basse fréquence (G B F). Dans ce cas précis, les Mathématiques interviennent comme outil technique en position d'extériorité par rapport au contexte de leur intervention. Ainsi par exemple pour résoudre l'équation différentielle $u = Ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt$ afin de déterminer une relation entre les valeurs efficaces U et I et la valeur de l'angle φ désignant la différence de phase entre u et i , nous devons analytiquement utiliser la règle de Fresnel qui est généralisée à plusieurs vecteurs.

Ce problème peut être résolu graphiquement en utilisant un oscillographe permettant de visualiser les variations de la tension u aux bornes du circuit et de l'intensité i qui le parcourt. Lorsque l'oscillogramme est fourni, nous devons être en mesure :

- d'identifier les deux sinusoides ;
- de mesurer la période et la fréquence, ainsi que les valeurs maximales U_m de u et I_m de i ;
- de déterminer laquelle des grandeurs sinusoidales u et i est en avance par rapport à l'autre ;
- de calculer la différence de phase φ entre les deux grandeurs.

Il est clair que ce faisant, nous ne modifions et ne créons ni concepts ni lois des Sciences Physiques : les méthodes utilisées sont purement mathématiques et n'interviennent dans la résolution de ce problème de Physique que sous la forme d'outils nécessaires.

4- Résultats

Lors de nos enquêtes il ressort que les professeurs de SPCT rencontrés reconnaissent dans leur globalité que : les élèves ont d'énormes difficultés en mathématique telles que :

- l'incapacité de ces élèves à projeter les vecteurs suivant les axes ;

- l’incapacité des élèves à tracer un oscillogramme d’une fonction sinusoïdale de temps ;
- la difficulté à calculer les dérivées d’une grandeur par rapport à une autre.

S’agissant des difficultés rencontrées au cours de l’étude d’un circuit (R, L, C) en régime sinusoïdal forcé et liés à l’outil mathématique, les élèves des classes terminales C & D ont énuméré dans l’ensemble les difficultés suivantes :

- détermination d’une dérivée par rapport au temps ;
- transformation trigonométrique consistant à partir d’une fonction cosinus à une fonction sinus, d’une fonction tangente à cotangente, etc ;
- détermination de primitives des fonctions ;
- tracé de l’oscillogramme de vecteurs suivant les axes ;
- somme de deux fonctions sinusoïdales et de même pulsation.

*** Quelques pré-requis nécessaires à l’enseignement de certains chapitres en sciences physiques :**

Il s’agit de primitives, de produit scalaire, la loi d’ohm, d’équations différentielles, des fonctions logarithmes, indispensables pour aborder en sciences physiques respectivement les notions telles que : l’électricité, l’étude des circuits (R, L, C) en régime sinusoïdal forcé, les oscillateurs électriques harmoniques, les oscillateurs électriques amorties.

Notons qu’en Sciences Physiques, des préliminaires concernant le produit scalaire, la loi d’ohm, la charge et décharge du condensateur, sont traditionnellement données, aux élèves des classes terminales C et D au début du chapitre sur les circuits (R, L, C) en régime sinusoïdal forcé, puisque cette étude fait partie seulement du programme de mathématique de la classe terminale. S’agissant des primitives, des équations différentielles, des fonctions trigonométriques, elles sont supposées étudiées en mathématiques au programme des terminales C et D.

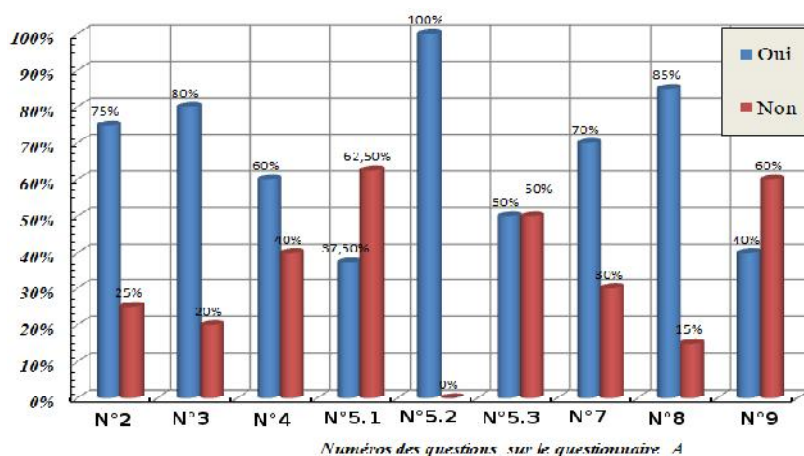
5-Discussion des résultats

Nous analysons dans cette partie successivement les résultats chiffrés des enquêtes, la pratique de l’interdisciplinarité mathématiques-Sciences Physiques sur le terrain et quelques erreurs typiques des élèves dans la résolution de quelques exercices de sciences physiques liées à l’outil mathématique.

