

Base de données hypermédia pour la révision de l'électricité de seconde : caractéristiques et analyse d'utilisation

(Hypermedia database for the revision of basic electricity course for the
tenth grade : specifications and use analysis)

Patrice Venturini* - Louis Viel**

Laboratoire d'Etude des Méthodes Modernes d'Enseignement

Université Paul Sabatier

118 route de Narbonne

31062 Toulouse Cedex

Tél. : (33).05.61.55.68.10

Télécopie : (33).05.61.55.53.19

*E-mail : * p.venturini@crdp-toulouse.fr ; ** lviel@cict.fr*

RESUME. Dans cet article, nous présentons un travail de recherche en didactique des disciplines scientifiques, dont l'objet était de concevoir une base de données hypermédia pour réviser le programme d'électricité de seconde, puis d'analyser, à titre exploratoire, l'usage de ce produit par les élèves. Après avoir décrit le contexte, l'objet et la méthodologie de notre recherche, nous présentons quelques unes des caractéristiques de la base de données que nous avons conçue, relatives au traitement de l'information et puis au traitement des problèmes disciplinaires. Nous fournissons ensuite une partie des résultats obtenus après expérimentation, concernant l'évolution cognitive liée à l'usage de la base, la nature de l'information consultée et le mode d'accès à cette information. Une possible évolution du produit et de nouvelles pistes de recherche concluent cet article.

ABSTRACT. This article presents a research work about science education. The scope of this research was to design a hypermedia database for the revision of a basic electricity course for the tenth grade, then to analyse, as an experiment, the use of this product made by the pupils. After describing the context, the scope and the methodology of the research, the article presents some of the features of the database that was designed, involving data processing and dealing with specific curricular problems. The article then gives some of the results of the experiment, with regard to the cognitive evolution resulting from the use of the database, the nature of the information consulted, and the mode of access to this information. A possible evolution of the product and new lines for further research conclude the article.

MOTS-CLES : Hypermédiâs - Didactique de la physique - Électricité - Nouvelles technologies - Utilisation en autonomie -

KEY WORDS : Hypermedias - Physics education - Basic electricity - New technologies - Autonomous use -

1. Introduction

1.1. Contexte et nature de la recherche menée

De nombreux travaux [BOY 89] ont mis en évidence les difficultés que rencontrent les élèves dans l'apprentissage de la physique, voire le désintérêt que suscite rapidement cette discipline. Parmi les solutions, Weil-Barais [WEI 94] souligne qu'il semble important de " *concevoir des contenus d'enseignement et des activités adaptés aux possibilités des élèves*", que la question décisive notamment pour les " *classes accueillant des élèves aux profils scolaires divers comme la classe de seconde* " est celle de la " *possibilité d'un enseignement différencié qui prenne en compte la diversité des ressources cognitives des élèves*". La classe de seconde est au lycée, celle où, effectivement, les compétences des élèves sont très hétérogènes et où un enseignement de plus en plus individualisé devient nécessaire.

Il nous a donc paru utile d'examiner le type de réponse que pouvait apporter à ces nécessités un produit multimédia, conçu à partir de préoccupations didactiques, Weil-Barais faisant remarquer dans le même article " *une sous-utilisation par les enseignants des outils didactiques et parfois même une non-utilisation*". Nous avons donc construit un environnement d'apprentissage dans cette perspective, constitué par une base de données hypermédia. Nous avons ensuite évalué les usages dont il a été l'objet ainsi que les évolutions cognitives qui en ont résulté, selon une méthodologie que nous allons maintenant décrire.

1.2. Méthodologie utilisée

En se fondant sur les travaux de recherche relatifs à la didactique de l'électrocinétique, à la conception et à l'utilisation de bases de données hypermédiées à vocation pédagogique, nous avons conçu une première maquette de la base, couvrant la moitié du programme d'électricité de seconde, avant de l'expérimenter en situation.

