



Analyse des performances des élèves de secondaire collégial marocain en termes de connaissances et compétences mobilisées en activités de résolution de problèmes relatifs à l'énergie et la puissance électrique

Ali Ouasri^{1*}, Konstantinos Ravanis²

¹Laboratoire de Recherche Scientifique et Innovation Pédagogique (ReSIP); Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation, Madinat Al Irfane, B.P. 3210, Rabat; Maroc

* (ORCID: 0000-0002-7145-7759)

Laboratory of Didactic of Sciences, Mathematics and ICT (Department of Educational Sciences and Early Childhood Education, University of Patras, Greece

(ORCID: 0000-0002-4429-3381)

This is an open access article under the [CC BY-NC-ND](#) license.



Résumé: Cet article développe une analyse des connaissances et des compétences mobilisées par les élèves marocains de troisième année secondaire collégial en résolution de problèmes de l'électricité (Loi d'Ohm, puissance et énergie électrique). L'analyse des performances et des difficultés des élèves a été faite en considérant les tâches réussies, échouées et non essayées en lien d'une part avec les connaissances (déclaratives et procédurales), et d'autre part avec les compétences de base (s'approprier, analyser, réaliser) adoptées par Noirfalise et Porte (1990) et les compétences dites 1^{er} degré (procédures), 2^{ème} degré (compétences élémentaires/procédures avec cadrage), et 3^{ème} degré (compétences complexes nécessaires pour accomplir les tâches complexes) selon Rey et al (2003). L'analyse a été développée en rapport avec le niveau de difficultés des tâches à réaliser. Pour les problèmes construits de questions explicites sur l'énergie et la puissance électriques, les élèves ont montré des performances moyennes concernant l'acquisition des compétences nécessaires en mobilisant les connaissances déclaratives et procédurales. Par contre, les élèves éprouvent des difficultés à acquérir les compétences permettant de réussir les tâches implicites, complexes, émanant d'un problème avec une question ouverte. Ainsi, les compétences (s'approprier) ont été mobilisées relativement plus que les compétences (analyser) et (réaliser) par les élèves pour réussir les différentes tâches relevant des trois problèmes étudiés. Les élèves ont réalisé des scores de réussite moyens de 62.72% pour les compétences du 1^{er} degré (procédures), 60.14% pour les compétences dites de 2^{ème} degré mettant en jeu des procédures avec cadrage, et 60.91% pour les compétences complexes de 3^{ème} degré.

Mots Clés: Résolution, problèmes, compétence, s'approprier, analyser, réaliser, performance

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.20668790>

Analysis of the performance of Moroccan collegial school pupils in terms of knowledge and skills mobilized in problem-solving activities related to electrical energy and power



Abstract: This article analyzes knowledge and skills used by Moroccan third-year collegial school pupils to solve electricity problems (Ohm's law, electrical power, and electrical energy). The analysis of pupils' performance and difficulties was conducted by identifying tasks that were completed successfully, unsuccessfully, and not yet completed, in relation to the knowledge (declarative and procedural) and basic skills (understanding, analysis, and achievement) defined by Noirfalise and Porte (1990). It also considers skills categorized into three levels: level 1 (procedures), level 2 (basic skills/procedures with framing), and level 3 (complex skills necessary for completing complex tasks), according to the definition of Rey et al. (2003), based on the level of difficulty of the task. For problems constructed with explicit questions on electrical energy and power, pupils demonstrated average performance in acquiring the necessary skills by mobilizing declarative and procedural knowledge. However, pupils struggled to acquire the skills required to successfully complete the implicit, complex tasks arising from open-ended problems. Thus, the "understanding" skills were mobilized relatively more than the "analyzing" and "achievement" skills by pupils to successfully complete the various tasks involved the three studied problems. Pupils have achieved average success scores of 62.72% for first-level skills (procedures), 60.14% for second-level skills involving framing procedures, and 60.91% for complex third-level skills

Keywords: Problem-solving, skills, mastery, analysis, implementation, performance

I) Introduction

L'enseignement-apprentissage des élèves au collège ne se limite pas à la transmission des connaissances scientifiques, il a pour objectif essentiel de développer des capacités et des compétences transférables d'une situation à une autre, d'un champ disciplinaire à un autre, comme l'indiqué le cadre de référence portant organiser l'évaluation sommative normalisée à la fin du cycle secondaire collégial marocain (Cadre de référence de l'examen régional du cycle collégial, 2024).

La résolution de problèmes suppose donc la mise en relation entre les acquis des apprenants et leurs capacités à mobiliser des habilités de base, des stratégies de réflexion et pensée, ainsi que des habilités métacognitives afin de réaliser ce qui leur est demandé dans des situations diverses (Proulx, 1999, Delvolé, 2006). Décrite comme activité cognitive au service d'une tâche à réaliser dans une situation donnée (Richard, 1990; Goffard et Goffard, 2003), la résolution de problèmes marque le passage des activités élémentaires aux activités mentales supérieures, et processus intellectuels impliquant des connaissances acquises ou construites antérieurement.

Plusieurs recherches se sont consacrées au développement des capacités permettant l'amélioration des performances des élèves en résolution de problèmes (Dumas-Carré et Goffard, 1997; Ravanis et al, 2002; Meltzer, 2005; Orange, 2005; Larkin et Rief, 2007; Mazouze, 2016; Ouasri, 2016, 2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2018, Ouasri et Ravanis, 2017). Ces recherches ont placé les élèves au centre de leur préoccupation dans une approche cognitiviste et constructiviste de l'apprentissage utilisé dans la compréhension des mécanismes d'acquisition en résolution de problèmes (Proulx, 1999). Dans ces approches, une importance particulière est accordée à la structure cognitive et aux idées initiales des élèves.

L'analyse des difficultés des élèves (15-16 ans) de la troisième année du secondaire collégial marocain en résolution de problèmes est effectuée en termes de connaissances déclaratives et procédurales mobilisées par ces élèves pour réaliser des tâches relevant des problèmes d'électricité (Ouasri, 2017b). L'approche par les compétences vise à rendre les élèves capables à mobiliser leurs savoirs et savoir-faire pour résoudre des situations problèmes (Perrenoud, 1997; Jonnaret, 2002; De Ketele et Gerard, 2005; Tardif, 2006).

C'est dans cette perspective que nous essayons d'interpréter les résultats obtenus dans le présent article. Pour ce faire, nous avons tout d'abord développé la problématique de la résolution de problèmes dans le contexte scolaire marocain, avec la méthodologie du travail et les problèmes soumis aux élèves. Puis, le cadre conceptuel qui est consacré aux connaissances déclaratives et procédurales, aux divers types de compétences en rapport avec les niveaux de difficultés de tâches. Les résultats obtenus ont été analysés et puis discutés dans les deux avant de dégager certaines conclusions sur les performances des élèves de troisième année du collège dans de la résolution de problèmes d'électricité.

II. Problématique

Inscrit dans les différentes évaluations internationales (PISA, PIRLS, TIMSS) mises en œuvre pour comparer le rendement, l'efficacité et l'efficacité des systèmes éducatifs, le Maroc a soumis son système éducatif à l'évaluation des organismes internationaux pour situer les niveaux de performances atteints par des élèves marocains, et donc il participe aux cycles de PIRLS et TIMMS et aux épreuves PISA. Aussi, le CSEFRS a mis en place un programme national (PNEA) pour évaluer les acquis et les compétences des élèves selon le programme prescrit et enseigné en classe dans les disciplines de base, tout en analysant les facteurs qui affectent les performances scolaires, au niveau de l'enseignement secondaire collégial (CSEFRS, 2021). Selon les évaluations faites par l'OCDE, l'IEA ou PNEA, les performances moyennes des élèves au Maroc restent à un niveau insuffisant de l'échelle croissante des valeurs de référence. D'où l'intérêt de poursuivre les études faites en ce sens, particulièrement en résolution de problèmes relevant des sciences physiques aux collèges marocains.