5-1-Analyse des résultats graphiques des enquêtes

5-1-1 PROFESSEURS DE SPCT :

Ils sont au nombre de 80 avec qui on s’est entretenu et les réponses recueillies sont présentées en diagramme comme suit :



Sur les professeurs de sciences physiques qui ont répondu à notre question de savoir s'ils commencent l'étude dans notre cas particulier par quelques rappels mathématiques tels que notions de dérivées, primitives des fonctions trigonométriques, établissement des équations trigonométriques et résolution, la grande majorité (N° 2) commence l'étude des circuits (R,L,C) en régime sinusoïdal forcé dans le programme de Sciences Physiques des classes terminales C et D, par des rappels mathématiques tels que les dérivées usuelles, les primitives des fonctions usuelles, l'établissement d'équations différentielles. Cette attitude se justifie par le fait que ces notions enseignées dans les classes premières C et D ne sont pas maîtrisées par la majorité des élèves et, parfois, n'ont même pas été étudiées par des élèves.

Sur les professeurs ayant répondu par l'affirmative à la question de savoir si en procédant de cette façon leurs élèves ont-ils toujours des difficultés à suivre le cours, la majorité (N°3) remarque que malgré ces rappels, leurs élèves ont toujours des difficultés à suivre le cours parce que de telles lacunes ne peuvent être comblées par de simples rappels sans une pratique suffisante par des exercices types.

On constate sur la question de savoir s'ils se rendent compte de ces difficultés au fur et à mesure du déroulement de leur enseignement, que les avis sont partagés. Sur les professeurs de sciences physique ayant répondu à cette question, certains professeurs (N°4) se rendent compte des difficultés des élèves au fur et à mesure du déroulement de leur enseignement, tandis que d'autres sont d'avis contraire.

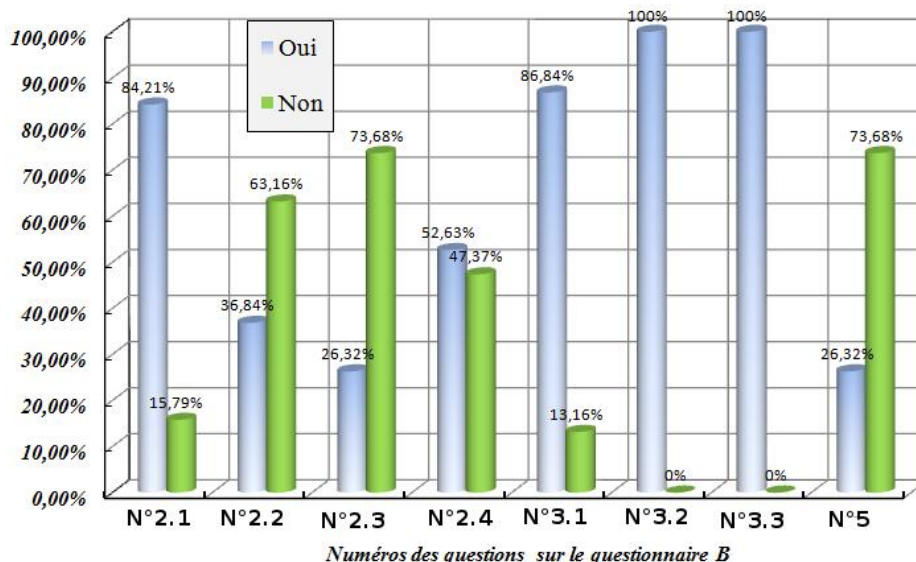
On remarque au niveau de la question de savoir s'ils se rendent compte de ces difficultés après des interrogations écrites ou orales ou après des devoirs ou exercices, que tous les professeurs (N°5.2) se rendent compte de ces difficultés au niveau des élèves après les évaluations. Cette remarque est due au fait que lors du déroulement du cours, les élèves n'arrivent pas à poser tous leurs problèmes, puisqu'ils sont limités dans le temps.