1.2.1. Méthodologie de conception

Nous avons d'abord défini les caractéristiques générales du produit (objectif, contexte d'utilisation, tâches de l'élève, spécificités...), puis le scénario au niveau " global "

- en précisant " l'unité d'information ", entité sémantique qui va constituer le niveau de base pour l'explicitation des contenus, et en définissant le thème disciplinaire véhiculé par chacune de ces unités d'information ;
- en organisant ces unités en fonction du type d'information véhiculée, de la tâche à effectuer et de la logique disciplinaire, puis en établissant des liens entre elles pour définir ainsi la structuration du produit (modalités d'accès aux diverses unités d'information).

Nous avons ensuite explicité le scénario au niveau " local " en définissant au sein de chaque unité d'information les différents médias constitutifs de l'information (en tenant compte de contraintes disciplinaires, techniques, financières...), leur enchaînement et le mode d'activation de cet enchaînement.

Nous avons conçu un “ design ”, compatible avec les scénarios globaux et locaux, la matière et le public concernés par le produit, la nature et la forme des différents médias (données), l’environnement informatique ciblé, les pratiques sociales liées à l’usage des produits de ce type.

Après avoir effectué le choix des logiciels (développement informatique, enregistrement et traitement du son, acquisition réalisation et traitement des images, réalisation d’animations, numérisation et montage de séquences vidéos...) nous avons constitué et assemblé les données relatives à quelques unités d’information que nous avons organisées au sein des structures définies, tout en respectant le design proposé. Nous avons évalué la pertinence de cet ensemble et sa conformité aux objectifs de départ, puis poursuivi le développement de la maquette.

1.2.2. Méthodologie d’expérimentation

Nous avons réalisé à l’aide cette maquette destinée à la REVISION de l’Électricité de Seconde, baptisée REV.E.S., une pré-expérimentation avec une classe de seconde dont les objectifs étaient de :

- cerner les difficultés disciplinaires des élèves, à la fois pour évaluer l’adéquation des situations proposées dans REV.E.S. à leurs besoins, et pour définir les contours de l’expérimentation à mener ;
- évaluer l’ergonomie du produit et son architecture, en analysant les parcours effectués et le comportement des élèves.

A la lumière des résultats obtenus, nous avons réalisé le développement complet de REV.E.S. dont nous avons testé l’usage avec deux classes de seconde en explorant :

- les aspects cognitifs, en particulier l’évolution des connaissances après utilisation de REV.E.S., la relation entre cette évolution des connaissances et les informations parcourues dans REV.E.S., entre cette évolution et le niveau des élèves ;
- la nature de l’information consultée, notamment l’adéquation entre le profil cognitif de l’élève et la consultation effectuée, la relation entre le niveau des élèves et la consultation effectuée, les préférences qu’ils ont manifestées dans les thèmes et les types d’informations consultés ;
- le mode d’accès à l’information, en particulier les démarches de consultation, les modalités de prise en main du produit, la relation entre le niveau des élèves et les modes d’accès privilégiés, la relation entre les modes d’accès à l’information et l’évolution des connaissances.

Pour évaluer l’évolution cognitive des élèves, nous avons utilisé une démarche d’ingénierie didactique. A la fin de chaque chapitre du cours d’électricité réalisé par les enseignants, nous avons proposé aux élèves un questionnaire “ papier ” destiné à apprécier leurs connaissances lorsque celles-ci étaient en “ phase d’activation ”. A la fin de l’enseignement d’électricité, les élèves ont utilisé REV.E.S. pendant deux séances de travaux pratiques soit entre 3 et 5 heures. Ils ont ensuite été immédiatement soumis, en phase de “ réactivation ” des connaissances, à un nouveau questionnaire. Les situations

proposées à la réflexion des élèves dans ces deux questionnaires étaient quasiment similaires afin de permettre une comparaison des résultats obtenus.

Les parcours des élèves dans la base, les temps de travail et les réponses qu'ils ont apportées aux tests inclus dans le produit ont été enregistrés par la machine pour nous permettre d'analyser la nature de l'information consultée et les modes d'accès utilisés.

Nous allons tout d'abord décrire les aspects les plus significatifs de la base de données que nous avons réalisée, avant de préciser, dans un deuxième temps certains des résultats de notre expérimentation.

2. Traitement de l'information constituant la base de données

Après avoir présenté les caractéristiques générales de la base de données, nous décrirons la manière dont est structurée l'information, d'abord au niveau global sur l'ensemble de la base, puis au niveau local, sur une " page-écran ". Nous préciserons ensuite la nature des indices de contextualisation permettant à l'élève de se repérer, et enfin, les aides dont il dispose pour contrôler son activité.

