



**ANALYSE DES CONNAISSANCES DES ÉLÈVES DE
TROISIÈME ANNÉE DU COLLÈGE MAROCAIN EN ACTIVITÉS DE
RÉSOLUTION DE PROBLÈMES DE L'ÉLECTRICITÉ (LOI D'OHM,
PUISSANCE ÉLECTRIQUE, ENERGIE ÉLECTRIQUE)ⁱ**

Ali Ouasriⁱⁱ

Centre Régional des Métiers de l'Education et de la Formation,
Madinat Al Irfane, Souissi, BP 6210, Rabat, Maroc

Résumé:

Cet article étudie les difficultés des élèves (15-16 ans) de six classes de troisième année de secondaire collégial marocain en activités de résolution de problèmes de l'électricité (Loi d'Ohm, puissance et énergie électrique). L'analyse des productions écrites des élèves est effectuée en termes de tâches réussies, échoués et non traités en rapport avec les connaissances que devraient mobiliser les élèves pour réaliser ces tâches. Les élèves ont pu réussir davantage les tâches nécessitant les connaissances déclaratives alors qu'ils éprouvent des difficultés pour atteindre l'étape autonome dans le processus de production des connaissances procédurales. L'étude de l'impact de l'organisation des tâches sur l'élaboration des connaissances chez les élèves met en évidence la prévalence d'une hiérarchisation des problèmes du simple vers le complexe.

Mots clés: résolution de problèmes, connaissance, déclarative, procédurale, hiérarchisation

Abstract:

This paper study the difficulties encountered by pupils (15-16 years) of six classes of third year of Moroccan college in solving problems of electricity (Ohm law, electrical puissance and energy). The analysis of pupils' written productions is carried out in terms of the successful, failed and untreated tasks in relation with declarative or procedural knowledge mobilized by the pupils to realize these tasks. The pupils carried

ⁱKNOWLEDGE ANALYSIS OF THIRD YEAR PUPILS OF THE MOROCCAN COLLEGE IN ELECTRICITY PROBLEM SOLVING ACTIVITIES (OHM'SLAW, ELECTRIC POWER, ELECTRICAL ENERGY)

ⁱⁱ Correspondence: email aouasri@yahoo.fr

out with success the tasks whose realization requires the mobilization of procedural knowledge, while they encountered difficulties to reach the autonomous step in the production process of procedural knowledge. The impact study of the organization of tasks on the development of knowledge at the pupils highlights the prevalence of the hierarchisation of the problems from the simple to the complex.

Keywords: problems solving, knowledge, declarative, procedural, hierarchy

1. Introduction

L'enseignement/apprentissage et l'évaluation des acquis des sciences physiques s'appuient essentiellement sur les activités de résolution de problèmes; celles-ci supposent la mise en relation entre ce qui est acquis et ce qui est demandé dans des situations diverses, en mobilisant des habilités de base, stratégies de pensée et habilités métacognitives (Proulx, 1999). La résolution de problèmes décrite comme une activité cognitive finalisée au service d'une tâche à effectuer dans une situation donnée (Richard, 1990 ; M. Goffard, S. Goffard, 2003) fait appel à des activités psychiques « internes » marquant le passage des activités élémentaires aux activités mentales supérieures, et aux processus intellectuels impliquant mettant en jeu des connaissances acquises ou construites antérieurement.

Résoudre un problème revient à parcourir une « distance » entre le « voulu » non encore réalisé et où l'on veut se projeter (idéal) et le « situ » où on est (réalité). La situation de départ et le but à atteindre sont les pôles fondamentaux d'un problème (Gagné, 1985; Glover et al, 1990; Sall, 2002). Entre la situation de départ et le but à atteindre, un apprenant en activité de résolution de problèmes pourrait développer des procédures et stratégies qui renvoient généralement à une démarche de trois états:

- un état de départ bien identifié, caractérisé par le contexte (donnée du problème, précision des contraintes, état physique et mental, conditions matérielles, ...).
- un état intermédiaire qui est un processus dynamique encore à définir pour rallier l'état final à partir de l'état de départ.
- un état final bien identifié par le but à atteindre et qui ferme la boucle par le retour au contexte.

Les recherches à propos la résolution de problèmes ont évolué au cours des dernières décennies ; elles sont traversées par différents courants allant du paradigme expert/novice (Chi et al., 1981) aux recherches visant le développement des capacités et l'amélioration des performances des élèves en résolution de problèmes (Rief, 1983;

Caillot et al. 1988; Dumas-Carré et Goffard, 1997; Meltzer, 2005; Orange, 2005; Mazouze, 2016). Selon le paradigme expert/novice, le rôle des connaissances, en particulier les connaissances procédurales permettant de faire une bonne représentation du problème, est incontournable (Chi et al., 1981; Caillot et al., 1988; Dumas-Carré et Goffard, 1997). Le cadre problématique de ces recherches place les élèves au centre de leur préoccupation en adéquation avec le paradigme cognitiviste de l'apprentissage qui est largement utilisé dans la compréhension des mécanismes d'acquisition lors des activités de résolution de problèmes (Proulx, 1999). C'est dans cette perspective que nous essayons de considérer et interpréter les résultats obtenus dans le présent article subdivisé en six parties: la première illustre la problématique de la résolution de problèmes dans le contexte scolaire marocain; la deuxième est consacrée au cadre théorique qui revisite de point de vue psychologie cognitive (modèle de traitement de l'information) les connaissances déclarative et procédurale qui interviennent dans les activités de résolution de problèmes. La troisième partie présente la méthodologie du travail et les problèmes soumis aux élèves. Dans la quatrième partie, seront présentés les résultats obtenus qui seront analysés et puis discutés dans la cinquième et la sixième partie avant de dégager certaines conclusions sur les difficultés des élèves de troisième année du collège lors des activités de résolution de problèmes en électricité.

2. Problématique

De point de vue didactique, la résolution de problèmes est prise en charge à travers trois perspectives: évaluation des acquisitions des élèves souvent utilisé dans le contexte scolaire surtout pour les disciplines scientifiques, activité d'apprentissage des concepts scientifiques peu utilisé au niveau scolaire (Mazouze et Lounis, 2015), et support à la recherche très qui est très peu utilisé à ce niveau. Dans le contexte marocain, on s'intéresse aux deux premières perspectives. L'outil d'évaluation le plus utilisé par les enseignants est la résolution des exercices et problèmes par les élèves.

En électricité supposée un domaine de connaissances sémantiquement structurés (Rozenchwajg, 1997), 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. Les élèves qui rencontrent dans leur itinéraire scolaire une loi fonctionnelle « la loi d'Ohm » qui est une des premières lois physiques formulée mathématiquement, sont amenés à faire une analogie entre la proportionnalité en mathématiques et la loi d'Ohm dans la physique. A ce propos, Malafouse et al (2001) avaient interprété les difficultés des élèves en terms 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.

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

Dans le contexte marocain, la loi d'Ohm est introduite dans l'enseignement scolaire dès la troisième année du secondaire collégial (14-16 ans). Elle donne lieu à des activités expérimentales visant la construction de la part des élèves des circuits électriques et la mesure des grandeurs physiques tels l'intensité, la tension, la puissance et l'énergie électrique ; mais aussi à la modélisation inductive en vue d'aboutir à une relation fonctionnelle entre les grandeurs physiques à partir des résultats expérimentaux.

L'échec des élèves marocains des sections scientifiques devant des problèmes de l'électricité est aussi évident ; les performances des élèves ne sont donc pas satisfaisantes. C'est pourquoi, nous nous sommes intéressés aux difficultés des élèves lors de la résolution de problèmes de l'électricité. Ainsi, certaines questions peuvent être posées là-dessus: Pourquoi les performances des élèves lors des activités de résolution de problèmes sont-elles faibles? Peut-on attribuer cet échec à l'élève? À l'enseignement qu'il a reçu, c'est-à-dire à l'enseignant? Ou bien aux problèmes présentés? Les difficultés des élèves en résolution de problèmes peuvent avoir d'autres origines que nous décrivons dans le cadre conceptuel.