Les réponses à la question de savoir s'ils ont le sentiment que les élèves finissent par comprendre leur leçon montrent que les avis sont équitablement partagés (N°5.3). Cette attitude des professeurs peut s'expliquer par le fait que dans une classe, tous les élèves, n'arrivent

pas à saisir sur-le-champ, tous les contours d'une leçon : il faut parfois des heures, voire des jours pour que certains puissent entrer dans le bain de cette leçon.

5-1-2 PROFESSEURS DE MATHÉMATIQUES :

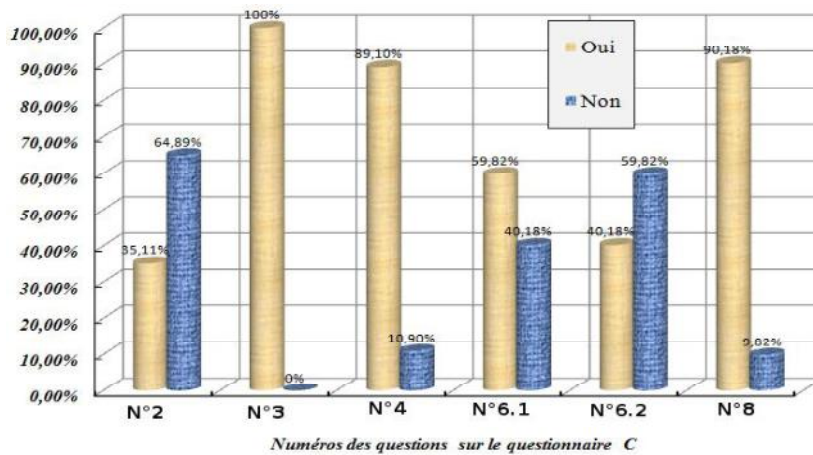
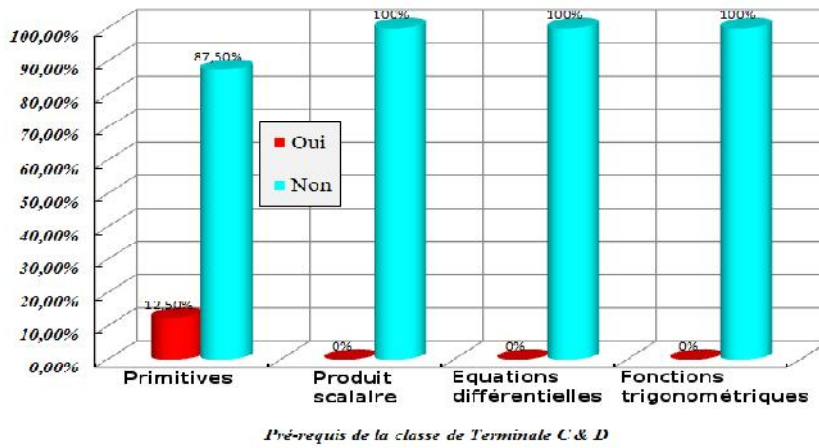
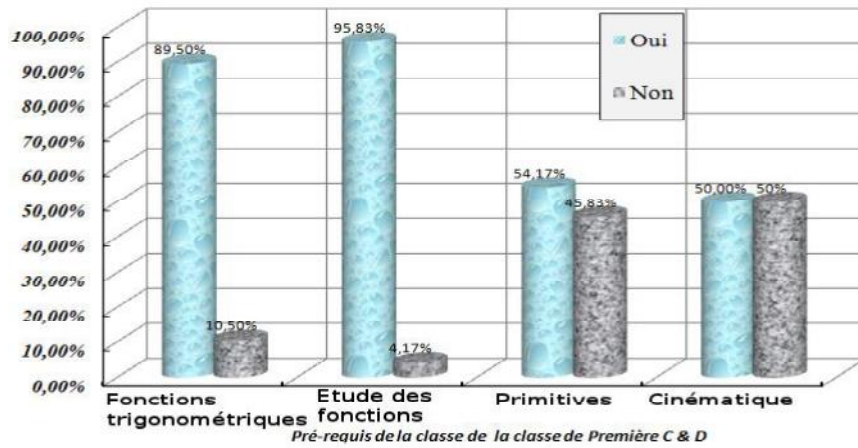
Ils sont au nombre de 38 les professeurs de mathématiques avec qui nous avons eu un entretien et les réponses sont présentées sous forme de diagramme suivant :