2.1. Caractéristiques générales de la base

L'environnement d'apprentissage que nous avons conçu est constitué par une base de données hypermédia au sein de laquelle chaque apprenant peut déterminer son parcours grâce aux hyperliens établis entre les connaissances. Compte-tenu du caractère expérimental de l'enseignement de la physique, nous avons préféré destiner cette base de données à la révision des connaissances déjà vues en cours, au renforcement et à la structuration des acquis plutôt qu'à l'introduction de nouvelles notions. Le produit réalisé complète les cours, travaux pratiques et exercices proposés par l'enseignant. Il tire partie de cet ensemble pour le dépasser, notamment en présentant des situations susceptibles de transformer les conceptions des élèves [GIO 90 et 96].

Le contenu de la base de données répond aux programmes officiels, et sa forme permet à l'élève une utilisation autonome, les révisions se faisant traditionnellement en dehors du cours et sans la présence de l'enseignant. L'utilisation prévue est prioritairement individuelle, mais les situations proposées peuvent être utilisées en dyade.

Le fait de prendre l'électricité comme discipline d'étude nous a permis de bénéficier de nombreux travaux et résultats de recherche en didactique de la physique.

Le contenu de la base étant limité et celui-ci ayant normalement été déjà vu en cours, il ne nous a pas paru utile, pour une activité de révision, de doter REV.E.S. d'un système de tutorat. Nous avons donc décidé que l'élève devait être, dans une perspective constructiviste et interactionniste, l'acteur essentiel de ses choix navigationnels. Nous pensons ainsi renforcer l'interaction apprenant-machine [AGO 96] et contribuer à mieux structurer les connaissances de l'apprenant. Cette activité, qui implique mais aussi

développe des pratiques métacognitives, doit cependant être facilitée par des repères fournis dans la base.

Le contexte de travail proposé est donc un contexte d'autoformation en milieu scolaire dans le sens défini par Herbé [HER 96] où “ *l'autoformation désigne des situations pédagogiques où l'apprenant travaille seul, le rôle du formateur étant de lui fournir les situations et les outils de son parcours d'apprentissage* ”.

2.2. Structuration globale de l'information

REV.E.S. dispose de trois modes d'accès à l'information : un mode d'accès hiérarchique, un mode d'accès réseau et un mode d'accès linéaire. Tous trois sont disponibles en permanence sur chacune des pages et présentent chacun diverses caractéristiques [VEN 96-b].

2.2.1. Accès hiérarchique

Le mode d'accès hiérarchique se fonde sur un découpage du contenu sur trois niveaux seulement afin d'éviter à l'élève de se perdre dans l'arborescence. Le premier niveau est relatif aux quatre types d'information présents dans la base :

- les “ Connaissances ” qui correspondent aux savoirs ;
- les “ Méthodes ” qui correspondent aux savoir-faire ;
- les “ Tests ” qui fournissent à l'élève les moyens d'exercer un auto-contrôle à caractère formatif de ses savoirs et ses savoir-faire ;
- les “ Documents ” qui complètent les connaissances ou les méthodes.

Pour chacun de ces quatre types, un deuxième niveau hiérarchique concerne la liste des items élémentaires repérés dans le programme d'électricité (Figure 1). Pour être plus facilement identifiés par les élèves, ces items sont regroupés autour des quatre thèmes du programme, à savoir “ Intensité ”, “ Tension ”, “ Dipôles ” et “ Amplification ”. A chaque item correspond une “ page ” d'information.

Cette organisation permet de regrouper sur trois écrans correspondant aux “ Connaissances ”, “ Méthodes ” et “ Documents ”, l'ensemble des savoirs et savoir-faire du programme ; ils constituent ainsi pour les apprenants, une “ carte ” des objectifs notionnels et méthodologiques à atteindre qui est susceptible de les aider à travailler, notamment pour repérer leurs manques. Par ailleurs, la structure hiérarchique qui est familière aux élèves, facilite l'exploration de la base, notamment lors de la première prise de contact. Enfin, cette structure qui permet d'atteindre rapidement l'information recherchée, nous paraît adaptée à une activité de révision, menée dans un temps limité et forcément ciblée sur certains items particuliers.