3. Cadre conceptuel

Au-delà de d'une classification de problèmes (Greeno, 1978), la qualité d'un problème est double. Face à un problème et selon l'objectif de la situation d'enseignement, l'élève devrait réaliser deux tâches: résoudre le problème et apprendre de cette résolution. Les problèmes fermés nécessitent généralement la recherche des formules à appliquer de la part du sujet qui peut facilement identifier les données pouvant servir à leur résolution. Dans les situations problèmes qualitatives présentant des problèmes ouverts, les

éléments utiles à leur résolution ne semblent pas être évidents et le recours à la formule n'est pas aussi possible ; ce qui demande des élèves de transformer ou réorganiser des données dont ils disposent pour trouver une solution. Les problèmes servant à la collecte des données contiennent essentiellement des questions fermés, avec certaines questions ouverts à la fin de ces problèmes.

De point de vue psychologique, la résolution de problèmes est en relation avec le processus d'acquisition ou de construction du savoir scientifique (Sall, 2002), ce qui valorise la résolution de problèmes dans les activités scolaires destinées à guider l'apprentissage ou évaluer les acquisitions des élèves. Ce point de vue évoque les connaissances déclarative, procédurale et stratégique appelée aussi conditionnelle.

Le cadre conceptuel passe en revue certains fondements du cognitivisme en rapport avec la résolution de problèmes dans l'enseignement-apprentissage, expliciter les connaissances déclaratives et procédurales que les élèves pourraient mobiliser pour la réalisation d'une tâche lors de la résolution d'un problème, avant de terminer par une discussion de l'impact de l'organisation des tâches sur l'élaboration des connaissances.

3.1 Cognitivisme et connaissances

Le cognitivisme consiste à émettre des hypothèses et proposer des modèles à propos de la structure de la pensée et des processus intellectuels ; il s'intéresse aux mécanismes permettant d'acquérir, d'intégrer et de réutiliser les connaissances. Les contributions de Piaget et Vygotski avaient apporté des éclairages décisifs sur le développement cognitif, malgré leurs itinéraires croisés (Ravanis, 2010). Alors que le développement intellectuel chez Piaget s'appuie sur des stades qui déterminent l'apprentissage dans une dynamique allant de l'intra-psychique vers l'inter-psychique, Vygotski postule le mouvement inverse. Les travaux de Piaget sur le constructivisme et ceux de Vigotski sur le socio-constructivisme peuvent servir de cadre théorique pour cerner et interpréter certaines dimensions du concept de résolution de problèmes.

La psychologie cognitive « modèle de traitement de l'information » (Newell et Simon, 1972; Gagné, 1985; Glover et al 1990) peut mieux éclairer les questions liées à l'apprentissage en rapport avec la résolution de problèmes. En partant de bases théoriques sur la structure des connaissances et sur les processus de traitement de l'information, la psychologie cognitive a fournit des concepts et démarches permettant d'analyser et comprendre les processus en jeu dans l'enseignement/apprentissage. En s'appuyant sur des concepts structurant un champ de connaissances susceptibles de fonder les activités de résolution de problèmes, la psychologie cognitive cherchait à vérifier la pertinence de ces connaissances, des modèles dans lesquels elles sont mises

en scène, et leur efficacité dans l'analyse de situations relatives aux apprentissages scolaires. Le modèle du traitement de l'information permet d'opérationnaliser l'analyse des processus cognitifs complexes en rapport avec les connaissances et la mémoire, deux éléments essentiels pour le sujet en situation de résolution de problèmes.

Les connaissances, concepts de base du modèle de traitement de l'information, renvoient aux significations (sens) qu'un sujet attribue aux expériences vécues. La diversité de significations tirées d'expériences implique une variété de connaissances indispensables à la réalisation des tâches complexes. Les connaissances peuvent donc être classées selon la diversité de ces expériences et la spécificité de ces tâches. Ainsi, le rôle des connaissances et stratégies spécifiques constitue une donnée fondamentale des acquis de la recherche sur l'apprentissage et la résolution de problèmes (Tardif, 1992).

L'acquisition des connaissances se fait selon un processus comportant trois étapes distinctes : l'encodage (connaissances déclaratives), la procéduralisation (connaissances procédurales) et la composition ou l'organisation (Neves et Anderson, 1981). La classification en termes de connaissances déclaratives, connaissances procédurales et connaissances d'intégration a été ensuite affinée par l'introduction des connaissances contextuelles ou conditionnelles (Anderson, 1983, 1985; Glover et al 1990).

Selon Neves et Anderson (1981), les connaissances déclaratives sont tout d'abord enregistrées (encodées) sous forme de faits relatifs à un domaine. Ces connaissances, plutôt statiques que dynamiques, relèvent de la déclaration ou de l'énonciation, et sont donc des informations passives, restituées sans modification et sans traitement. Elles correspondent aux principes, définitions, règles, lois et relations propres à un domaine (Gagné, 1985), bien qu'utiles ne permettent pas à l'apprenant d'aller directement vers l'action.

Dans la deuxième phase d'acquisition de connaissances, les faits déclaratifs se transforment en procédures articulées entre elles (Neves et Anderson, 1981); le sujet passe à un niveau d'acquisition des connaissances procédurales constituées d'habilités à utiliser les connaissances déclaratives pour atteindre un but fixé. L'intérêt d'une procéduralisation est que les informations deviennent articulées en procédures; ce qui se traduit par une plus grande rapidité d'action et de meilleures performances. Les connaissances procédurales qui concernent l'action et le savoir-faire (Tardif, 1992) correspondent au comment de l'action, aux étapes pour réaliser l'action, et à la procédure permettant la réalisation de cette action.

Selon Anderson (1983, 1995), le processus de production de connaissances procédurales peut être décomposé en trois étapes non discrètes caractérisant des

moments dans l'évolution qualitative d'une habileté. Lors de la première étape appelée « *Etape cognitive* », l'apprenant peut repérer l'information nécessaire à la résolution de problèmes en suivant des instructions, en appliquant des opérateurs de résolution de problèmes généraux, et en utilisant des analogies entre connaissances déclaratives et comportements préexistants. La deuxième étape « *Etape associative* » correspond à la compilation des connaissances dans laquelle la représentation déclarative se transforme en représentation procédurale, et les erreurs caractérisant l'étape cognitive sont détectées et éliminées. L'habileté en cours de transformation devient mieux coordonnée, plus rapide, et s'accompagne de la production de moins d'erreurs. Lors de la troisième étape « *Etape autonome* » une habileté devient constamment plus automatisée, rapide et implique de moins en moins l'intervention de la cognition, c'est une étape de réglage et d'affinement des productions.

Anderson a mis au point un modèle ATC (Contrôle Adaptatif de la Pensée) pour montrer comment les connaissances les plus complexes peuvent être construites sur la base d'une articulation entre connaissances procédurales et connaissances déclaratives. Pour Anderson, la construction de 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.

3.2 Organisation des tâches en résolution de problèmes

Les divers travaux qui ont été développés sur l'impact de l'organisation des tâches sur l'élaboration des connaissances sont généralement regroupés en trois approches:

- La première approche « l'interférence contextuelle » observe une prévalence de la variabilité sur la consistance en résolution de problèmes (Carlson et Yaure, 1990; Schmidt et Bjork, 1992 ; Van Merriënboer, Kester et Pass, 2006). Selon cette approche, une bonne réussite dans l'apprentissage ne garantit pas une réussite face aux nouveaux problèmes, et une haute variabilité qui gêne la réussite en phase d'apprentissage semble favoriser l'apprentissage en permettant une meilleure réussite face aux problèmes de transfert. Le mode d'organisation de la tâche est donc un facteur qui influence l'apprentissage en résolution de problèmes.
- La seconde approche « Instructional design » s'interroge spécifiquement sur la prise en compte de la charge cognitive (Pass et van Merriënboer, 1993; Salden, Paas et van Merriënboer, 2006 ; Pass, Renkl et Sweller, 2003; de Croock et van

Merriënboer, 2007) dans l'élaboration d'une tâche de résolution de problèmes. Cette approche souligne également l'importance du mode d'organisation de la tâche. La prise en compte de la charge cognitive dans le mode d'instruction choisi en résolution de problèmes permet de favoriser l'apprentissage. La question ici est comment organiser l'apprentissage d'une connaissance pour que l'apprenant puisse élaborer celle-ci avec une meilleure réussite, une meilleure rétention, une meilleure compréhension, un faible taux d'erreurs et une bonne élaboration des schémas. A ce propos, Salden et al (2006) distinguent les approches statique et dynamique comme mode de sélection des tâches. L'organisation de la tâche est déterminée au préalable en situation statique, et les problèmes sont présentés suivant un ordre croissant de difficulté fixé a priori. Par ailleurs, l'organisation est ajustée au cours de l'apprentissage en situation dynamique selon les performances et l'attitude du participant. L'utilisation des tâches partielles ou complètes dépend donc de types de connaissances que l'on souhaite faire acquérir à l'apprenant.