En effet, plusieurs recherches ont été menées sur les difficultés d'appropriation par les élèves des concepts scientifiques lors de la résolution de problèmes en classes (Crahay et Lafontaine, 1986; Goffard, 1994; Rozencwajg, 1997; Giordan, 1998; Malafouse et al., 2001; Orange, 2005; Streveler, 2008; Mazouze, 2011; Ravanis, 2013; Mazouze et Lounis, 2015; Ouasri, 2017a, 2017b, 2017c, 2017d ; Ouasri et Ravanis, 2017). Ces difficultés sont généralement expliquées par le manque :

- de la compréhension défectueuse des consignes, ce qui rend les tâches à réaliser par les élèves pas compréhensibles et assimilées ;
- d'attention, de rigueur, de motivation, et d'investissement chez certains élèves (Ouasri et Bouatlaoui, 2019) ;
- de pré-requis, de stratégies et de réflexes logiques chez les élèves (novices) ;

- de représentations mentales des énoncés chez les élèves qui ne peuvent élaborer des schémas leur permettant d'analyser, structurer et interpréter des informations nouvelles (Sweller, 2003).

En électricité, les élèves font état des représentations particulières sur le courant électrique qu'ils considèrent comme un fluide dont l'intensité diminue tout au long du circuit (Rozencajg, 1997). Les élèves qui rencontrent dans leur itinéraire scolaire une des premières lois physiques fonctionnelles, la loi d'Ohm formulée mathématiquement, font souvent une analogie entre la proportionnalité en mathématiques et cette loi dans la physique. En effet, Malafouse et al. (2001) ont interprété les difficultés des élèves en termes de rupture de rationalité entre les mathématiques et la physique au niveau de la dimensionnalité des nombres, du concept de proportionnalité et de la différence de nature des règles de validation.

Des recherches ont montré que plusieurs apprenants ne parvenaient pas à synthétiser des concepts électriques de base dans un cadre cohérent, ce qui les empêche à acquérir une compréhension conceptuelle profonde de l'électricité et du comportement des circuits électriques (Başer et Geban, 2007; Hart, 2008; Glauert, 2009; Gunstone et al, 2009; Başer et Durmuş, 2010; Jaakkola et al, 2011; Streveler et al, 2008). Selon Streveler et al. (2008), la compréhension conceptuelle comprend à la fois des connaissances sur les quantités (intensité du courant et différence de potentielle) et la connaissance des relations entre ces quantités (loi d'Ohm par exemple).

La loi d'Ohm introduite dans l'enseignement scolaire marocain dès la troisième année du secondaire collégial (Ouasri, 2017b) donne lieu à des activités expérimentales visant la construction des circuits électriques et la mesure des grandeurs physiques (intensité, tension, puissance et énergie électrique) de la part des élèves, mais aussi à la modélisation inductive en vue d'aboutir à une relation fonctionnelle entre les grandeurs physiques à partir des résultats expérimentaux.

La réalisation de la performance des élèves marocains en résolution de problèmes en physique, particulièrement en électricité constituent une problématique à étudier en vue d'améliorer davantage les situations marquées par des difficultés des élèves à résoudre les problèmes d'électricité (Ouasri, 2017b; Ouasri et Ravanis, 2017). Ainsi, certaines questions peuvent être posées :

- Pourquoi les performances des élèves lors des activités de résolution de problèmes sont-elles faibles ?
- Peut-on attribuer de tels échecs à l'élève ? À l'enseignement-apprentissage reçu, i.e. à l'enseignant ?
- Ou bien aux types de problèmes présentés ?

Pour pouvoir interpréter ces aspects, nous avons choisi de mener une recherche empirique sur des élèves de secondaire collégial marocain en situation de résolution de problèmes. En effet, nous avons essayé d'analyser la maîtrise des élèves de certaines macro-compétences (s'approprier, analyser et réaliser) en relation avec les compétences dites 1^{er} degré (procédures), compétences élémentaires de 2^{eme} degré (procédures avec cadrage), 3^{eme} degré (compétences complexes nécessaires pour accomplir les tâches complexes, qui nécessitent la mobilisation des connaissances déclaratives et procédurales, dans des situations bien déterminées. Pour pouvoir analyser les performances des élèves, il sera établi le caractère simple ou complexe des tâches consignées aux élèves. Et les compétences seraient discutées en lien avec les connaissances, les capacités, les activités, et les tâches.

III. Cadre de références

Depuis plusieurs années, l'enseignement-apprentissage connaît une mutation d'un système centré sur la transmission des connaissances aux élèves « passifs » vers un système favorisant davantage l'apprentissage où les élèves deviennent des acteurs de la construction de leur savoir ; cette transformation en système éducatif

n'implique pas une simple opposition entre transmission et apprentissage, et ainsi entre connaissances et compétences. D'ailleurs, un élève compétent est celui capable de réfléchir, de mobiliser des connaissances, de mettre en œuvre des démarches adaptées pour résoudre un problème ou réaliser une tâche. Les connaissances et les compétences sont donc indissociablement liées à toute démarche d'apprentissage.

Dans nos travaux antérieurs (Ouasri, 2016, 2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2018), nous avons opté pour l'analyse des connaissances des élèves dans la résolution de problèmes de physique-chimie ; l'étude des compétences dans la résolution de problèmes est récemment réalisée (Ouasri et Ravanis, 2017). Dans la présente étude, nous souhaitons croiser les connaissances et les compétences dans l'analyse des difficultés des élèves en résolution de problèmes d'électricité. Le cadre conceptuel traite donc de certaines compétences que les élèves pourraient mobiliser pour réaliser des tâches issues des problèmes contenant aussi bien des tâches simples que complexes. Mais auparavant, il est utile de rappeler brièvement ce que les connaissances, en particulier de point de vue de la psychologie cognitive.

III.1. Connaissances

La psychologie cognitive avait contribué à la compréhension des processus mis en jeu dans l'enseignement-apprentissage des connaissances lors de la résolution de problèmes (Newell et Simon, 1972; Gagné, 1985; Glover et al, 1990). L'acquisition des connaissances se fait selon un processus de trois étapes : encodage des connaissances déclaratives, procéduralisation des connaissances procédurales et composition ou organisation (Neves et Anderson, 1981).

La production de connaissances procédurales se fait en un processus de trois étapes marquant l'évolution qualitative d'une habileté (Anderson, 1983, 1995) :

- Etape cognitive : l'apprenant repère l'information nécessaire à la résolution de problèmes en suivant des instructions, appliquant des opérateurs de résolution, et utilisant des analogies entre connaissances déclaratives et comportements préexistants.
- Etape associative correspond à la compilation des connaissances par transformation de la représentation déclarative à celle procédurale. Dans cette étape, les erreurs sont détectées et éliminées, et l'habileté en cours de transformation devient mieux coordonnée et plus rapide.
- Etape autonome, dite de réglage et d'affinement des productions, dans laquelle une habileté devient plus automatisée, rapide, et implique de moins en moins l'intervention de la cognition.

Selon Anderson, la construction des compétences est un processus cumulatif dans lequel l'élève devrait acquérir les éléments de connaissances et être capable de mettre en œuvre les compétences adéquates selon la situation qu'il aurait à traiter. La sélection des connaissances adéquates dépend d'un processus d'activation qui reflète la fréquence de succès d'une compétence dans un contexte particulier. Frederiksen et White (1989) ont proposé un mode d'instruction basé sur la décomposition de la tâche en sous-butts et la mise en place de situations permettant d'acquérir progressivement les compétences liées à ces sous-butts. Ces auteurs ont montré que les apprenants soumis à cette instruction réussissaient davantage les tâches que les autres ayant réalisé directement les tâches.

III.2. Capacités et compétences

En pédagogie, dans le cadre d'analyse par objectifs, la notion de capacité est généralement constitutive de la compétence. On se propose souvent qu'une compétence est la capacité à utiliser un savoir-faire dans une situation

donnée. La définition de la capacité suppose donc que l'on définit en même temps la compétence ; ce qui implique une difficulté qui est de différencier les deux concepts.