Figure 1. Liste des items du menu "Connaissances".

2.2.2. Accès réseau

Les connaissances peuvent rarement être isolées les unes des autres. Didacticiens et psychologues sont d'accord pour reconnaître que leur mémorisation, leur utilisation, leur communication font largement appel à une mise en réseau [GIO 90, LEV 93]. De plus, dans REV.E.S., comme on l'a vu, le découpage des informations est tel qu'à une page correspond un item notionnel ; ainsi les lois, définitions et notions qui sont utilisées sans commentaire dans une page sont souvent explicitées dans une autre.

Il nous a donc paru nécessaire pour chacune des pages d'information d'inclure au sein d'un réseau toutes les pages susceptibles d'être en relation avec elle. Ces liens, de nature sémantique doivent permettre à l'élève de consulter d'autres informations utiles au travail en cours. Ils doivent aussi concourir à la (re)structuration de ses connaissances et faciliter ainsi, par contextualisation, leur intégration dans son propre réseau cognitif [VEN 96-a].

Nous proposons (Figure 2), à titre d'exemple un extrait du réseau de liens que nous avons implémenté, concernant une partie du thème "Dipôles". Chaque rectangle représente une page, caractérisée par son nom (lié au contenu), son type (Connaissances, Méthodes ou Documents), et son thème (Tension, Dipôles ou Amplification). Les pages de type "Tests", auxquelles sont reliées chacune des pages "Connaissances" et "Méthodes" ne sont pas mentionnées ici.

Le choix des liens entre pages n'est pas exclusivement dicté par la discipline. En effet, si ceux-ci sont trop nombreux, ils nuisent à la lisibilité de la structure et à l'influence structurante qu'elle peut avoir sur l'apprenant. Trop réduits, ils peuvent ne pas mettre à portée immédiate de navigation l'information dont l'apprenant a besoin.

Figure 2. *Extrait du réseau de liens existant au sein de REV.E.S., concernant plus spécifiquement une partie du thème "Dipôles".*

2.2.3. Accès linéaire

Le but de cette structure est de répondre à des questions transversales du type "Quelles sont les informations dont on peut disposer sur les circuits série ?" ou encore "Quelles sont les lois du programme sur l'intensité ?", au travers d'un parcours chaînant de manière linéaire les pages d'information correspondantes. Ces parcours peuvent être interrompus à tout moment. Nous avons ainsi proposé des parcours sur les notions (intensité et tension), sur la mesure des grandeurs physiques (appareils de mesures et ordres de grandeur), sur les lois (intensité, tension, résistances, circuit série, circuit parallèle) et enfin un parcours de nature historique (physiciens).

On trouvera (Tableau 1) un exemple de parcours relatif aux lois dans un circuit série, précisant les pages proposées à la consultation.

Parcours	Suite des pages
Lois dans un circuit série	I dans un circuit série (Connaissances) Loi des tensions (Connaissances) Appliquer la loi des tensions (Méthodes) U dans un circuit (Connaissances) R en série (Connaissances) Calculer I dans un circuit série (Méthodes)

Tableau 1. Liste des pages composant le parcours "Lois dans un circuit série".

2.3. Structuration locale des informations

Chaque page est conçue à partir de l'enchaînement de blocs élémentaires d'informations multimédias, constituant une forme de scénario.

Les blocs élémentaires peuvent être des textes, des schémas statiques ou dynamiques (l'utilisateur peut alors, pour simuler une expérience, modifier la valeur de certains composants), des images (souvent associées aux schémas pour montrer une réalité expérimentale), des animations (utilisées pour traduire le mouvement des électrons), des sons (souvent doublés par une trace écrite) ou des vidéos numériques (utiles pour expliciter le mode d'utilisation d'un appareil de mesure). L'information est ainsi fournie "sous divers angles, (verbaux, iconiques, etc.) pour satisfaire une variété de styles d'apprentissage, qu'ils soient propres à la personne, au contenu ou aux contraintes extérieures, selon le principe multimédia" [LEC 91].