- La troisième approche observe la prévalence d'une hiérarchisation des problèmes du simple vers le complexe (Gagné, 1962; Gagné, 1968; Frederiksen et White, 1989). Selon cette approche, l'apprenant est conduit à maîtriser progressivement une nouvelle tâche à un niveau hiérarchique de plus en plus important jusqu'à atteindre le niveau final de la tâche. La réussite d'un problème complexe ne semble donc pas se faire sans étayage. En effet, Frederiksen et White (1989) proposent un mode d'instruction basé sur la décomposition de la tâche en sous-buts et la mise en place de situations permettant d'acquérir progressivement les compétences liées à ces sous-buts. Ils montrent que des apprenants soumis à ce type d'instruction organisé réussissent davantage la tâche que les participants qui réalisent directement la tâche.

3.3 Difficultés des élèves lors de la résolution de problèmes

Plusieurs recherches ont été menées sur les difficultés d'appropriation par les apprenants des concepts scientifiques en rapport avec les activités de résolution de problèmes en classe (Caillot, 1988; Crahay et Lafontaine, 1986; Goffard, 1994; Rozencwajg, 1997; Giordan, 1998; Malafouse, Lerouge et Dusseau, 2001; Orange, 2005; Streveler, 2008; Mazouze, 2011; Ntalakoura & Ravanis, 2014). De ces travaux et autres, nous avons pu cerner certaines origines des difficultés des élèves en situation de résolution de problèmes, en particulier en physique. Ces des difficultés peuvent généralement être dus:

- Ala compréhension défectueuse des consignes et de certains mots par des élèves qui se lancent tout de suite dans la réalisation des tâches sans faire des vérifications détaillées de ce qui leur est réellement demandé.
- Au manque d'attention, de rigueur et d'investissement: certains élèves commettent des erreurs comme le changement de signe d'un nombre et l'oubli des unités, alors que d'autres se lassent parfois très vite et n'abordent pas tous le problème.
- Au manque de pré-requis chez plusieurs élèves n'ayant pas de compétences au niveau du calcul numérique.
- Au manque de stratégies et de réflexes logiques, surtout pour les élèves n'ayant pas d'expériences en résolution de problèmes (novices).
- Au manque de représentations mentales: les élèves qui ne se représentent pas bien l'énoncé ne peuvent pas appréhender une telle situation. A ce propos, Sweller (2003) a attribué l'élaboration des schémas aux représentations mentales abstraites, stockés en mémoire, permettant d'analyser, de structurer et d'interpréter des informations nouvelles; ces schémas servent de modèle pour traiter l'information et diriger les comportements. La schématisation d'une expérience dans un problème de physique est nécessaire à la résolution du problème puisqu'elle permet de réorganiser et de synthétiser les informations données.

Pour pouvoir interpréter ces difficultés, nous avons choisi de mener une recherche empirique sur des élèves de secondaire collégial marocain en situation de résolution de problèmes. Dans cette étude, nous nous sommes limités aux problèmes type scolaires (exercices) utilisés généralement pour tester l'acquisition des élèves des connaissances déclaratives et procédurales au terme d'un court cursus.

4. Méthodologie

Cette étude consiste à analyser les productions écrites des élèves de troisième année du secondaire collégial marocain dans des activités de résolution de problèmes d'électricité. L'analyse des reproductions des élèves se fait en divisant chaque question d'un problème en tâches (items) susceptibles d'être réalisées par les élèves; puis en effectuant un dénombrement de réponses obtenues en termes de tâches réussites, échouées et non traitées. D'autre part, nous avons effectué une classification des tâches selon que leur réponse nécessite la mobilisation des connaissances déclaratives,

procédurales ou les deux à la fois. La méthodologie adoptée ici consiste à définir la population cible, les méthodes d'investigation et les instruments de collecte de données.

4.1 Population cible

Cette étude a été réalisée au cours de l'année scolaire 2014-2015 sur 162 élèves (15-16 ans) appartenant à six classes des sciences de troisième année de secondaire collégial de deux collèges du Al Khawarizmi et Ibn Batouta Temara qui se situent dans la ville de Temara (Maroc). Chaque classe bénéficie de deux heures de cours hebdomadaires en matière de physique-chimie. Les élèves travaillent en journée continue de 8 heures à 17 heures avec une pause de deux heures, de 12 heures à 14 heures.

Le choix de la population cible tient compte de l'importance des activités de résolution de problèmes, pour les élèves de troisième année de secondaire collégial, dans le cadre des évaluations continues et des examens régionaux qui permettent à ces élèves de passer au cycle secondaire qualifiant.

4.2 Méthode d'investigation et instruments

Nous avons procédé à l'analyse des productions écrites des élèves (en termes de tâches) soumis à des activités de résolution des problèmes de physique. L'analyse de tâches réalisées par les élèves a été faite par des grilles servant d'analyse de contenus (tableaux 1, 2, 3); ces grilles ont été construites et adoptées d'une part conformément aux questions posées dans les problèmes 1, 2, 3 soumis aux élèves et d'autre part en considérant l'approche constructiviste et du traitement de l'information. Ces grilles permettent d'examiner les blocages et les erreurs des élèves au cours de la résolution de problèmes de physique (Electricité) afin de proposer certaines remédiations.

Les trois problèmes (1) traitant de la loi d'Ohm, (2) la puissance électrique et (3) l'énergie électrique ont été soumis aux élèves de trois classes du collège Al Khawarizmi et trois autres classes du collège Ibn Batouta. Ces problèmes (Annexe) font partie intégrante du programme de l'électricité en troisième année du secondaire collégial marocain ; ils permettent d'étudier l'acquisition de connaissances par les élèves, et déceler certaines difficultés auxquelles sont confrontés les élèves lors des activités de la résolution de problèmes. Ce qui nous permettrait de leur apporter certains appuis nécessaires à développer leurs habilités de résolution de problèmes fermés.

5. Résultats

Nous avons décomposé les productions des élèves selon des unités simples, ie tâches (T1, T2...), à effectuer par les élèves dans le processus de la résolution de problèmes. Puis, nous avons identifié ces tâches selon que leur réussite nécessite une connaissance déclarative, procédurale ou les deux à la fois. Les résultats de l'analyse des tâches réalisées ou non par les élèves sont donnés dans le tableau 1 pour le problème 1 (loi d'Ohm), le tableau 2 pour le problème 2 (puissance électrique) et le tableau 3 consacré au problème 3 (l'énergie électrique).

6. Analyse et discussion

L'analyse adopté ici consiste tout d'abord à dénombrer à partir des productions écrites des élèves en activité de résolution de problèmes les tâches réussies, échouées et non traitées; puis à analyser ces tâches selon que leur réponse ferait intervenir une connaissance déclarative, procédurale ou les deux à la fois.

Tableau 1: Résultats relatifs au problème 1: Etude de la loi d'Ohm
(avec CD: Connaissance déclarative, CP: Connaissance procédurale)

Q	Les tâches (Ti) à faire	CD	CP	Réussite	Echec	Non traités
1	T1: Savoir la caractéristique $U = f(I)$ d'un dipôle ohmique.	*	*	140	8	14
	T2: Convertir les valeurs de l'intensité électrique du courant en Ampère.	*	*	136	22	4
	T3: Déterminer l'intensité du courant électrique traversant le dipôle sachant la tension à ses bornes		*	162	0	0
2	T4: déterminer la tension aux bornes du dipôle connaissant l'intensité du courant électrique		*	162	0	0
3	T5: Donner la formule de la loi d'Ohm	*		132	20	10
	T6: Dédire l'expression de la résistance électrique de la loi d'Ohm		*	120	32	10

Ali Ouasri
ANALYSE DES CONNAISSANCES DES ÉLÈVES DE TROISIÈME ANNÉE DU
COLLÈGE MAROCAIN EN ACTIVITÉS DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES DE L'ÉLECTRICITÉ
(LOI D'OHM, PUISSANCE ÉLECTRIQUE, ENERGIE ÉLECTRIQUE)

Tableau 2: Résultats relatifs au problème 2: Etude de la puissance électrique
(avec CD: Connaissance déclarative, CP: Connaissance procédurale)