Des avis des professeurs de mathématiques face à la question de maîtrise par leurs élèves des notions telles que celles de dérivées (N°2.1), de primitives (N°2.2), d'équations différentielles (N°2.3), d'étude de fonctions (N°2.4). On remarque que tous les professeurs (N°3.2 & N° 3.3) ont répondu oui à notre question. Ce comportement est justifié, dans la mesure où les mathématiques peuvent très bien être comprises dans leur cadre d'enseignement sans trop de difficultés et poser des problèmes quant à leur application aux sciences physiques. Un exemple est que lorsqu'on demande dans un exercice de physique de tracer le graphe d'une fonction sinusoidale donnée, il ne suffit pas comme en mathématiques d'étudier la fonction $x(t)$ et à partir du tableau de variation donner l'allure de la courbe $x(t)$; mais il faut en plus du tableau de variation, l'ensemble des points successivement occupés par le spot dans le temps. Les remédiations sont rares (N°5). Les échanges afin d'harmoniser certains points communs des programmes avec leurs collègues de SPCT sont quasiment inexistantes (N°3.1)

5-1-3 ÉLÈVES EN CLASSES DE TERMINALE C&D

Ils sont au nombre de 336 élèves dont 130 sont des élèves de la terminale C avec qui nous avons eu un entretien et les réponses sont regroupées en trois diagrammes selon le cas.



100% de réponses reçues des élèves sur la question de savoir si les mathématiques jouent un rôle important dans notre cas particulier. Ce résultat se justifie sur le terrain.

Des réponses des élèves sur la question de savoir si la présence des mathématiques dans l'étude de notre cas particulier crée des difficultés particulières. Sur les trois cents trente six (336) élèves, trois cents vingt six (326) ont des difficultés types d'évaluation.

Certaines réponses des élèves ont permis de constater que la majorité des élèves a eu à étudier les notions mathématiques tandis qu'un nombre infirme ne les auraient pas étudiées. Un petit nombre d'élèves n'ont pas répondu à cette question. Les classes de première n'étant pas des classes d'examen, il se peut que certains professeurs ne trouvent pas indispensable d'épuiser leurs programmes d'enseignement, cela peut justifier la réponse de ce petit nombre d'élèves.

Dans les programmes de mathématiques des classes premières C et D, les notions de fonctions trigonométriques, de primitives de fonctions usuelles de circuit (R, L, C) ont retenu notre attention dans la mesure où elles interviennent dès le premier chapitre de la physique des classes terminales C et D. Notons que les notions de cinématique ne font plus partie des nouveaux programmes mathématiques première C et D depuis l'année académique 2000-2001.

Notre enquête montre que 89,50% des élèves ont des pré-requis sur les fonctions trigonométriques depuis des classes premières C ou D comme pour l'étude des fonctions polynômes qui donne 95,83%. Quant aux primitives des fonctions usuelles (59,82%), la plupart des élèves ne les ont pas étudiées dans ces classes. Cet état de chose est justifié par le fait que ces notions font partie des derniers chapitres de leurs programmes et comme les professeurs des classes intermédiaires en général n'arrivent souvent pas à terminer leurs programmes d'enseignement, ils ne parviennent pas à aborder ces notions avant la fin de l'année.

La majorité des notions mathématiques indispensables à la compréhension de certains chapitres dans l'enseignement des Sciences Physiques est étudiée dans les classes terminales C et D avec un grand retard. Le constat d'après notre enquête est que : 87,50% des élèves n'ont pas étudié les primitives en mathématiques avant d'aborder en Physique les notions d'électricité, 100% des élèves n'ont pas étudié les équations différentielles en mathématiques avant d'aborder en Physique les oscillateurs harmoniques en mécanique et en électricité, il en est de même pour 100% des élèves en ce qui concerne les fonctions logarithmes avant d'aborder l'étude d'une particule chargée dans un champ magnétique en Physique. Notons, pour ce dernier cas, que les préliminaires de mathématiques sont abordés au début du chapitre de Physique.