Les institutions éducatives utilisent le terme compétence associée à la capacité. Selon Meirieu (1988), une capacité est une activité intellectuelle stabilisée et reproductible dans des champs divers de la connaissance, alors qu'une compétence est un savoir identifié mettant en jeu une ou plusieurs capacités dans un champs notionnel ou disciplinaire déterminé ; cette définition suggère que la compétence est une combinaison appropriée de diverses capacités dans une situation donnée. De point de vue pédagogique, Gillet (1991) nomme par capacités les hypothèses qu'il forme sur ce que doivent développer les étudiants en formation et qu'ils pourront exprimer aussi en d'autres situations que celles de la compétence.

La compétence est un ensemble de comportements et habilités potentiels (cognitifs, affectifs et psychomoteurs) permettant à une personne d'exercer efficacement une activité généralement complexe. Liée à une situation professionnelle ou sociale de référence, la compétence englobe généralement des savoirs, savoir-faire et savoir-être, qui doivent être mobilisés dans le cadre du contexte de cette situation.

Dans une terminologie cognitiviste, une compétence implique à la fois des connaissances déclaratives, connaissances procédurales et attitudes ; ces trois dimensions qui constituent une juxtaposition hésitante chez le « novice » deviennent un ensemble fusionnel performant chez « l'expert ». Par ailleurs, une capacité est une habilité transversale, i.e. une sorte de savoir-faire décontextualisé susceptible d'être mise en œuvre dans des situations professionnelles ou sociales très différentes. Les termes compétence et capacité ne sont donc pas synonymes.

En résolution de problèmes, les compétences renvoient à la capacité d'un sujet à s'engager dans un traitement cognitif pour comprendre et résoudre de tels problèmes, en l'absence d'une méthode de solution évidente; ce qui inclut sa volonté d'engagement dans des situations pour exploiter son potentiel de citoyen constructif et réfléchi.

De point de vue pédagogique, la résolution de problèmes s'apparente à une tâche complexe dont la résolution amène l'élève à utiliser, en les articulant, des ressources internes (connaissances, capacités, ...) et externes (documents, aides méthodologiques, protocoles, recherches, ...). La réalisation d'une tâche demande à l'élève la mise en œuvre de certaines capacités et compétences variées ; le tableau 1 donne un extrait d'une synthèse organisée, mais non-exhaustive de celles-ci (Noirfalise et Porte, 1990).

Certains invariants sont à dégager à-propos de la résolution de problèmes où l'élève, confronté à une question précise, est amené à :

- Articuler des données issues de son expérience personnelle, de ses acquis et de documents proposés. Les données utiles ne sont pas apportées par l'énoncé de manière séquentielle et locale, mais peuvent être regroupées au début ou à la fin du document présentant la résolution de problème ; il peut y avoir des données manquantes que l'élève devra identifier et dont il devra éventuellement estimer une valeur (compétences : s'approprier et analyser) ;
- Schématiser, identifier et nommer des grandeurs, mobiliser des modèles, relevant de la physique, jugés pertinents pour faire des prévisions et/ou apporter des arguments (compétences : s'approprier et analyser) ;
- Construire et mettre en œuvre une stratégie qui peut recourir à l'expérience (compétences : analyser et réaliser);

Tableau 1: Synthèse des compétences (s'approprier, analyser et réaliser), et des capacités associées

Compétence	Exemples de capacités associées
S'approprier le problème	<ul style="list-style-type: none"> • Faire un schéma modèle. • Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole. • Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées. • Relier le problème à une situation modèle connue.
Établir une stratégie de résolution (analyser)	<ul style="list-style-type: none"> • Décomposer le problème en tâches plus simples. • Commencer par une version simplifiée. • Expliciter la modélisation choisie (définition du système, etc...). • Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées.
Mettre en œuvre la stratégie (réaliser)	<ul style="list-style-type: none"> • Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. • Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique. • Utiliser l'analyse dimensionnelle.

III.3. Activités, tâches, et compétences

Dans la communauté éducative, en particulier les textes officiels, la notion d'activités recouvre ce qui est demandé aux élèves à réaliser en lien avec les objectifs d'apprentissages (Delvolé, 2006). La définition du concept d'activité s'appuie donc sur la notion de champs disciplinaires, et peut être représentée ainsi par le schéma ci-dessous (Delvolé, 2006) :

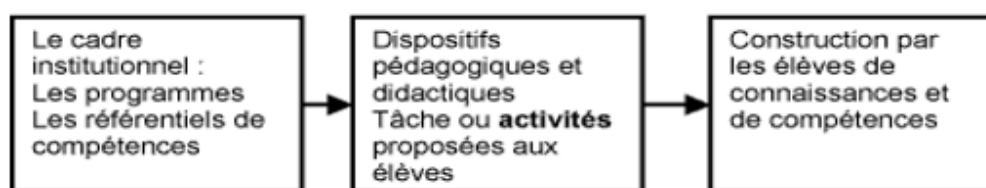


Figure 1. Représentation de l'activité disciplinaire selon Delvolé (2006)

Le concept d'activité regroupe donc l'ensemble des éléments définissant la tâche prévue, i.e. les activités proposées aux élèves au respect d'objectifs de construction de connaissances et de compétences par ces derniers.

En psychologie, le concept d'activités regroupe ici l'ensemble des processus mentaux qu'un sujet met en jeu pour exécuter une tâche. Cette définition du concept d'activités oblige l'enseignant à faire l'inventaire des connaissances que l'élève doit utiliser, des compétences qu'il doit exprimer et amène à un diagnostic de ce qu'il doit avoir appris pour faire, tant sur le plan de la maîtrise des savoirs scolaires que sur celui des compétences métacognitives.

Dans les collèges marocains, les activités de résolution de problèmes sont au cœur des programmes scientifiques. Basées sur l'approche par compétences, elles placent l'élève dans un rôle actif en mobilisant des savoirs pour résoudre des situations complexes. En effet, l'intégration de la résolution de problèmes dans le système éducatif marocain s'articule généralement selon plusieurs étapes (Ouasri, 2017d) :

* **Compréhension et schématisation** : L'élève s'approprie l'énoncé.

* **Recherche et tâtonnement** : L'élève formule des hypothèses et mobilise des connaissances déclaratives et procédurales.

* **Phase de mise en commun** : les travaux individuels ou en groupes sont discutés collectivement sous la supervision de l'enseignant, qui guide les élèves à la validation de la bonne démarche.

Par ailleurs, une tâche simple mobilise une capacité et permet de vérifier l'acquisition de savoir-faire ou de procédures. Dans ce cas, la consigne délimite explicitement le domaine dans lequel la tâche devrait être réalisée. La restitution de connaissances fait partie de la tâche simple. Cependant, dans la tâche complexe, la résolution ne correspond pas à l'application d'une procédure automatisée de la part des élèves; une tâche complexe met en œuvre une combinaison de plusieurs procédures simples, automatisées, connues. Elle nécessite de l'élève l'élaboration d'une stratégie; chaque élève peut donc adopter une démarche personnelle de résolution pour réaliser une tâche complexe. La complexité d'une tâche est liée aux autres éléments caractéristiques d'une tâche. En effet, un transfert de registre (passer d'une courbe à une valeur numérique puis à une interprétation qualitative, etc..) peut conférer à une question le caractère complexe. Il est à noter que dans ce contexte, complexe ne signifie pas difficile.

D'ailleurs, le niveau de difficulté d'une tâche comporte quatre sous-niveaux qui dépendent de la classe concernée et du degré de familiarisation des élèves avec le raisonnement effectué. Ces niveaux sont les suivants :

- * Niveau 1 : raisonnement quasi inexistant (extraction simple d'information par exemple) ;
- * Niveau 2 : raisonnement peu élaboré (application directe d'une loi, etc.) ;
- * Niveau 3 : raisonnement moyennement élaboré, à étapes avec une place modérée du formalisme dédié ;
- * Niveau 4 : raisonnement élaboré avec divers paramètres, éventuellement formalisme dédié.

D'autre part, on peut qualifier la démarche sur laquelle s'appuie l'élève pour répondre à la question en différents types de registres :

- * Registre 1 : raisonnement qualitatif ;
- * Registre 2 : calcul littéral, par exemple la manipulation d'expression littérale, l'analyse dimensionnelle, etc... ;
- * Registre 3 : raisonnement quantitatif y compris l'application numérique, l'évaluation d'un ordre de grandeur, le tracé d'un graphique ou d'une trajectoire, l'extraction de coordonnées ou d'une pente, etc... ;
- * Registre 4 : schématisation symbolique, par exemple schéma optique, dispositif expérimental, circuit électrique, etc...