Q	Les tâches (Ti) à faire	CD	CP	Réussite	Echec	Non traités
1	T1: Quel est le type de branchement des 2 appareils: en série ou en parallèle?	*	*	72	38	52
2.1	T2 : Donner la relation qui relie P, I et U.	*		154	4	4
	T3 : Déduire I en fonction de P et U.		*	142	16	4
	T4 : Convertir les unités de l'exercice en système international	*	*	136	20	6
	T5: Calculer l'intensité qui traverse la machine à laver quant elle fonctionne.		*	142	16	4
2.2	T6 : Donner la relation de la résistance en fonction de I et P.	*		106	50	6
	T7: Calculer la résistance de la machine à laver?		*	106	50	6
3	T8: Comparer l'intensité du courant qui circule dans les 2 appareils.		*	60	42	60
	T9: Les 2 appareils fonctionnent –elles à la fois dans cette sortie sans risque ?	*	*	40	52	70
4	T10: Que signifie les indices suivantes de la lampe: (220V – 0.45A)?	*		100	26	36
	T11: Calculer la puissance électrique de la lampe.		*	72	86	4

Tableau 3: Résultats relatifs au problème 3: Etude de l'énergie électrique

Q	Les tâches (Ti) à faire	CD	CP	Réussite	Echec	Non traités
1	T1: Donner la signification des indices: 220V, 3A, 660 W ?	*		84	70	8
	T2: Donner la relation exprimant la puissance P d'un appareil électrique.	*		126	36	0
	T3: Déduire la résistance R en fonction de la puissance P et l'intensité du courant I.		*	126	36	0
	T4: Calculer la résistance R		*	126	36	0
2	T5: Donner la relation qui relie la tension électrique U avec la résistance électrique R.	*		156	4	2
	T6: Donner la relation entre la tension U et la puissance P.	*		152	8	2
	T7: Déduire I en fonction de P et R.		*	133	27	2
	T8: Calculer l'intensité du courant I		*	131	29	2
3.1	T9: Donner la relation entre la puissance P et l'énergie E.	*		148	12	2
	T10: Convertir le temps de fonctionnement en heures.	*	*	100	44	18
	T11: Calculer l'énergie E consommée en Wh (watt-heure).		*	90	52	20
3.2	T12: Donner la relation de E en fonction de P et t.	*		142	20	0

Ali Ouasri
ANALYSE DES CONNAISSANCES DES ÉLÈVES DE TROISIÈME ANNÉE DU
COLLÈGE MAROCAIN EN ACTIVITÉS DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES DE L'ÉLECTRICITÉ
(LOI D'OHM, PUISSANCE ÉLECTRIQUE, ENERGIE ÉLECTRIQUE)

	T13 : Convertir le temps de fonctionnement en secondes.	*	*	98	40	24
	T14 : Calculer l'énergie consommée en j (joule).		*	86	58	18
4	T15 : Donner la relation de E en fonction de C et n.	*		128	26	8
	T16 : Déduire C à partie de la relation précédente.		*	128	26	8
	T17 : Convertir l'énergie consommée en Wh (Watt-heure).	*	*	100	44	18
	T18 : Calculer l'énergie totale E_t consommée en Wh.		*	120	20	22
	T19 : Déterminer le nombre de tours du compteur électrique lors de fonctionnement de 2 appareils à la fois (avec : $C=2\text{Wh/tr}$)		*	118	32	12
5	T20 : Donner la relation de I en fonction de P et U.	*		126	32	4
	T21 : Calculer l'intensité I qui traverse le four électrique.		*	126	132	4
	T22 : Calculer l'intensité du courant électrique I_t qui traverse un montage électrique.		*	44	60	58
	T23 : Le courant est-il interrompu dans la maison? justifier votre réponse ($I_{\max}=15\text{A}$).		*	40	62	60

6.1 Analyse en termes de tâches

Pour mieux analyser les tâches réalisées, nous avons transformé les tableaux 1, 2 et 3 en graphes (Figures 1, 2 et 3) à l'aide du logiciel Excel, et représenté ces tâches selon trois indicateurs (réussite, échec et non traités) en terme du pourcentage.

A. Problème 1: Etude de la Loi d'Ohm

La représentation en pourcentage (%) des élèves qui ont réussi, échoué et n'ont pas traité les tâches lors de la résolution de problème 1 portant sur l'étude de la loi d'Ohm est donné dans la figure 1.

La première question (1) de ce problème correspond aux tâches T1, T2 et T3 qui ont été réussies avec un score important, soit 86% pour la première tâche (140 élèves sur 162), 84% pour la deuxième tâche (136 élèves sur 162) et 100 % pour la troisième tâche (162 élèves). La deuxième question correspond à la tâche (T4) qui a été réalisée par tous les élèves (100 %). Ces tâches sont considérées comme étant simples et font l'objet des applications habituelles pour les élèves. On constate que la majorité des élèves ne trouvent pas de difficultés pour déterminer la valeur de l'intensité ou de la tension à partir de la courbe caractéristique d'un dipôle. La réussite des tâches T1 et T2 nécessite des élèves la mobilisation à la fois de leurs connaissances déclaratives et procédurales, alors que les tâches T3 et T4 réussies à 100 % ne nécessitent des élèves que leurs connaissances procédurales. Cela signifie que tous les élèves ont pu mobiliser des connaissances procédurales relatives à l'exploitation des courbes que l'on considère comme une compétence transversale.

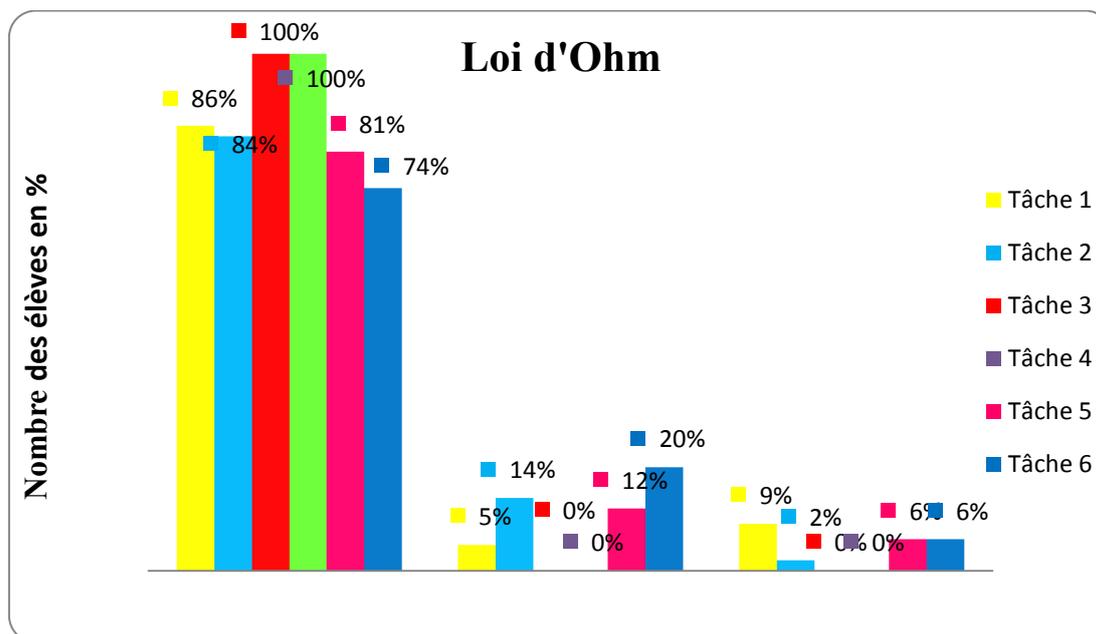


Figure 1: Représentation en (%) des tâches réussies, échouées et non traitées pour l'étude de la loi d'Ohm (problème 1).

La dernière question comprend les tâches T5 et T6 dont la réalisation nécessite des élèves la mobilisation des connaissances déclaratives et procédurales, respectivement. La tâche T5 concernant la formule de la loi d'Ohm a été réussie avec un pourcentage important (81 %, soit 132 élèves) alors que la tâche T6 visant le calcul de la puissance électrique de la lampe est réalisée avec un pourcentage moins important (74 %, 120 élèves). Les élèves qui n'ont pas pu répondre correctement à ces tâches sont au nombre de 30 pour la tâche T5 et 42 pour la tâche T6; si un élève ne maîtrise par la relation de la loi d'Ohm, il ne pourrait jamais réussir les tâches utilisant cette relation. La dernière tâche réalisée par le plus faible score renvoie à l'étape dite autonome au cours de laquelle, l'habileté des élèves ne semble être automatisée et rapide, c'est une étape de réglage et d'affinement des productions que peu d'élèves puisse y arriver.