5-2 Erreurs commises par les élèves dans les Sciences Physiques et liées à l'outil mathématique

Les difficultés liées à la non maîtrise des éléments mathématiques peuvent rendre l'apprentissage de la Physique si difficile, au point de le bloquer ; c'est pourquoi elles doivent bénéficier de la même attention que les concepts physiques enseignés ; car les mathématiques font partie intégrante de la Physique.

C'est ce que nous voulons illustrer ici par quelques erreurs couramment commises par les élèves dans la résolution des problèmes physiques et liées à l'outil mathématique à travers

quelques exemples. Confusion entre représentation d'une tension électrique et un vecteur, primitive d'une tension électrique sinusoïdale et son intégrale.

De la sixième en première, les élèves n'ont pas besoin, d'avoir beaucoup de connaissances en mathématiques pour les cours de Sciences Physiques. Pourtant ils ne maîtrisent pas le minimum nécessaire. Les enseignants ne sauraient ignorer le fait que les conceptions des élèves sont façonnées par des situations de la vie ordinaire et par leur « première compréhension » des relations nouvelles qu'ils rencontrent. Ils doivent savoir à quoi s'en tenir et mieux connaître ou reconnaître les conceptions les plus primitives, les erreurs et les incompréhensions qui s'en suivent, la manière dont elles changent ou peuvent changer : à travers quelles situations ? Quelles explications ? Quelles étapes ?

Les problèmes d'enseignement des mathématiques ne se résolvent pas par des définitions, et les conceptions erronées des élèves ne peuvent changer vraiment que si elles entrent en conflit avec des situations qu'elles ne permettent pas de traiter. Il est essentiel que les enseignants puissent envisager et maîtriser l'ensemble des situations susceptibles d'amener et d'aider les élèves à « accommoder » leurs vues et leurs procédures à des relations nouvelles (dérivées des grandeurs électriques, établissement de la relation liant la tension et l'intensité de courant, par exemple) ou à des données nouvelles. C'est le seul moyen d'amener les élèves à analyser les choses avec plus de profondeur et à réviser ou élargir leurs conceptions.

La résolution du problème est la source et le critère de savoir opératoire. Nous devons toujours conserver en tête et être capables d'offrir aux élèves des situations didactiques comme pour une théorie de la connaissance opératoire.

Cette déclaration peut sembler excessivement tournée vers les apprentissages pratiques, mais il n'en est rien : conceptions et compétences sont deux faces d'une même pièce de monnaie ; les compétences sont toujours reliées à certaines conceptions, même si celles-ci sont faibles et fragmentaires. Il n'y a pas de procédure qui puissent se développer et survivre par elle-même, libre de toute représentation des relations quelle traite ou qu'elle implique. Réciproquement un concept ou un théorème qui ne peuvent pas être utilisés dans des situations problèmes pour lesquelles ils sont pertinents demeurent vides de sens.

Cela dit, il n'existe pas que des problèmes pratiques. Il existe aussi des problèmes théoriques comme par exemple l'extension de la multiplication aux nombres relatifs : la multiplication de deux nombres négatifs ne peut guère être référée à un problème pratique véritablement significatif de la multiplication sauf bien sûr à considérer l'usage du calcul algébrique comme un problème pratique.

Disons plutôt de la cohérence des calculs, problème éminemment théorique, apparaît aussi comme un problème pratique. Cette dialectique n'est pas simple effet rhétorique : pratique et théorie sont en dernière analyse indissolublement liées.

CONCLUSION

Ce travail de recherche nous a permis de montrer que les Mathématiques occupent une place importante dans l'enseignement des Sciences Physiques à travers la nature du rapport Mathématiques – Sciences Physiques. Nous avons, à travers le rôle joué par les mathématiques dans les Sciences Physiques, montré que les Mathématiques entretiennent avec les Sciences Physiques, un rapport constituant, de langage et d'outil.

À travers l'étude du cas des circuits (R, L, C) en régime sinusoïdal forcé nous avons dégagé les éléments de Mathématiques dont la maîtrise conditionne cette étude ; ce qui nous a permis de faire asseoir nos hypothèses de départ à savoir :

- H1 : Beaucoup d'enseignants de Sciences Physiques ne font pas de rappels et complément de Mathématiques.
- H2 : Les élèves ne réussissent pas en Sciences Physiques parce que les enseignants ont des difficultés pour les encadrer dans les classes.