Les blocs d'information "apparaissent" suivant un scénario bâti en fonction de préoccupations didactiques, qui se déroule généralement à l'initiative de l'utilisateur. Celui-ci peut alors suivre progressivement la construction proposée par le concepteur sans être victime d'une surcharge cognitive [RHE 91].

Le choix du média utilisé est important. Par exemple, pour palier le relatif désintérêt des élèves pour les informations textuelles, nous délivrons souvent des messages par voie sonore, le texte constituant une manière redondante et postérieure de fournir l'information sous sa forme essentielle. Les éléments les plus importants (conclusion, schéma servant de support au travail, etc.) restent affichés à l'écran. De la pertinence des choix effectués dans le déroulement des scénarios peut dépendre en grande partie l'efficacité du travail accompli par l'élève.

2.4. Repérage dans la base

Pour permettre à l'élève de se repérer au sein de la base [DUF 91], nous avons doté REV.E.S. d'un certain nombre de caractéristiques.

Ainsi, pour savoir où il est, l'utilisateur dispose d'une identification sur chacune des pages précisant l'intitulé de la page, son thème et son type (Figure 3).

Figure 3. Identification de chaque page.

Pour savoir d'où il vient, l'utilisateur dispose :

- d'un historique du parcours effectué depuis le début de la session, lui permettant de " remonter " dans sa consultation ;
- de la liste des pages parcourues depuis le début de la session, lui permettant d'atteindre directement l'une d'entre elles ;
- d'un marquage des pages vues dans l'ensemble des sessions, lui permettant de repérer le travail qu'il a déjà accompli depuis qu'il utilise REV.E.S..

Pour savoir où il peut aller, l'utilisateur dispose :

- d'un intitulé explicite sur les boutons correspondant à chaque item des menus " Connaissances ", " Méthodes ", " Documents " et " Tests " (Figure 1) ;
- d'indications systématiques sur la nature du lien activé en cliquant sur une des icônes présentes sur chaque page (Figure 4).

Figure 4. Barre d'icônes et indication de la nature du lien activable.

2.5. Contextualisation de l'information

Pour que l'apprenant puisse s'approprier l'information, il faut rendre possible une interaction entre son système cognitif et celui qui est implanté en machine [AGO 96]. Pour cela, il faut d'abord qu'il reconnaisse l'information. Dans une forme trop lointaine des connaissances de l'apprenant et avec un contenu très différent, l'information implantée en machine n'est pas reconnue et en conséquence, l'interaction ne peut avoir lieu. A l'opposé, dans une forme trop proche et un contenu similaire, elle est immédiatement identifiée et donc inutile puisque elle ne génère aucun apprentissage nouveau. Le problème est donc, pour rendre profitable l'activité de révision, de trouver à la fois une " présentation " des contenus suffisamment proche de celle du cours pour qu'elle soit reconnue, mais suffisamment originale pour qu'elle soit efficace [MOR 91].

Pour ce faire, nous avons choisi une structure globale hiérarchique familière aux élèves, tout en proposant des structures complémentaires nouvelles (réseau et linéaire à caractère thématique). Nous avons apporté sous forme multimédia, notamment dans la partie “ Connaissances ”, l’information présente classiquement dans le cours, tout en proposant dans les tests des situations nouvelles pour les élèves, susceptibles d’induire des réflexions et des échanges générateurs de gains cognitifs. La base de données est donc constituée d’éléments familiers pour l’élève qui servent de points de repères pour aborder les éléments nouveaux qui lui permettront de progresser.

2.6. Le contrôle de l’apprenant

Pour permettre à l’apprenant de contrôler lui-même sa navigation sans intervention du système, il doit d’une part repérer la tâche à accomplir et d’autre part retrouver l’information correspondante dans la base de données. Pour cela, nous lui avons fourni des éléments qui lui permettent de faire des choix [DEP 94].

Ainsi, pour repérer la tâche qu’il a à accomplir, l’élève dispose :

- des menus “ Connaissances ”, “ Méthodes ” et “ Documents ” qui constituent une “ carte ” des objectifs notionnels et méthodologiques qu’il est censé atteindre en fin de travail ;
- de tests à caractère formatif, qui lui sont proposés pour chacun de ces objectifs, et qui lui permettent d’évaluer, en comparant sa propre réponse à celle qui est fournie par la machine, s’il doit (re)consulter ou non la page d’information correspondante.