B. Problème 2: Etude de la puissance électrique

La représentation en pourcentage (%) des élèves qui ont réussi, échoué et n'ont pas traité les tâches lors de la résolution du problème 2 relatif à l'étude de la puissance électrique est donnée dans la figure 2.

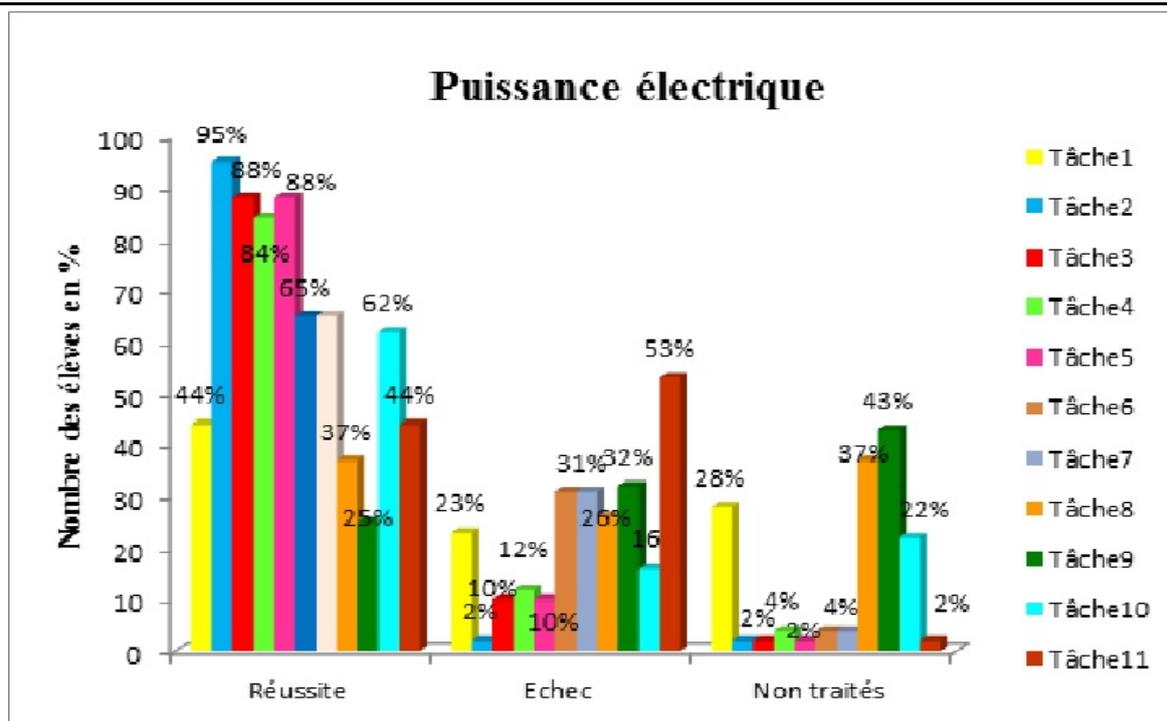


Figure 2: Représentation en (%) des tâches réussies, échouées et non traitées pour l'étude de la puissance électrique (problème 2)

La première question 1 du problème 2 correspond à une seule tâche T1 dont la réussite de cette tâche nécessite des élèves des connaissances déclarative et procédurale. Même si cette tâche semble être facile, moins que la moitié des élèves (44 %, soit 72 élèves sur 162) a pu la réussir avec succès; cela peut être dû soit au manque de pré requis portant sur les circuits en parallèle et en série qui faisait l'objet du programme de la deuxième année du secondaire collégial, soit au problème de lecture des consignes sachant que la réussite des élèves dépend étroitement de la manière dont ils prennent en compte ou non les consignes d'un problème.

Les tâches T2, T3, T4 et T5 relevant de la question 2.1 ont été réussies avec des pourcentages (95 %), (88 %), (84 %) et (88 %), respectivement. La réalisation de la tâche T2 demande des élèves seulement une connaissance déclarative sur la relation entre la puissance P , le courant I et la tension U . Alors que la réalisation des tâches T3, T4 et T5 demande des élèves l'appropriation et la mobilisation de certaines connaissances procédurales sur :

- la déduction de I en fonction de P et U à partir de la relation déclarée dans la tâche 2.
- l'utilisation et la conversion des unités en système international.
- le calcul de l'intensité qui traverse la machine à laver quand elle fonctionne.

On constate qu'un nombre élevé d'apprenants (84-95%) a réussi ces tâches considérées comme des applications habituelles ne demandant pas assez de réflexion et de stratégie.

La question 2.2 correspond aux tâches T6 et T7 qui ont été réalisées avec un score 65%. Ces tâches portent sur l'expression de la résistance R en fonction de l'intensité I et la puissance P ainsi que sur le calcul de celle-ci, et nécessitent des élèves la mobilisation de certaines connaissances déclarative et procédurale. Le pourcentage de réussite de ces deux tâches est relativement diminué; ce qui n'est pas attendue de notre part, puisque ces tâches semblent être simples. Nous pouvons expliquer cela par un manque d'investissement, de motivation ou la lassitude chez une bonne partie d'élèves.

La question 3 contient deux tâches (T8 et T9) qui ont été réussies avec des scores faibles, 37 % et 25 %. La tâche T8 visant la comparaison de l'intensité du courant qui circule dans les deux appareils nécessite des connaissances procédurales. Alors que la tâche T9 consistant à ce que les deux appareils fonctionnent à la fois sans risque, est une tâche qui nécessite à la fois la mobilisation des connaissances déclarative et procédurale. Le pourcentage de réussite de ces deux tâches est remarquablement diminué. La dernière question correspond à deux tâches: T10 réalisée avec un score relativement important 62 % et T11 faiblement réalisée avec 25 %. La tâche T10 portant sur la signification des indices de la lampe: (220V – 0.45A) évoque seulement des connaissances déclaratives, ce qui explique le score important de sa réalisation. La tâche T11 qui vise à calculer la puissance électrique de la lampe nécessite à la fois des connaissances déclarative et procédurale; ce qui explique pourquoi le score de réalisation est faible. On constate que 53% d'élèves ont essayé de réaliser cette tâche, mais sans succès; l'échec des élèves à ce niveau peut être expliqué par des problèmes qu'ils rencontrent dans le calcul, y compris l'utilisation des unités dans le système international. Généralement, la réalisation des tâches T8, T9, T10 et T11 implique l'appropriation de certaines compétences comme celles de comparaison, d'analyse, de déduction et de calcul, ie l'appropriation des stratégies et de réflexions logiques lors de la résolution de problèmes.

C. Problème 3: Etude de l'énergie électrique

La représentation en pourcentage (%) des élèves qui ont réussi, échoué et n'ont pas traité les tâches lors de la résolution du problème 3 relatif à l'étude de l'énergie électrique est donnée dans la figure 3.

La question (1) de ce problème renvoie à quatre tâches T1, T2, T3 et T4 dont les deux premières correspondent aux connaissances déclaratives et les deux dernières aux connaissances procédurales. A l'exception de la tâche T1 qui a été réussie avec un score relativement faible 52 %, les autres tâches (T2, T3 et T4) ont été réussies avec un score important de 78 %. Nous constatons donc toujours la même remarque pour les tâches simples caractérisées par un pourcentage de réussite important comme dans le cas des deux premiers exercices.