Les élèves éprouvent généralement des difficultés pour résoudre des tâches complexes. Rey et al (2003) ont défini explicitement la tâche comme une action humaine ayant une utilité et une finalité. La tâche peut se réduire à une action ou s'étendre à une combinaison d'actions, mais elle se différencie du comportement par sa finalité perçue par le sujet, qui constitue son unité, au sens qu'elle a en termes de fonction au sein des activités socialement reconnues d'une culture donnée. En rapport avec la tâche, Rey et al. (2003) ont mis en évidence trois situations relatives à trois niveaux de compétence :

- Procédures : les questions portant sur les procédures font appel à des connaissances et à des règles automatisées.
- Compétence élémentaires avec cadrage s'exerçant face à une tâche inédite, nécessairement contextualisée, où l'élève doit choisir la procédure qui convient, suite à une interprétation qu'il se fait de la situation. On désigne par cadrage, la capacité d'un individu à déterminer lors d'une situation les traits pertinents qui le conduisent au choix des procédures nécessaires à la résolution de la tâche.
- Compétences complexes nécessaires pour accomplir les tâches complexes, i.e. des situations inédites qui nécessitent le choix et la combinaison de plusieurs procédures. L'élève doit inventer la démarche de résolution qui n'est pas donnée dans les consignes, et donc il est amené à effectuer une interprétation de la situation qui détermine sa démarche de résolution. Le contexte de la situation n'est pas un simple habillage, il fait partie intégrante de la résolution.

Selon Rey et al (2003), une compétence est savoir accomplir efficacement une tâche, i.e. une action ayant un but; ainsi une compétence a trois degrés :

- Compétence de 1^{er} degré : Savoir exécuter une action en réponse à un signal préétabli, après entraînement. Il s'agit de la compétence élémentaire ou procédure ;
- Compétence de 2^{ème} degré : Savoir choisir, parmi les procédures qu'on connaît, celle qui convient à une situation ou à une tâche non connue. C'est la compétence élémentaire avec interprétation (ou cadrage) de la situation ;
- Compétence de 3^{ème} degré : Savoir, parmi les procédures qu'on connaît, choisir et combiner celles qui conviennent à une situation ou à une tâche non connue et complexe. C'est la compétence complexe.

Rey et al (2003) ont indiqué que deux conditions sont nécessaires à la résolution de problèmes complexes : la maîtrise des procédures nécessaires à la résolution de tâches, et la capacité des élèves à déterminer les traits pertinents nécessaires à la résolution de la tâche proposée; cette dernière condition renvoie au cadrage.

IV. Méthodologie

La méthodologie suivie consiste à analyser les connaissances et compétences des élèves de troisième année du secondaire collégial marocain en résolution de problèmes d'électricité. Pour ce faire, nous avons analysé les productions des élèves en divisant chaque question d'un problème en tâches susceptibles d'être réalisées par ces élèves ; puis en effectuant un dénombrement de réponses obtenues en termes de tâches réussites, échouées et non traitées. L'analyse des tâches est effectuée en termes des connaissances (déclaratives, procédurales) en rapport avec les compétences (s'approprier, analyser, réaliser) illustrées dans le tableau 1 (Noirfalise et Porte, 1990) et les compétences du dites 1^{er} degré (procédures), compétences élémentaires de 2^{ème} degré (procédures avec cadrage), 3^{ème} degré (compétences complexes nécessaires pour accomplir les tâches complexes) que pourraient mobiliser les élèves pour venir au bout de ces tâches. La méthodologie adoptée consiste à définir la population cible, les méthodes d'investigation et les instruments de collecte de données.

IV.1. Population cible

La présente étude a été réalisée sur un échantillon de 160 élèves de la troisième année de secondaire collégial, pris de deux collèges de la ville de Temara. Le choix de la population s'est appuyé sur le fait que les activités de résolution de problèmes sont importantes pour les élèves de ce niveau scolaire aussi bien dans les évaluations continues que dans les examens normalisés de la fin d'année qui permettent à ces élèves de passer au cycle secondaire qualifiant. L'échantillon est non représentatif, mais ses caractéristiques ne semblent pas s'écarter de celles de la population générale. L'acquisition de certaines compétences par les élèves de ce niveau scolaire en résolution de problèmes physiques est une autre motivation pour le choix de cette population.

IV.2. Méthode d'investigation et instruments

L'analyse des productions écrites des élèves lors de la résolution de problèmes d'électricité est effectuée en termes de tâches réussies, échouées et non traités, sous l'éclairage de certaines connaissances et compétences qui permettent aux élèves de réaliser ces tâches. Pour ce faire, nous avons construit des grilles d'analyse de contenus (tableaux 1, 2, 3) selon une approche constructiviste en considérant les questions des problèmes 1, 2, 3 (Annexe). Les problèmes 1, 2 et 3 faisant partie intégrante du programme d'électricité de troisième année du secondaire collégial marocain, portent respectivement sur la loi d'Ohm, la puissance électrique et l'énergie électrique.

L'analyse des tâches consiste à identifier les compétences mobilisées (s'approprier, analyser, réaliser) en lien avec les connaissances déclaratives et procédurales nécessaires à la réalisation de ces tâches (tableaux 2-4) ; ce qui permet d'étudier les difficultés des élèves à maîtriser ces compétences lors de la résolution de problèmes.

V) Résultats

Nous avons décomposé les productions des élèves selon des unités simples, i.e. tâches (Ti), à effectuer en résolution de problèmes. Puis, nous avons attribué à chaque tâche la (les) connaissance (s) et la (les) compétence(s) nécessaires à sa réussite. Les résultats d'analyse des tâches sont donnés dans le tableau 2 pour le problème 1, le tableau 3 pour le problème 2 et le tableau 4 pour le problème 3. Dans tous les tableaux, on adopte la notation suivante : (CD: Connaissance déclarative, CP: connaissance procédurale, S'ap: s'approprier, Ana: analyser, Réa, réaliser, Ré: réussie, Ec: échouée, NE: non essayée).

Tableau 2: Résultats relatifs aux nombres d'élèves ayant répondu, échoué, et non essayé les taches relevant de la question du problème 1

Tâches (Ti) à réaliser par les élèves	Connaissances		Compétences			Ré	Ec	NE
	CD	CP	S'ap	Ana				
T1: Reformuler de manière claire le but du problème.	CD	CP	S'ap	Ana		20	22	118
T2: Donner la relation entre Tension du générateur et celle de la diode.	CD		S'ap			20	22	118
T3: Calculer la différence de tension.		CP		Ana		20	22	118
T4: Donner la loi d'Ohm.	CD		S'ap			150	6	4
T5: Déduire la relation de la résistance R.		CP		Ana		140	16	4
T6: Choisir la valeur de la tension.	CD	CP	S'ap	Ana		16	26	118
T7: Calculer la valeur de résistance.		CP		Ana	Réa	16	26	118
T8: Choisir parmi les résistances proposées celle à utiliser.	CD	CP	S'ap	Ana	Réa	8	34	118

Tableau 3 : Résultats relatifs aux nombres élèves ayant répondu, échoué, et non essayé les taches relevant des questions du problème 2 : Étude de la puissance électrique.