Ensuite, une fois la tâche identifiée, des moyens de repérer l’information correspondante dans la base (indices de repérage) et des moyens d’y accéder (structures des données), permettent à l’élève de poursuivre son apprentissage.

3. Traitement des aspects disciplinaires

Nous présentons ci-après quelques unes des situations illustrant, de façon non exhaustive, la manière dont nous avons traité certains des aspects disciplinaires, qu’ils correspondent aux exigences des programmes (démarche expérimentale, mise en oeuvre de calculs, connaissance des ordres de grandeur) ou à des problèmes didactiques identifiés (schématisation, perception systémique d’un circuit, utilisation d’analogies).

3.1. Démarche expérimentale

Émettre des hypothèses, mettre en place un dispositif pour les vérifier, interpréter les résultats, constituent un savoir-faire méthodologique inhérent à toute démarche expérimentale. Ces activités sont mises en jeu dans REV.E.S. à de nombreuses reprises par le biais de simulations expérimentales utilisées pour établir ou vérifier les lois du programme d’électricité. Nous proposons pour cela à l’élève des schémas “ dynamiques ” dans lesquels il peut faire varier la nature et les caractéristiques des

composants. C'est par exemple le cas (Figure 5) lorsqu'il s'agit d'établir que l'intensité est identique en tout point d'un circuit série, la modélisation de la circulation du courant [JOH 83] posant encore problème en classe de seconde.

Figure 5. *Simulation de la mesure de l'intensité de part et d'autre des composants d'un circuit série.*

Au départ, le schéma est dénué de composants. L'élève doit le compléter en introduisant certains des éléments suivants : générateurs, ampèremètres, résistances, fils de liaison. Une fois le circuit terminé, en fermant l'interrupteur, les ampèremètres affichent la valeur de l'intensité en chacun des points où ils se trouvent.

Le dispositif utilisé permet une grande souplesse dans la construction et la modification des situations expérimentales : en cliquant sur la zone où se trouve un composant, on l'enlève ; en cliquant sur une zone vide, on en rajoute un. Cette facilité permet à l'élève d'exercer pleinement sa créativité pour imaginer et simuler de nouvelles expériences. Les cas limites (circuits dépourvus de résistances par exemple) sont bien sûr traités.

Cette possibilité de simulation complète donc les activités expérimentales classiques, notamment en permettant de multiplier rapidement les situations expérimentées.

3.2. Mise en œuvre de calculs

REV.E.S. propose, à chaque fois que cela est nécessaire, une méthodologie d'application sur un cas concret et classique des lois du programme. Chacune des étapes de la méthode est explicitée progressivement ; les informations apparaissent graduellement à l'écran, à l'initiative du lecteur, généralement d'abord sous forme textuelle (ou/et éventuellement orale) puis dans un deuxième temps sur le schéma

d'accompagnement. Chaque étape apparaît ainsi à la fois suffisamment isolée pour être clairement identifiée, mais aussi totalement reliée aux autres pour constituer une méthode dont l'élève peut redétailler à loisir chaque élément. On pourra voir (Figure 6), à titre d'illustration, un exemple relatant la première étape d'une méthode d'utilisation de la loi des noeuds.

Figure 6. *Loi des noeuds, étape 1. Le texte paraît d'abord, puis le nom des noeuds sur le schéma, souligné par un " bip " sonore.*

L'explicitation pas à pas d'une méthodologie apporte une aide dans la discipline de référence, ici la physique. Elle montre le nécessaire travail de structuration des données destiné à leur fournir le sens qui permettra d'entamer un calcul. Ce sont des éléments que l'élève pourra réinvestir dans une autre discipline (chimie, mathématiques, biologie...) en tant que savoir méthodologique d'ordre général.

3.3. Connaissance des ordres de grandeur

Une connaissance des ordres de grandeur en physique est indispensable à l'élève, pour évaluer entre autre la pertinence du résultat d'un exercice. Aussi avons-nous présenté dans REV.E.S. ces informations à propos d'objets familiers et représentatifs, de manière illustrée afin de renforcer leur impact (Figure 7).