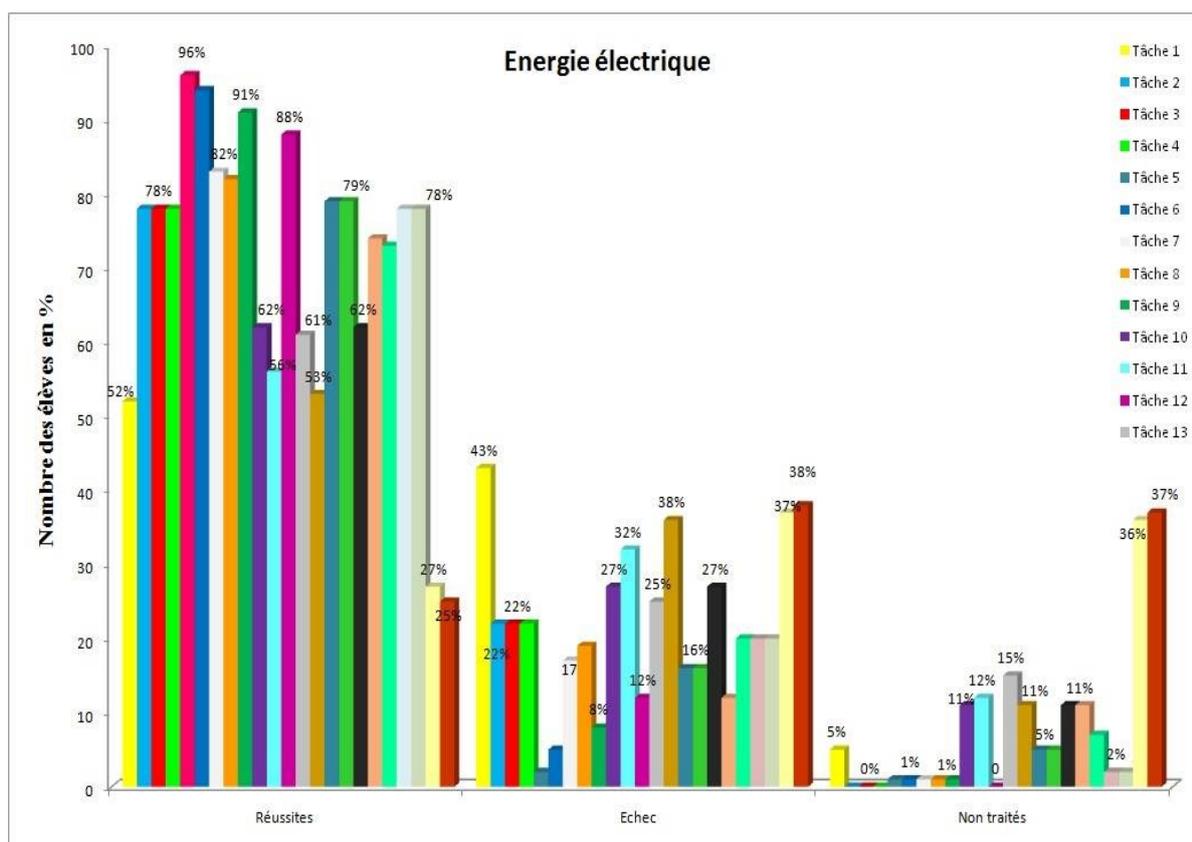


Figure 3: Représentation en (%) des tâches réussies, échouées et non traitées pour l'étude de l'énergie électrique (problème 3)

La question (2) est subdivisée en quatre tâches dont (T5, T6) correspondant aux connaissances déclaratives, et (T7, T8) relatives aux connaissances procédurales. Dans les tâches T5 et T6, les élèves sont priés à donner la relation qui lie la tension électrique avec d'une part la résistance électrique et d'autre part la puissance électrique ; ces tâches ont été réalisées avec des pourcentages importants, soit 96 % pour T5 et 94 % pour T6. Pour les tâches T7 et T8 portant sur le calcul numérique, nous constatons une légère diminution en pourcentages de réalisation (80-82%); ce qui implique qu'environ 30 élèves commettent ont des difficultés dans l'application numérique qui empêche leur aboutissement aux réponses exactes.

La troisième question contient deux sous questions 3.1 et 3.2 qui renvoient respectivement aux tâches (T9, T10, T11) et (T12, T13, T14). Les tâches T9 et T12 correspondant aux connaissances déclaratives (la relation entre la puissance et l'énergie électrique, et l'expression de celle-ci en fonction de la puissance p et le temps t) ont été réussies avec des pourcentages importants, mais aussi comparables, soit 91 % pour T9 et 88 % pour T12. Il semble que la majorité des élèves ait l'habitude de réaliser avec succès ce type de tâches qui ne nécessitent qu'une bonne mémorisation des connaissances. Les deux tâches T10 et T13 portant sur la conversion du temps en heures et en secondes nécessitent à la fois des connaissances déclaratives et procédurales ; les pourcentages de réalisation de ces tâches diminuent et passent à 62 % pour T10 et 61 % pour T13. Les tâches T11 et T14 font intervenir le calcul de l'énergie E consommée en Wh (watt-heure) et en j (joule) et nécessitent des connaissances procédurales ; les taux de réalisation de ces deux tâches continuent de diminuer en passant à 65 % pour T11 et 53 % pour T14. Comme dans les cas précédent, on trouve une diminution des tâches réussites quand il s'agit de la conversion de l'unité du temps et du calcul numérique ; ce qui peut être justifié par un manque de pré-requis qui devait être acquise et maîtrisé dans les années précédentes.

La question 4 fait intervenir cinq tâches (T15- T19) dont la réussite nécessite des connaissances procédurales, excepté la tâche T15 qui demande une connaissance déclarative sur la relation entre l'énergie E , la constante du compteur C et le nombre de tours n . Cette tâche comme T16 visant le calcul de C et r ont été réalisées avec un score relativement important qui est de 79 %. Le pourcentage de la réussite de la tâche T17 qui vise la conversion de l'énergie consommée par la cheminée en Wh (Watt-heure) est le plus bas de cette question, soit de 62 %. Les tâches T18 et T19 portant respectivement sur le calcul de l'énergie totale E_t consommée en Wh et la détermination du nombre de tours de compteur électrique retrouvent des pourcentages de réussite relativement importantes et comparables, soit respectivement 74 % et 73%. A ce niveau-là, nous pouvons dire que les apprenants ont pu suivre la résolution de ce problème avec succès.

La dernière question regroupe quatre tâches (T20, T21, T22, T23) dont la réussite nécessite toujours des connaissances procédurales, sauf la tâche T20 qui demande une connaissance déclarative sur la relation qui lie l'intensité du courant I avec P et U , et qui a été réalisé avec un pourcentage relativement important 78 % comme dans le cas de tâche T21 qui vise le calcul de l'intensité qui traverse le four électrique. Les deux dernières tâches T22 et T23 visant le calcul de l'intensité du courant électrique I_t qui traverse l'installation domestique et la possibilité de l'interruption de ce courant ont été réussies avec des pourcentages très faibles, soit respectivement 27 % et 25 %. Le nombre

élevé des élèves qui n'ont pas traité ces deux tâches témoigne des difficultés que rencontrent la plupart des élèves pour pouvoir résoudre des problèmes d'électricité en rapport avec la vie quotidienne ; ce qui peut être due au manque d'investissement, à la lassitude mais aussi à la non appropriation des schémas (représentations mentales abstraites) chez les élèves. Les apprenants se trouvent devant de nouvelles situations dont ils devaient utiliser leurs ressources et adaptaient des stratégies logiques pour pouvoir réussir à résoudre le problème. Dans ce cas, une minorité d'apprenants a pu réussir les deux dernières tâches ; ce qui témoigne d'un manque de stratégies et de réflexion chez la plus part des élèves dans ce type situations.

6.2 Analyse en termes de connaissances déclaratives et procédurales

La réussite d'une tâche par les élèves en activités de résolution de problèmes dépend de la capacité à mobiliser leurs connaissances. Dans cette partie, nous analysons la réussite des tâches en rapport avec les connaissances déclaratives et procédurales mobilisées de la part des élèves. Les tableaux 1, 2 et 3 représentent le dénombrement des tâches en termes de connaissances déclaratives et procédurales que nous avons effectué pour les problèmes 1, 2 et 3. Le tableau 4 illustre le taux de réussite des tâches déclaratives, procédurales et déclaratives/procédurales des trois problèmes 1, 2 et 3.

Les trois problèmes 1, 2 et 3 regroupent 40 tâches dont 28 tâches font intervenir des connaissances procédurales, 20 tâches nécessitent seulement la mobilisation des connaissances déclaratives, et 8 tâches demandent pour qu'elles soient réussies les deux types de connaissances.