Ensuite, les réponses recueillies à partir des questionnaires adressés à nos collègues de Sciences Physiques, de Mathématiques et des élèves des classes terminales C et D ont confirmé nos hypothèses de départ sur le rôle et l'importance des mathématiques dans l'enseignement des Sciences Physiques et sur la nécessité pour les professeurs de Sciences Physiques qui ont besoin de certaines notions mathématiques pour leur enseignement, d'avoir des entretiens avec leurs collègues mathématiciens en vue de l'harmonisation du déroulement de certaines parties de leurs enseignements.

Nous en avons déduit que le besoin réel des Mathématiques dans cet enseignement au niveau des classes scientifiques mérite une révision de l'ordre dans la répartition des programmes de Sciences Physiques de ces classes terminales afin de remédier aux difficultés observées au niveau de ces élèves et liées à l'outil mathématique.

BIBLIOGRAPHIE

- ARTIGUE, Michèle, DOUADY, Régine. (1986), « La didactique des mathématiques en France », in : *Revue française de pédagogie*. Volume 76, 1986. pp. 69-88.
- BRIAUD, Philippe. (2007). « Analyse des compétences en physique de stagiaires professeurs en sciences physiques », *Actualité de la Recherche en Education et en Formation*, Strasbourg 2007
- BROUSSEAU, Guy. (1988), « Le contrat didactique : le milieu », *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 9 n°3 pp 309-336
- BROUSSEAU, Guy. (1990). « Le contrat didactique et le concept de milieu : Dévolution. » In *Recherches en didactique des Mathématiques*, Vol 9.3. pp 309-336.
- BROUSSEAU, Guy. (1992), « Éléments pour une ingénierie didactique » ; *Se former +, Pratiques et apprentissages de l'éducation* ; pp 1-15 ; Lyon : Voies livres.
- BROUSSEAU, Guy. (2004), « Les représentations, étude en théorie des situations didactiques », *Revue des sciences*

de l'éducation, Volume XXX n°2, 2004, 241-277, Montréal, Québec, Canada (Ed. Gisèle Lemoyne).

CALMETTES B., BOILEVIN, Jean-Marie, BACHTOLD, Manuel (2013), Études didactiques de l'action (des pratiques, de l'activité) de l'enseignant en sciences et technologies. Réflexions sur l'épistémologie des recherches en didactiques, <http://www.eref2013.univ-montp2.fr/cod6/?q>

CHEVALLARD, Yves. (1985). « La Transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné », *Revue française de pédagogie*, 1986, Vol. 76 (1) pp 89-91 Grenoble : La pensée sauvage 1985 (recherches en didactique des mathématiques).

DIOP, Cheikh Tidiane. (2008), *Résolution de problèmes de sciences physiques en classe de seconde S : Difficultés rencontrées et proposition de solutions*, Mémoire de recherche en éducation, Université Cheikh Anta Diop De Dakar.

DUIT, R., JUNG, W., RHÖNECK, C. von (eds.). (1985). *Aspects of Understanding Electricity*. Proceedings of an International Work-shop. IPN-Arbeitsberichte 59. Kiel: IPN, 353-362,

EL HAGE, Suzane, BUTY, Christian, BADREDDINE, Zeynab. (2012). Cohérence discursive du savoir enseigné : cas où l'enseignant utilise un dispositif TICE, Septièmes journées scientifiques de l'ARDiST - Bordeaux, Association pour la Recherche en Didactiques des Sciences et de la Technologies, Bordeaux, France. pp.149-159, 2012. <halshs-00815810>

JOHSUA, Samuel, DUPIN, Jean-Jacques. (1993). *Initiation à la didactique des sciences et des mathématiques*, Paris : PUF.

SARRAZY, Bernard (1995), « Le contrat didactique », *Revue Française de Pédagogie*, Note de synthèse, n°112, p. 85-118.

VENTURINI, P., CALMETTES, B., AMADE-ESCOT, C., & TERRISSE, A. (2007). « Analyse didactique des pratiques d'enseignement de la physique d'une professeure expérimentée », *Aster*, 45, 211-234.