L'ordre de grandeur n'est présenté qu'après avoir cliqué sur l'objet, permettant ainsi d'émettre une ou plusieurs hypothèses avant la vérification immédiate. Nous y avons ajouté des indications sur les multiples et sous-multiples afin de faciliter, si nécessaire, la lecture des données fournies.

Ce type de présentation permet à l'élève de dépasser la simple consultation et, le rendant actif, laisse supposer une meilleure intégration des informations.

Figure 7. *Ordres de grandeur de l'intensité dans différents objets ou phénomènes familiers.*

3.4. Activités de schématisation

Lire ou dessiner un schéma fait partie des compétences disciplinaires classiques dont la maîtrise conditionne pour une bonne part, en physique, la compréhension du cours et la résolution des problèmes. Nous donnons ici un exemple de la réalisation d'un schéma pratiquée à partir d'une consigne écrite ou orale.

Une fois cette consigne fournie, l'élève choisit les composants, et les place à l'endroit qui lui convient pour construire le schéma (Figure 8). Les composants peuvent être assemblés et déplacés jusqu'à obtenir, par essais successifs, un schéma qui satisfait l'utilisateur. Cette possibilité, due à l'ordinateur, dynamise l'activité de schématisation.

Figure 8. *Dispositif de schématisation.*

Nous avons aussi présenté à l'inverse de nombreux schémas à décoder. Nous sommes en effet sur un secteur qui est peu pratiqué en classe, et pour lequel l'acquisition de "réflexes de lecture" passe par beaucoup de pratique. L'élève trouve donc dans REV.E.S. des situations sur lesquelles il s'agit simplement de reconnaître le caractère série ou parallèle de l'association de certains dipôles et d'autres dans lesquelles cette reconnaissance était un préalable pour répondre aux questions posées (loi des tensions par exemple).

Figure 9. *Deux des situations dans lesquelles on demande au lecteur de reconnaître le caractère série ou parallèle du montage de dipôles.*

Nous avons beaucoup utilisé les effets perceptifs [CAI 88] comme on peut le voir Figure 9. Les questions sont posées successivement. Les réponses sont fournies de manière textuelle, graphique et sonore. Quand cela est nécessaire, un schéma équivalent se rapprochant des formes canoniques est fourni, associé à un repérage sur le circuit initial par un jeu de couleurs.

3.5. Perception systémique d'un circuit

La perception systémique d'un circuit constitue une difficulté importante dans le traitement des phénomènes électriques [CLO 89]. Peu d'élèves en effet admettent en seconde qu'une modification locale d'un circuit entraîne une modification globale de son fonctionnement. Nous proposons des situations spécifiques mettant en jeu cette compétence, dont une est rapportée Figure 10. L'élève est incité à prévoir le résultat d'une modification locale du circuit sur les valeurs indiquées par les appareils de mesures répartis sur l'ensemble du circuit puis à vérifier ses prévisions grâce à un dispositif de simulation.

Nous pensons que la confrontation entre les hypothèses faites et le résultat obtenu par simulation, ainsi que les réflexions qui en découlent sont susceptibles de contribuer à l'évolution progressive des représentations des élèves à ce sujet. L'obstacle est en effet de taille et son dépassement ne pourra bien évidemment se faire uniquement par l'usage de REV.E.S..

Figure 10. Simulation permettant de vérifier les hypothèses relatives au fonctionnement systémique d'un circuit électrique

3.6. Utilisation des analogies

Les analogies ont, en électricité comme ailleurs, un intérêt dans les apprentissages [CAN 96], à condition notamment d'en cerner les limites. Dans REV.E.S., nous présentons sous forme multimédia plusieurs analogies, mais nous fournissons aussi aux élèves la possibilité de critiquer certaines d'entre elles. Nous leur donnons d'ailleurs ainsi l'occasion d'exprimer un jugement sur une explication proposée, comme le recommandent les programmes officiels.