Tableau 4: Pourcentage de réussite des tâches déclaratives, procédurales et déclaratives/procédurales des trois problèmes 1, 2 et 3

	Nombre de tâches réussies	Nombre total des tâches	Pourcentage de réussite (%)
Tâches déclaratives	18	20	90
Tâches procédurales	22	28	78.6
Tâches déclaratives et procédurales	5	8	62.5

Si l'on considère qu'une tâche n'est réussie que lorsque le nombre d'élèves qui ils l'ont réalisée dépasse la moitié des élèves (41 élèves), cela veut dire que 45 tâches soient réalisées, avec 18 déclaratives, 22 procédurales et 5 à la fois déclaratives et procédurales. Avec cette considération, on constate que les élèves ont pu réaliser un score de réussite

de 18/20 (soit 90 %) pour les tâches déclaratives, de 22/28 (78.6 %) pour les tâches procédurales, et de 5/8 (62.5 %) pour les tâches faisant intervenir aussi bien les connaissances déclaratives et procédurales. La représentation de ces résultats est donnée dans la figure 4.

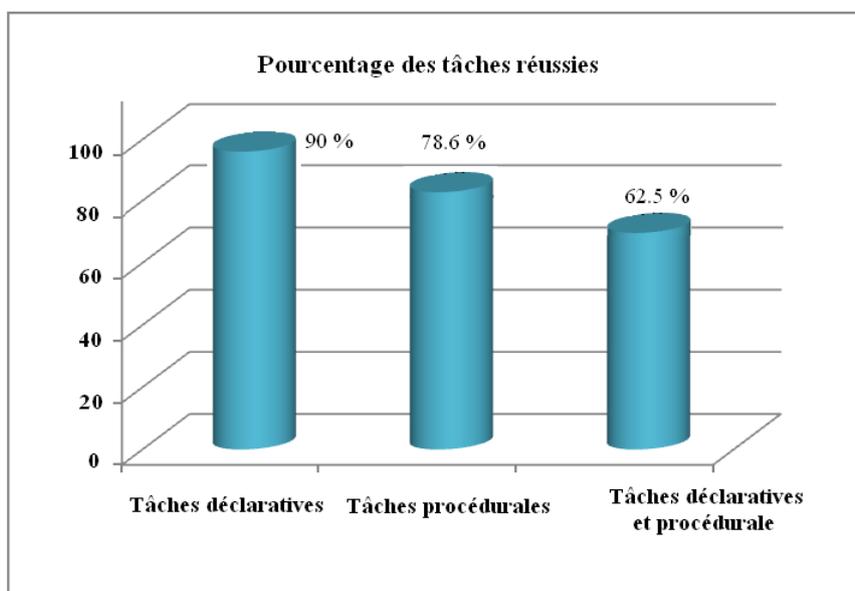


Figure 4: Représentation des pourcentages de réussite des tâches déclaratives et tâches procédurales

Le pourcentage des tâches réussies montre que les élèves mobilisent davantage les connaissances déclaratives (90%) que les connaissances procédurales (78.6%) lors des activités de résolution de problèmes d'électricité, ce qui est déjà prévu. Cela signifie que la majorité des élèves peuvent déclarer les connaissances mémorisées une fois cela leur a été demandé, même si ceux-ci ne se représentent pas parfois correctement des concepts de l'électricité qui leurs sont nouveaux. Nous pouvons dire qu'une bonne partie d'élèves a pu montrer des attitudes de raisonnement leur permettant de construire des stratégies de résolutions de problèmes. Quant il s'agit de la mobilisation à la fois des connaissances déclaratives et procédurales, on constate que le taux de réussite de tâches diminue pour atteindre 62.5 % ; ce qui témoigne de certaines difficultés que rencontrent les élèves à réussir ce type de tâches en électricité. Selon l'approche "Instructional design" approach (Pass and van Merriënboer, 1993; Salden, Paas and van Merriënboer, 2006; Pass, Renkl and Sweller, 2003; de Croock and van Merriënboer, 2007), l'incapacité à articuler les connaissances déclaratives et procédurales peut être expliqué par un manque de représentations mentales abstraites qui empêche les élèves de construire des schémas de résolution de problèmes.

6.3 Discussion

L'analyse développée dans cette étude montre que la plupart des élèves de troisième année de secondaire collégial auxquels nous avons soumis les trois problèmes d'électricité ont réussis davantage les tâches nécessitant la mobilisation des connaissances déclaratives relatives à la loi d'Ohm, la puissance électrique et l'énergie électrique. Quand on passe aux tâches relativement complexes qui nécessitent l'utilisation des connaissances procédurales (compétences transversales), le nombre d'élèves ayant pu réussie ces tâches commence à diminuer.

Notre objectif était d'analyser l'impact de l'organisation des tâches sur l'élaboration des connaissances chez les élèves novices; pour cela nous avons opté pour des problèmes fermés, mais contenant parfois des tâches ouvertes (complexes) à la fin. Le fait que le nombre d'élèves qui ont pu réussir les tâches (procédurales) diminue par rapport à ceux qui ont réalisé les tâche déclaratives, cela est en harmonie avec l'approche observant la prévalence d'une hiérarchisation des problèmes du simple vers le complexe (Gagné, 1962; Gagné, 1968; Frederiksen et White, 1989).

Les résultats du tableau 4 à propos du pourcentage de réussite des tâches procédurales (78.6 %) signifient qu'une bonne partie d'élèves est amenée à acquérir des connaissances à un niveau hiérarchique important et a pu atteindre le niveau de la tâche finale (complexe). La réussite des problèmes contenant des tâches finales complexes n'aurait pas donc été faite sans étayage de ces problèmes en tâches allant du simple vers le complexe. Il semble que le 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 a donné des résultats positifs. Les apprenants soumis à ce type d'instruction organisé réussissent davantage les tâches supposées complexes.

D'autre part, nous avons pu dégager plusieurs indications qui témoignent des blocages, erreurs et certaines difficultés chez ces élèves. En effet, certains élèves n'abordent pas toute une partie du devoir en contrôle, cela peut être expliqué par un manque de motivations, d'investissement et la lassitude. D'autres élèves ne s'accrochent pas et abandonnent très vite la résolution des exercices qui leurs ont été soumis, ce qui peut être expliqué par:

- La non-compréhension de certains mots-clés (problème de concepts), problème sémantique, linguistique, manque de pré requis, etc.
- Manque de stratégies et de réflexes logiques
- Manque de représentations mentales abstraites ou l'incapacité à élaborer des schémas permettant d'aboutir à la résolution de problèmes proposés.

- Plusieurs élèves ne sont pas autonomes dans la résolution de problèmes et réclament constamment la présence et l'approbation du professeur.

7. Conclusions

Cette étude vise l'analyse des difficultés des élèves marocains de deuxième année du collège lors des activités de résolution de problèmes d'électricité. Sur le plan méthodologique, ces recherches se sont appuyées sur l'observation des apprenants « novices » en situation de résolution de problèmes et/ou l'analyse de leurs productions. L'analyse des difficultés des élèves est effectuée en termes de connaissances, déclaratives et procédurales, mobilisées de la part des élèves pour réussir des tâches relevant des problèmes de l'électricité. L'étude de l'impact de l'organisation des tâches sur l'élaboration des connaissances chez les élèves novices semble être en harmonie avec l'approche observant la prévalence d'une hiérarchisation des problèmes du simple vers le complexe.

Références

1. Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
2. Anderson, J. R. (1985). *Cognitive Psychology and its applications, 2nd edition*. San Francisco: W. H. Freeman.
3. Anderson, J. R. (1995). *Learning and memory: An integrated approach*. New York: John Wiley & Sons.
4. 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, 47-61.
5. 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.
6. Caillot, M.; Dumas-Carré, A. & Goffard, M. (1988). *PROPHY: Une méthode pour résoudre des problèmes de physique*. LIREST. Paris: Université de Paris VII.