Q	Tâches (Ti) à réaliser par les élèves	Connaissances		Compétences			Ré	Ec	NT
1	T1: Donner la relation entre P, I et U.	CD		S'ap			150	8	2
	T2: Déduire I en fonction de P et U.		CP		Ana		140	18	2
	T3: Convertir les unités en système international.	CD	CP	S'ap	Ana		120	36	4
	T4: Calculer l'intensité du courant qui traverse l'installation.		CP		Ana	Réa	118	38	4
2	T5: Donner la relation entre U, I et P.	CD		S'ap			150	8	2
	T6: Calculer la puissance maximale de l'installation.		CP		Ana	Réa	138	12	10
3.1	T7: Donner la relation entre la puissance et la puissance totale.	CD	CP	S'ap	Ana		142	8	10
	T8: Convertir les unités en système international.	CD	CP	S'ap	Ana		136	14	10
	T9: Calculer la puissance totale.		CP		Ana	Réa	130	20	10
3.2	T10: Donner la puissance du fer à repassé.	CD		S'ap			146	4	10

	T11: Ajouter la puissance du fer à la relation entre la puissance totale et la puissance de chaque appareil.		CP		Ana		142	8	10
	T12: Calculer la puissance électrique totale de l'installation.		CP			Réa	138	12	10
	T13: Donner la relation entre les puissances maximale et totale.	CD	CP	S'ap	Ana		122	28	10
	T14: Déduire si on peut utiliser en plus un fer à repasser.		CP		Ana	Réa	122	28	10

Tableau 4: Résultats relatifs aux nombres d'élèves ayant répondu, échoué, et non essayé les tâches relevant des questions du problème 3: Étude de l'énergie électrique

Q	Tâches (Ti) à réaliser par les élèves	Connaissances		Compétences			Ré	Ec	NT
1	T1: Etablir la relation entre énergie E, cout du kilowattheure C_w et cout total C	CD	CP	S'ap	Ana		130	24	6
	T2: Déduire l'expression d'énergie E		CP		Ana		126	28	6
	T3: Calculer l'énergie E		CP			Réa	120	34	6
2	T4: Donner la relation entre l'énergie E, la puissance totale P_t et le temps t	CD		S'ap			128	24	8
	T5: Déduire l'expression de la puissance totale.		CP		Ana		122	30	8
	T6: Calculer la puissance totale.		CP			Réa	120	32	8
3	T7: Ecrire le nombre de guirlande		CP		Ana		90	42	28
	T8: Ecrire le nombre d'ampoules dans chaque guirlande		CP		Ana		90	42	28
	T9: Déduire le nombre total d'ampoules		CP		Ana		90	42	28
	T10: Donner la relation entre le nombre d'ampoules, la puissance totale P_t et celle de chaque ampoule P		CP		Ana		74	52	34
	T11: Calculer la puissance de chaque ampoule		CP			Réa	74	52	34
4	T12: Expliquer la procédure à suivre	CD	CP	S'ap	Ana		96	24	40
	T13: Convertir les semaines en jours	CD	CP	S'ap	Ana		90	30	40
	T14: Etablir la relation entre le cout et la durée d'un seul jour avec le cout et la durée de trois semaines	CD	CP	S'ap	Ana		82	38	40
	T15: Déduire la somme déboursée par la famille		CP		Ana	Réa	78	42	40

VI) Analyse et discussion

L'analyse des résultats consiste tout d'abord à dénombrer les tâches réussies, échouées et non essayées à partir des productions écrites des élèves en résolution de problèmes (1-3) données en Annexe; puis à identifier les tâches selon que leur réponse nécessite une connaissance déclarative, procédurale en lien avec les compétences (s'approprier, analyser, réaliser) et celles (du 1^{er}, 2^{eme} et 3^{eme} degré). Pour mieux analyser les tâches, nous avons transformé les données des tableaux 2-4 en Tableaux 5-7, qui illustrent la représentation en pourcentage (%) des élèves qui ont réussi, échoué et n'ont pas traité les tâches relatives aux problèmes 1, 2 et 3.

VI.1. Analyse des tâches déclinées des questions des problèmes

Nous admettons d'une part des corrélations entre connaissances déclaratives et compétence (s'approprier), et d'autre part entre connaissances procédurales et compétences (analyser et réaliser). Puis, nous identifions les

compétences selon la simplicité ou la complexité des tâches à réaliser, i.e. mener une analyse en termes de compétences du 1^{er} degré, 2^{eme} degré et 3^{eme} degré, sur la base de ce que nous avons décrit dans le cadre conceptuel.

Problème 1: Loi d'Ohm:

Ce problème contient une seule question ouverte dont la résolution demande des élèves la réalisation de huit tâches. Les pourcentages des taches réussies, échouées et non essayées sont illustrés dans le Tableau 5.

Tableau 5. Résultats des tâches réussies, échouées et non essayée pour l'étude de la loi d'Ohm (problème 1).

Taches (Ti)	Réussie (%)	Echouée (%)	Non essayée (%)
T1	12.5	13.75	73.75
T2	12.5	13.75	73.75
T3	12.5	13.75	73.75
T4	93.75	3.75	2.5
T5	87.5	10	2.5
T6	10	16.25	73.75
T7	10	16.25	73.75
T8	5	21.25	73.75

Les trois premières tâches T1-T3, réussies avec un score faible (12.5%), montrent que la majorité d'élèves n'a pas pu appréhender et calculer la différence de la tension du générateur et celle de la diode. L'échec dans ces tâches relativement complexes implique que les élèves ont des difficultés non plus pour mobiliser des connaissances et procédures (compétence du 1^{er} degré), mais aussi des compétences élémentaires du 2^{eme} degré (procédures avec cadrage) qui s'exercent lorsque, face à une tâche inédite, nécessairement contextualisée, l'élève doit choisir la procédure qui convient.

La tâche T4 réussie à 94% ne mobilise chez les élèves que la compétence (s'approprier) relative à une connaissance déclarative sur la loi d'Ohm ; cette compétence renvoie aux procédures (compétence du 1^{er} degré). La tâche T5 réussie à 89% mobilise la compétence (analyser) ; cette compétence élémentaire (2^{eme} degré) renvoie à ce qu'on appelle procédures avec cadrage, i.e. à une connaissance procédurale qui permet de déduire la résistance à partir de la loi d'Ohm.

Les tâches T6-T8 réussies respectivement à 10 %, 10% et 5% ont pour but de calculer et choisir parmi les résistances proposées celle à utiliser à partir d'un choix de la bonne valeur de la tension. La tâche T6 mobilise chez les élèves les compétences (s'approprier et analyser) mettant en jeu des connaissances déclarative et procédurale sur le choix d'une tension ; ces compétences renvoient aux procédures (compétence du 1^{er} degré) et procédures avec cadrage (compétence élémentaire du 2^{eme} degré). La réalisation de la tâche T7 mobilise des connaissances procédurales liées aux compétences (analyser et réaliser) qui renvoient aux compétences du 2^{eme} degré (procédures avec cadrage) et du 3^{eme} degré (compétences complexes). La réussite de la tâche T8 supposée comme complexe nécessite la maîtrise des compétences élémentaires et complexes. Pour accomplir les tâches complexes, les élèves devraient faire un choix et une combinaison de plusieurs procédures. L'échec dans ces trois tâches complexes, en particulier T8, montre que les élèves de ce niveau scolaire éprouvent des difficultés à mobiliser non plus des connaissances mais aussi des compétences complexes (3^{eme} degré) qui consistent à savoir choisir et combiner, parmi les procédures connus, celles qui conviennent à une tâche non connue et complexe.

Problème 2: La puissance électrique

Ce problème contient quatre questions dont la résolution nécessite des élèves la réalisation de 14 tâches, avec leurs pourcentages illustrés dans le Tableau 6.

Tableau 6: Résultats des tâches réussies, échouées et non essayées pour l'étude de la puissance électrique (problème 2).

Taches (Ti)	Réussie (%)	Echouée (%)	Non essayée (%)
T1	93.75	5	1.25
T2	87.5	11.25	1.25
T3	75	22.5	2.5
T4	73.75	23.75	2.5
T5	93.75	5	1.25
T6	86.25	7.5	6.25
T7	88.75	5	6.25
T8	85	8.75	6.25
T9	81.25	12.5	6.25
T10	91.25	2.5	6.25
T11	88.75	5	6.25
T12	86.25	7.5	6.25
T13	76.25	17.5	6.25
T14	76.25	17.5	6.25

La première question implique quatre tâches visant à calculer l'intensité du courant qui traverse l'installation en appliquant la relation entre P, I et U; ces tâches ont été réussies respectivement à 94%, 88%, 75% et 74%. La tâche T1 réussie avec un score plus élevé mobilise chez les élèves la compétence (s'approprier) relative à la mobilisation d'une connaissance déclarative sur la relation entre P, I et U. La tâche T2 réussie aussi avec un score élevé mobilise des compétences (s'approprier et analyser) en rapport avec des connaissances déclarative et procédurale sur l'expression du courant I en fonction de P et U. Les tâches T3 et T4 réussies avec des scores comparables, et relativement élevés, nécessitent des compétences (s'approprier, analyser, réaliser), avec des connaissances déclarative et procédurale sur la conversion des unités en système international et le calcul numérique de l'intensité du courant qui traverse l'installation. Pour les tâches T1-T4 considérées comme étant simples, on peut dire que la majorité d'élèves (74-94%) a pu mobiliser avec succès des procédures (compétence du 1^{er} degré) et des procédures avec cadrage (compétences élémentaires du 2^{ème} degré) pour réussir ces tâches simples qui ne demandent pas assez de réflexion et de stratégie pour qu'elles soient réussies.