7. Carlson, R., & Yaure, R.G. (1990). Practice schedules and use of component skills in problem solving. *Journal of experimental psychology: Learning, memory and cognition*, 16(3), 484-496.
8. Chi, M. T. H, Feltovitch P. J. & Glaser R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*. 5, 121-152.
9. Crahay, M. & Lafontaine, D. (1986). *L'art et la science de l'enseignement* : Bruxelles: Labor.
10. De Croock, M. & van Merriënboer, J. (2007). Paradoxical effects of information presentation formats and contextual interference on transfer of a complex cognitive skill. *Computer in human behaviour*, 23, 1740-1761.
11. Dumas-Carré, A. & Goffard, M. (1997). *Rénover les activités de résolution de problème en physique. Concept et démarches*. Paris: Armand Collin.
12. Frederiksen, J., & White, B. (1989). An approach to training based upon principled task decomposition. *Acta psychological*, 71, 89-146.
13. Gagné, R. (1962). The acquisition of Knowledge. *Psychological review*, 69(4), 355-365.
14. Gagné, R. (1968). Learning hierarchies. *Educational Psychologist*, 6, 1-9.
15. Gagné, E. D. (1985). *The cognitive psychology of school learning*. Boston, Toronto: Little Brown Company.
16. Giordan, A. (1998). *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Belin.
17. Glauert, E. B. (2009). How young children understand electric circuits: Prediction, explanation and exploration. *International Journal of Science Education*, 31, 1025-1047.
18. Glover, J. A., Ronning, R. R., & Brunning, R. H. (1990). *Cognitive psychology for teachers*. New York: Macmillian Publishing Company.
19. Goffard, M. (1994). *Le problème de physique et sa pédagogie*. Paris: ADAPT.
20. Goffard, M. & Goffard, S. (2003). Interactions entre élèves et résolution de problèmes. *Aster*. 37, 165-187.
21. Greeno, J. G. (1978). A study of problem solving. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (Vol. 1). Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
22. 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.

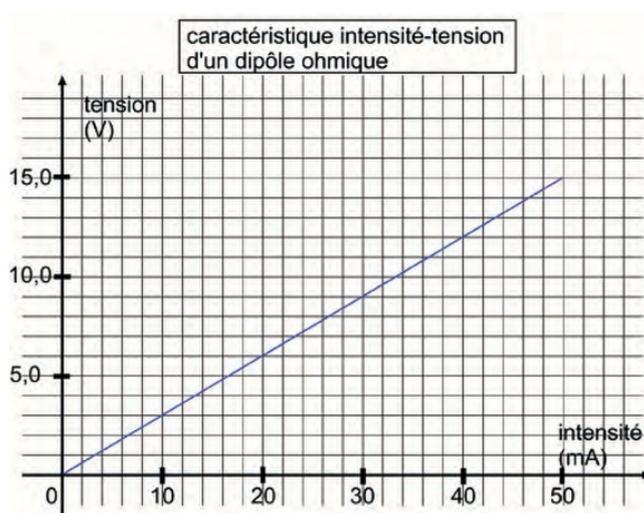
23. Jaakkola, T., Nurmi, S., & Veermans, K. (2011). A comparison of students' conceptual understanding of electric circuits in simulation only and simulation-laboratory contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 71-93.
24. Malafouse, D., Lerouge, A. & Dusseau, J-M. (2001). Etude en inter-didactique 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.
25. Mazouze, B. (2011). Raisonnements et difficultés des élèves en résolution de problèmes de physique: cas des interférences mécaniques. *BUPPC*, 931, 221-241.
26. 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.
27. 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), 25-40.
28. Meltzer, D. E. (2005). Relation between students' problem-solving performance and representational format, *American Journal of Physics*, 73(5): 463-478.
29. 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). Hillsdate, NJ: Erlbaum.
30. Newell, A. & Simon, H.A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
31. Ntalakoura, V. & Ravanis, K. (2014). Changing preschool children's representations of light: a scratch based teaching approach. *Journal of Baltic Science Education*, 13(2), 191-200.
32. Orange, C. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, 40, 3-11.
33. Paas, F. & van Merriënboer, J. (1993). The efficiency of instructional conditions. *Human factors*, 35(4), 737-743.
34. Paas, F.; Renkl, A. & Sweller, J. (2003). Cognitive Load theory and instructional design: recent developments. *Educational psychologist*, 38(1) 1-4.
35. Ravanis, K. (2010). Représentations, Modèles Précurseurs, Objectifs-Obstacles et Médiation-Tutelle: concepts-clés pour la construction des connaissances du monde physique à l'âge de 5-7 ans. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 5(2), 1-11.
36. Richard, J-F. (1990). *Les activités mentales*. Paris: Armand Collin.

37. Rief, F. (1983). *Understanding and teaching problem solving in physics*. In G., De la côte, A. Tiberghien (Eds), *Recherche en didactique de la physique* (pp, 15-53). Paris: CNRS.
38. Rozencwajg, P. (1997). Approche des différences individuelles dans la résolution de problèmes concernant des circuits électriques simples. *Didaskalia*, 10, 7-27
39. Salden, R., Paas, F. & Van Merriënboer, J. (2006). A comparison of approach to learning tasks election in the training of complex cognitive skills. *Computer in human behaviour*, 22, 321-333.
40. Sall, C.T. (2002). *L'auto-évaluation du profil d'entrée: une stratégie constructiviste dans la formation professionnelle initiale des enseignants*. In Actes des 2èmes Assises du CIFFERSE: l'enseignement des sciences expérimentales. Dakar, 8-10 Avril 2001.
41. Schmidt, R. A. & Bjork R. A. (1992). New conceptualizations of practice: Common principles in three paradigms suggest new concepts for training. *Psychological science*, 3, 207-217.
42. 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.
43. 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.
44. Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique L'apport de la psychologie cognitive*. Logique.
45. Van Merriënboer, J., Kester, L., & Paas, F. (2006). Teaching complex rather than simple tasks. *Applied cognitive psychology*, 20, 343-352.
46. Wagner, M. C. (1988). *Pratique du micro-enseignement*. De Boeck Université.

Annexe

Problème 1: La figure donnée ci-dessous montre la caractéristique intensité-tension d'un dipôle ohmique. À l'aide de cette figure, répondre aux questions suivantes :

1. Quelle est l'intensité électrique du courant qui traverse le dipôle Ohmique quand la tension à ses bornes est de 6 V?
2. Combien égale-elle la tension aux bornes du dipôle quand l'intensité du courant électrique qui le traverse vaut 0,04 A?
3. Calculer la résistance de ce dipôle?



Problème 2: On relie simultanément les appareils suivants: une machine à laver (220V, 2.2 KW) et une lampe (220V, 0.45A) à une sortie de tension efficace 220V et protégée par un fusible de 15 A.

1. Quel est le type de branchement des 2 appareils: en série ou bien en parallèle?
 - 2.1 Calculer l'intensité qui traverse la machine à laver quand il fonctionne.
 - 2.2 Calculer la résistance de la machine à laver.
3. Est-ce que les 2 appareils peuvent être fonctionnés simultanément au niveau cette sortie sans risques?
4. Calculer la puissance électrique de la lampe.

Problème 3 : Un montage électrique se compose d'un fer à repasser (3A, 660W), un four électrique (220V, 2.5KW), une cheminée électrique de puissance 1000W et d'une résistance de 1000 Ω

1. Calculer la résistance du fer à repasser.
2. Calculer l'intensité qui traverse la cheminée.
 - 3.1. Calculer l'énergie consommée par le fer à repasser en Wh (Watt-Heure).

3.2. Calculer l'énergie consommée par la cheminée en j (joule).

4. Trouver le nombre de tours de compteur électrique lors du fonctionnement des 2 appareils en même temps. On donne la constante du compteur $C=2\text{Wh/tr}$.

5. Si on fait fonctionner à la fois les trois appareils (four, fer à repasser et cheminée). Le courant serait-il interrompu dans la maison? Justifier votre réponse sachant que la valeur maximale de l'intensité du courant $I_{\text{max}}=15\text{A}$.

Ali Ouasri
ANALYSE DES CONNAISSANCES DES ÉLÈVES DE TROISIÈME ANNÉE DU
COLLÈGE MAROCAIN EN ACTIVITÉS DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES DE L'ÉLECTRICITÉ
(LOI D'OHM, PUISSANCE ÉLECTRIQUE, ENERGIE ÉLECTRIQUE)

Creative Commons licensing terms

Author(s) will retain the copyright of their published articles agreeing that a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) terms will be applied to their work. Under the terms of this license, no permission is required from the author(s) or publisher for members of the community to copy, distribute, transmit or adapt the article content, providing a proper, prominent and unambiguous attribution to the authors in a manner that makes clear that the materials are being reproduced under permission of a Creative Commons License. Views, opinions and conclusions expressed in this research article are views, opinions and conclusions of the author(s). Open Access Publishing Group and European Journal of Education Studies shall not be responsible or answerable for any loss, damage or liability caused in relation to/arising out of conflicts of interest, copyright violations and inappropriate or inaccurate use of any kind content related or integrated into the research work. All the published works are meeting the Open Access Publishing requirements and can be freely accessed, shared, modified, distributed and used in educational, commercial and non-commercial purposes under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).