La deuxième question contient les tâches T5 et T6, réussies respectivement à des scores (94% et 86%) comparables à ceux réalisés dans des tâches similaires T1 et T2 qui mobilisent chez les élèves les mêmes compétences et les mêmes connaissances. Les tâches T7-T9 (Q-3.1) réussies respectivement à des scores élevés 89%, 85% et 81%, visent à calculer la puissance totale en appliquant la relation entre la puissance de chaque composante et la puissance totale. Le taux de réussite élevé de la tâche (T7), qui nécessite des élèves des connaissances déclarative et procédurale sur la relation entre ces deux puissances, implique que la majorité des élèves maîtrise les compétences (s'approprier, analyser) relatives aux compétences du 1^{er} degré (procédures) et des compétences élémentaires de 2^{ème} degré (procédures avec cadrage). Les tâches T8 et T9 réussies aussi à des scores relativement élevés mobilisent des compétences (s'approprier, analyser, réaliser) basées sur des connaissances déclarative et procédurale sur la conversion des unités en système international et le calcul

numérique de la puissance totale. On peut dire donc qu'une bonne partie des élèves a pu mobiliser avec succès des compétences du 1^{er} degré et du 2^{ème} degré pour réaliser ces tâches simples qui ne demandent pas assez de réflexion et de stratégie pour qu'elles soient réussies.

La question 3.2 correspond aux tâches T10-T14 réussies respectivement avec des scores élevés 91%, 89%, 86%, 76% et 76% ; ces tâches visent à déterminer si on fait fonctionner à la fois un four électrique (230V-44kW), deux radiateurs (230V-900W) et quatre lampes à incandescence (230V-100W), peut utiliser en plus un fer à repasser (230V-1000W). La tâche T10 évoque une connaissance déclarative sur la signification des indices (V, W) de fer, ce qui explique le score important de sa réalisation. La réussite des autres tâches nécessite des élèves l'appropriation des connaissances déclaratives et procédurales sur le calcul de la puissance totale, et la comparaison de celle-ci avec la puissance maximale pour en déduire si le fer pourrait être ajouté. Le taux de réussite élevé de ces tâches indique que la majorité des élèves maîtrise la compétence (s'approprier) considérée comme une compétence du 1^{er} degré et les compétences (analyser, réaliser) renvoyant aux compétences élémentaires de 2^{ème} degré (procédures avec cadrage). La réalisation de ces tâches signifie que les élèves ont des compétences d'analyse, de comparaison, de déduction et de calcul qui leur permettent de développer des stratégies et de réflexions logiques lors de la résolution de problèmes portant sur la puissance électrique et son usage dans la vie quotidienne.

Problème 3: L'énergie électrique

Ce problème contient quatre questions que l'on subdivise en 15 tâches T1-T14 dont les pourcentages de réussite, échec et non essayée sont illustrés dans le Tableau 7.

Tableau 7: Résultats des tâches réussies, échouées et non essayées pour l'étude de l'énergie électrique (problème 3).

Taches (Ti)	Réussie (%)	Echouée (%)	Non essayée (%)
T1	81.25	15	4
T2	78.75	17.5	4
T3	75	21.25	4
T4	80	15	5
T5	81.33	18.75	5
T6	75	20	5
T7	56.25	26.25	18
T8	56.25	26.25	18
T9	56.25	26.25	18
T10	46.25	46.25	21
T11	46.25	46.25	21
T12	60	60	25
T13	56.25	56.25	25
T14	51.25	51.25	25
T15	48.75	48.75	25

La première question correspond aux tâches T1-T3 qui ont été réussies avec des scores relativement élevés, soit respectivement 81% (130 élèves), 79% (126 élèves), et 75% (120 élèves). La réussite de ces tâches nécessite des compétences (s'approprier, analyser et réaliser) mettant en jeu des connaissances déclaratives et procédurales permettant le calcul de l'énergie E en établissant la relation entre l'énergie E, le cout du kilowattheure C_w et le cout total C. Le taux élevé de réussite de ces tâches, relativement simples, implique que la plupart des élèves

n'éprouve pas de difficultés pour réaliser ces tâches ; ce qui témoigne de la maîtrise de ces élèves des compétences du 1^{er} degré (procédures) et celles dites compétences élémentaires de 2^{ème} degré (procédures avec cadrage).

Les tâches T4-T6 (Q2) ont été réussies avec des scores relativement élevés 77%, 75%, et 75% ; ce qui montre que les élèves n'éprouvent pas de difficultés pour mobiliser des compétences (s'approprier, analyser et réaliser) basées sur des connaissances déclaratives et procédurales permettant de déduire et calculer la puissance totale en utilisant la relation entre l'énergie E, la puissance totale Pt et le temps t. On constate donc que les élèves maîtrisent des compétences du 1^{er} degré (procédures) et compétences élémentaires de 2^{ème} degré (procédures avec cadrage).

La question 3 visant le calcul de la puissance de chaque ampoule renvoie à cinq tâches procédurales dont T7-T9 réussies à 56%, et T10-T11 à 46%. Ces scores montrent qu'environ la moitié des élèves éprouve de difficultés pour maîtriser la compétence (analyser) qui consiste à utiliser les données du problème pour déduire la relation entre le nombre d'ampoules, la puissance totale P_t et celle de chaque ampoule P, et la compétence (réaliser) pour effectuer le calcul numérique de la puissance de chaque ampoule. Pour ces tâches, seule la moitié d'élèves maîtrise des compétences élémentaires de 2^{ème} degré (procédures avec cadrage).

La question 4 correspond à quatre tâches T12-T15 réussies respectivement à des scores plus ou moins moyens : 60%, 56%, 51%, et 49%. Ces tâches visent à déterminer le coût déboursé par la famille lors de trois semaines d'utilisation de l'ensemble des ampoules, et ce en établissant une relation entre le coût et la durée d'un seul jour avec le coût et la durée de trois semaines. Elles évoquent chez les élèves des compétences (s'approprier, analyser et réaliser) qui mettent en jeu des connaissances, procédures et procédures avec cadrage à suivre pour calculer le coût déboursé pour trois semaines. Les scores moyens de réussite de ces tâches impliquent qu'environ la moitié des élèves maîtrise les compétences du 1^{er} degré (procédures), les compétences élémentaires de 2^{ème} degré (procédures avec cadrage). Ces tâches ne sont donc pas considérées comme étant complexes, et ne nécessitent pas des élèves la maîtrise des compétences assez complexes (3^{ème} degré).

VI.2. Analyse en termes de connaissances et compétences mobilisées

Dans cette partie, nous analysons la réussite des tâches en rapport avec les compétences (s'approprier, analyser et réaliser) mobilisées par les élèves lors de la résolution de problèmes. Le tableau 8 représente le nombre total de compétences attribuées aux différentes tâches relevant des trois problèmes, le nombre moyen d'élèves ayant validé chaque compétence, ainsi que le taux moyen de validation de ces compétences.

Les problèmes soumis aux élèves regroupent 37 tâches dont 17 sont relatives à la compétence (s'approprier), 27 tâches à la compétence (Analyser), et 11 tâches à la compétence (Réaliser). Dans ces résultats nous ne prenons en considération que les tâches réussies. La représentation de ces résultats est donnée dans la figure 2.

L'analyse des résultats obtenus montre que 17 compétences (s'approprier), 27 (analyser) et 11 (réaliser) ont été mobilisées avec succès par les élèves pour réussir les différentes tâches relevant des trois problèmes étudiés. Ainsi, les élèves ont pu réaliser un score de réussite moyen de 100.35/160 (62.72%) pour les compétences type « s'approprier » relatives aux compétences du 1^{er} degré (procédures), de 96.22/160 (60.14%) pour les compétences « analyser » dites de 2^{ème} degré mettant en jeu des procédures avec cadrage, et de 97.46/160 (60.91%) pour les compétences « réaliser » dites compétences complexes de 3^{ème} degré.

Tableau 8: Pourcentage moyen de réussite des diverses compétences mises en jeu dans la résolution des trois problèmes étudiés

Compétences	Nombre total de compétences	Nombre moyen d'élèves maîtrisant les compétences	Pourcentage moyen (%) de maîtrise de compétences
S'approprier	17	100.35	62.72
1 ^{er} degré (procédures)			
Analyser	27	96.22	60.14
2 ^{ème} degré (procédures avec cadrage)			
Réaliser	11	97.46	60.91
3 ^{ème} degré (compétences complexes)			

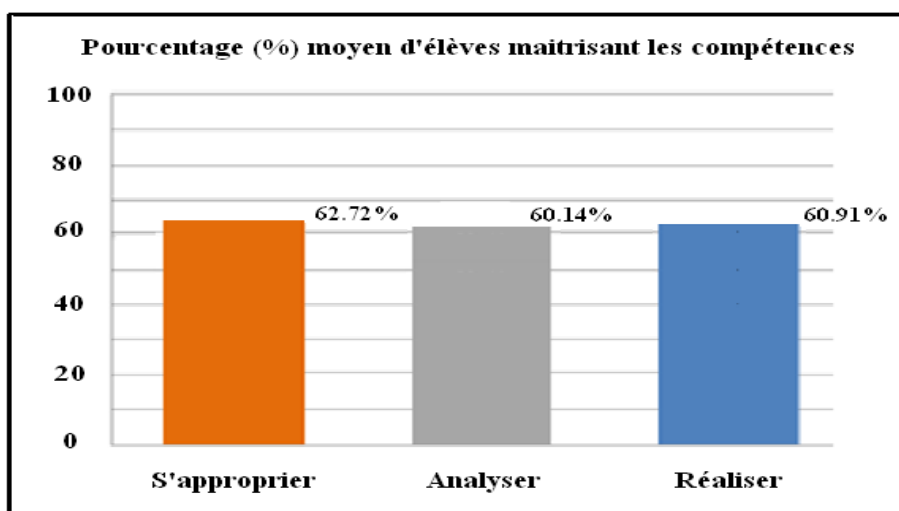


Figure 2: Représentation des pourcentages moyens d'élèves maîtrisant les compétences (s'approprier, analyser et réaliser)

A l'exception du problème 1 qui comporte une seule question ouverte avec des tâches implicites considérées comme complexes, ce qui se traduit par le taux de réussite relativement faible de ces tâches, les deux autres problèmes sont considérés comme fermes et relativement simples, et construits de questions censées guider les élèves lors de la résolution. Etant donné la simplicité ou la complexité des tâches à réaliser, nous considérons que les performances des élèves en résolution de ces problèmes, portant sur l'énergie et la puissance électriques, sont moyennes, et pas assez satisfaisantes. Les pourcentages de validation montrent que les élèves maîtrisent davantage la compétence (s'approprier) que les compétences (analyser et réaliser) lors des activités de résolution de problèmes d'électricité, ce qui semble être prévu et normal (Ouasri, 2017b).

Tenant compte des pourcentages de validation, on constate que plus que la moitié des élèves maîtrise les compétences :

- S'approprier : en faisant un schéma modèle de résolution, identifiant les grandeurs physiques avec leur symbole, et ainsi reliant le problème à une situation modèle connue.
- Analyser : en décomposant le problème en tâches simples, explicitant la modélisation choisie (définition du système,) et énonçant les lois physiques qui ont été utilisées. Ainsi ces élèves ont pu montrer des attitudes de raisonnement qui leur permettent de construire des stratégies de résolution de problèmes.

- Réaliser : en menant une démarche pour répondre explicitement aux questions posées, et en effectuant efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique. Cela témoigne de certaines difficultés que rencontrent les élèves à développer ce type de compétences en électricité.

Ainsi, on constate que plusieurs élèves n'ont pas pu valider l'ensemble de compétences étudiés ; ce qui se traduit par des blocages, erreurs et difficultés à réaliser certaines tâches relatives aux problèmes proposés, surtout les tâches complexes du problème 1 qui font intervenir des compétences considérées comme étant de deuxième et troisième degrés.

La validation d'une compétence ne peut pas se faire par le seul biais de l'appropriation des connaissances déclaratives (compétences dites procédures) et procédurales (compétences dites procédures avec cadrage). Au mieux, cela peut attester d'un niveau de maîtrise de certaines capacités, habiletés dans un contexte particulier de l'évaluation des apprentissages dispensés en classe. Tenant compte du triptyque « connaissances-capacités-attitudes », une compétence ne se conçoit que dans la complexité d'une tâche. C'est ce contexte que propose le problème 1 dont la plupart d'élèves n'a pas pu traiter les tâches supposées complexes ; cela peut être expliqué par différentes raisons à savoir:

- La non-compréhension du langage physique, le manque de pré-requis, difficultés à exploiter des lois et des principes physiques, etc...

- Manque de représentations mentales ou l'incapacité à élaborer des schémas permettant d'aboutir à la résolution du problème proposé.

- Manque de stratégies et de réflexes logiques.

Cette analyse montre que les compétences (s'approprier, analyser, réaliser) sont mobilisées de manière harmonieuse, que la difficulté et la complexité de tâches sont maîtrisées.

VII. Conclusions

Cette étude vise le croisement de l'analyse des connaissances et compétences mobilisées par les élèves marocains de deuxième année du collège lors des activités de résolution de problèmes d'électricité, portant sur l'énergie et la puissance électrique.

Pour la méthodologie, nous nous sommes appuyés sur l'analyse des productions écrites des élèves en activités de résolution de problèmes. L'analyse porte sur les connaissances et les compétences que mobilisent les élèves pour réussir les tâches déclinées des questions des problèmes d'électricité portant sur la loi d'Ohm, l'énergie électrique et la puissance électrique.

Pour le premier problème ouvert contenant une seule question avec des tâches implicites supposées complexes, les élèves rencontrent des difficultés lors de la résolution ; ce qui se traduit une diminution claire du nombre d'élèves validant ces compétences. Pour les deux autres problèmes construits de questions explicites (énergie et puissance électrique), les élèves ont réussi de manière relativement harmonieuse à mobiliser des compétences (s'approprier, analyser, et réaliser) renvoyant aux compétences du 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} degrés, qui mettent en jeu aussi bien des connaissances déclaratives que procédurales.

REFERENCES

- [1] Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- [2] Anderson, J. R. (1995). *Learning and memory: An integrated approach*. New York: John Wiley & Sons.

- [3] Başer, M., Durmuş, S. (2010). The effectiveness of computer supported versus real laboratory inquiry learning environments on the understanding of direct current electricity among pre-service elementary school teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 6, p. 47-61.
- [4] Başer, M., Geban, Ö. (2007). Effect of instruction based on conceptual change activities on students' understanding of static electricity concepts. *Research in Science & Technological Education*, 25, 243-267.
- [5] CSEFRS. (2021). Programme national d'évaluation des Acquis des élèves de la 6ème année primaire et 3ème année secondaire collégiale, PNEA 2019. Rapport analytique. Récupéré du site internet <https://www.csefrs.ma/wp-content/uploads/2021/11/Rapport-PNEA-2019-V-Fr.pdf>
- [6] Crahay, M. Lafontaine, D. (1986). *L'art et la science de l'enseignement*. Bruxelles: Labor.
- [7] De Ketele, J.-M., Gerard, F.-M. (2005). La validation des épreuves d'évaluation selon l'approche par les compétences; *Mesure et Evaluation en Education*, 28, n°3, 1-26.
- [8] Delvolé N. (2006). Métacognition et réussite des élèves. Cahiers pédagogiques. <https://www.cahiers-pedagogiques.com/metacognition-et-reussite-des-eleves>.
- [9] Dumas-Carré, A. Goffard, M. (1997). *Rénover les activités de résolution de problème en physique. Concept et démarches*. Paris: Armand Collin.
- [10] Frederiksen, J., White, B. (1989). An approach to training based upon principled task decomposition. *Acta psychological*, 71, p. 89-146.
- [11] Giordan, A. (1998). *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Belin.
- [12] Gillet P. (dir.) (1991). *Construire la formation*, ESF éditeur.
- [13] Glauert, E. B. (2009). How young children understand electric circuits: Prediction, explanation and exploration. *International Journal of Science Education*, 31, 1025-1047.
- [14] Glover, J.A., Ronning, R.R. and Brunning, R.H. (1990). *Cognitive psychology for teachers*. New York: Macmillian Publishing Company.
- [15] Goffard, M. (1994). *Le problème de physique et sa pédagogie*. Paris: ADAPT.
- [16] Goffard, M. Goffard, S. (2003). Interactions entre élèves et résolution de problèmes. *Aster*. 37, 165-187.
- [17] Hart, C. (2008). Models in physics, models for physics learning, and why the distinction may matter in the case of electric circuits. *Research in Science Education*, 38, 529-544.
- [18] Jaakkola, T., Nurmi, S., Veermans, K. (2011). A comparison of students' conceptual understanding of electric circuits in simulation only and simulation-laboratory contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 71-93.
- [19] Jill H. Larkin et F. Reif (2007). Understanding and Teaching Problem-Solving in Physics, *European Journal of Science Education*, 1(2), 191-203.
- [20] Jonnaret, P. (2002). *Compétences et socioconstructivisme-un cadre théorique*. Bruxelles: De Boek.
- [21] Malafouse, D., Lerouge, A. Dusseau, J.-M. (2001). Etude en inter-didactique des mathématiques et de la physique de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège: changement de cadre de rationalité. *Didaskalia*. 18, 61-98.
- [22] Mazouze, B. (2011). Raisonnements et difficultés des élèves en résolution de problèmes de physique: cas des interférences mécaniques. *BUPPC*, 931, 221-241
- [23] Mazouze, B. (2016). Des difficultés en résolution de problèmes de physique: quelles aides pour les élèves? *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 3(2), 258-268.

- [24] Mazouze, B. Lounis, A. (2015). Résolution de problèmes et apprentissage des ondes: Quels types de difficultés rencontrent les élèves? *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 9(2), p.25-40.
- [25] Meltzer, D.E. (2005). Relation between students' problem-solving performance and representational format, *American Journal of Physics*, 73(5): 463–478.
- [26] Meirieu J. (1988). *Apprendre, oui, mais comment?* ESF éditeur.
- [27] Neves, D.M. Anderson, J.R. (1981). *Knowledge compilation: Mechanisms for the automatization of cognitive skills*. In J. R. Anderson (Ed.), *cognitive skills and their acquisition* (pp, 86-102). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- [28] Newell, A. Simon, H.A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- [29] Orange, C. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, 40, p. 3-11.
- [30] Ouasri, A. (2016). Study of the appropriation by the pupils of second Bacculaureate year of knowledge objectifs relating to acide-bases titrations. *Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education*, 25(5) p. 695-717.
- [31] Ouasri, A. (2017a). Analyse des difficultés des élèves de deuxième année Baccalauréat marocain en résolution de problèmes de Mécanique; *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 4(2), p.39-57.
- [32] Ouasri, A. (2017b). Analyse des connaissances des élèves de troisième année du collège marocain en activités de résolution de problèmes de l'électricité (loi d'Ohm, puissance et énergie électrique); *European Journal of Education Studies*, 3(7), p. 94-120.
- [33] Ouasri, A. (2017c). Study of Moroccan pupils' difficulties at second Bacculaureate year in solving chemistry problems relating to reactivity of ethanoate ions and to Copper-Aluminium cell; *Chemistry Education Research and Practice*, 18, p. 737-748.
- [34] Ouasri, A. (2017d). Analyse des difficultés des élèves marocains de 15-16 ans en résolution de problèmes de mécanique (mouvement et repos, interactions mécaniques et forces, poids et masse). *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 11(1), p. 69-92.
- [35] Ouasri A., Ravanis, K. (2017); *Analyse des compétences des élèves de Tronc Commun marocain en résolution de problèmes d'électricité (Dipôles actif et passif)*; *European Journal of Education Studies*, 3(11), 1-28.
- [36] Ouasri A., EL Mhammedi M.A. (2018). Observation et analyse des difficultés des élèves de première année Baccalauréat marocain en résolution de problèmes de Physique-chimie. *Slavonic Pedagogical Studies Journal*, 7(1) 178-200.
- [37] Ouasri A., Bouatlaoui T (2019). *Motivation et intérêt des élèves de collège marocain pour l'apprentissage des sciences physiques*, *European Journal of Education Studies*, 6(7) 236-256. Doi: 10.5281/zenodo.3514627
- [38] Perrenoud, P. (1997). *Construire des compétences dès l'école*. Paris: ESF.
- [39] Ravanis, K. (2013). Mental representations and obstacles in 10–11-year-old children's thought concerning the melting and coagulation of solid substances in everyday life. *Preschool and Primary Education*, 1(1), 130-137. <https://doi.org/10.12681/ppej.38>
- [40] Ravanis, K. Papamichaël, Y. Koulaidis, V. (2002). Social marking and conceptual change: the conception of light for ten-year old children. *Journal of Science Education*, 3(1), 15-18.
- [41] Rey B., Carette V., Defrance A. Kahn S., (2003). *Les compétences à l'école. Apprentissage et évaluation*. Bruxelles: De Boeck.
- [42] Richard, J-F. (1990). *Les activités mentales*. Paris: Armand Collin.
- [43] Rozencwajg, P. (1997). Approche des différences individuelles dans la résolution de problèmes concernant des circuits électriques simples. *Didaskalia*, 10, 7-27.

[44] Streveler, R.A., Litzinger, T.A., Miller, R. L., Steif, P.S. (2008). Learning conceptual knowledge in the engineering sciences: Overview and future research directions. *Journal of Engineering Education*, 97, 279-294.

[45] Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. In B. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 43, pp. 215-266), San Diego: Academic Press.

[46] Tardif, J. (2006). *L'évaluation des compétences-Documents le parcours de développement*. Montréal: Chenelière Education.

Annexe

Problème 1

Une fille a plusieurs appareils électriques: une diode LED dont la tension d'utilisation est de 2V, un générateur de courant continu de 6V; trois résistances de 330 Ω , 220 Ω , 180 Ω . Sachant que la tension du courant qui passe par la diode est de 20 mA, peut-on aider cette fille pour qu'elle puisse choisir parmi les trois résistances indiquées, celle qui peut être utilisée avec la diode?

Problème 2

Une installation électrique dispose d'un disjoncteur calibré à 30A. Elle fonctionne sous une tension 230V.

1. La puissance souscrite par l'abonné vaut 6kW. De quelle intensité peut-il disposer?
2. De quelle puissance l'abonné dispose-t-il réellement dans son installation avec le calibrage du disjoncteur?
3. L'abonné fait fonctionner en même temps un four électrique (230V- 44kW), deux radiateurs (230V-900W) et quatre lampes à incandescence (230V-100W)
 - 3.1. Quelle puissance utilise-t-il?
 - 3.2. Peut-il utiliser en plus un fer à repasser (230V-1000W)? Justifiez votre réponse.

Problème 3

Une famille veut décorer l'extérieur de sa maison avec deux guirlandes de 160 ampoules chacune ; cela lui coûte 35Dh par jour pour 4 heures de fonctionnement quotidien.

- 1) Calculer l'énergie transformée par les lampes chaque jour, sachant que le prix du kilowattheure est de 1.5 Dh.
- 2) En déduire la puissance transformée par l'ensemble des lampes.
- 3) Calculer la puissance d'une lampe en supposant qu'elles sont toutes identiques.
- 4) Quelle somme aura déboursé cette famille pour cet éclairage si celui-ci décore sa maison durant 3 semaines