Un exemple concernant une analogie hydraulique est fourni Figure 11. Celle-ci est résumée oralement en utilisant un schéma classique comme support d'explicitation. La question est ensuite posée de façon ouverte, (" critiquez cette analogie "), mais des indications sont données sur une partie de ce que l'on attend (critique de la comparaison entre les propriétés du circuit électrique et du circuit hydraulique, critique de la comparaison des caractéristiques entre la circulation du courant électrique et du courant d'eau). Une fois la réponse de l'élève fournie de manière écrite, les différents points de la réponse attendue sont affichés de manière successive à l'écran.

L'exercice est probablement difficile. Cependant, que ce soit au cours de la réflexion de l'élève ou lorsqu'il prend connaissance de la réponse (et même s'il ne fournit pas la

totalité de la réponse demandée), il nous semble que la formalisation des différences entre le circuit hydraulique et le circuit électrique est un facteur de structuration intéressant.

Figure 11. Schéma du circuit hydraulique utilisé dans un analogie avec le circuit électrique.

4. Résultats expérimentaux liés à l'utilisation de REV.E.S.

La pré-expérimentation [VEN 96-c] a permis, entre autre, de repérer les notions ou les types d'activité présentant des difficultés pour les élèves. Nous en avons déduit les éléments sur lesquels expérimenter les apports éventuels de REV.E.S. dans le domaine cognitif : propriété de l'intensité dans un circuit série, valeurs particulières des tensions, lecture de schémas, perception systémique d'un circuit, nature du courant, lois de l'électrocinétique, tensions variables et amplificateur opérationnel.

Les questionnaires proposés aux élèves avant et après usage de REV.E.S. sont construits sur ces huit points. L'analyse des réponses fournies nous a permis d'apprécier leur évolution cognitive. La nature de l'information consultée et le mode d'accès à cette information ont été étudiés sur l'ensemble du travail des élèves.

Soulignons auparavant que les aspects numériques des résultats expérimentaux obtenus sont liés notamment au temps d'utilisation de REV.E.S. et aux caractéristiques de l'échantillon avec lequel nous avons travaillé : 54 élèves répartis sur deux classes de niveau faible (35 % d'élèves seulement ont une moyenne en physique supérieure à 10 ; 18 élèves sont passés en 1^{ère} S, 20 élèves ont redoublé, certains d'entre eux étant réorientés). A ce titre, ils ne peuvent être généralisés en l'état, et seules les tendances qui se font jour nous paraissent exploitables.

4.1. Aspects cognitifs

Nous avons mis en évidence **une progression des élèves après le passage sur machine et montré qu'elle était liée à l'utilisation de REV.E.S..**

Pour représenter l'évolution des performances des élèves après le passage sur machine, nous avons utilisé la variation du Taux de Réponses Exactes (DTRE) entre les deux questionnaires distribués aux élèves avant et après passage sur machine. Cette variation a été calculée sur chacun des huit domaines étudiés.

La valeur moyenne de cette variable établie sur l'ensemble des élèves et l'ensemble des huit domaines étudiés est de 0.15 ; elle est positive (Figure 12) pour 87 % des élèves. En moyenne sur l'ensemble du travail évalué, les performances de chaque élève se sont donc améliorées de 15 % et 87 % des élèves ont progressé entre les deux séries de questionnaires.

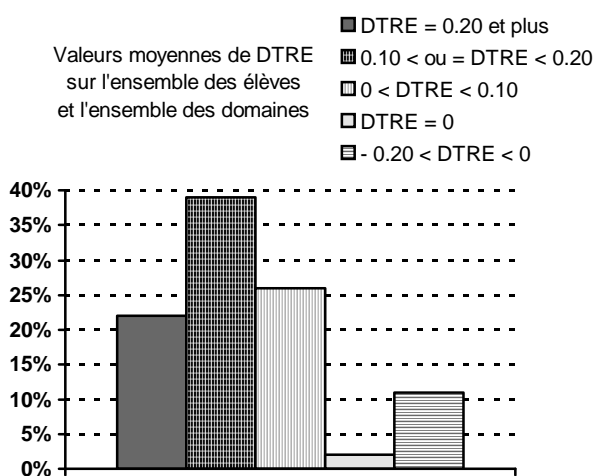


Figure 12. Répartition de l'effectif en fonction de la valeur moyenne de la variable DTRE, établie sur l'ensemble des huit domaines étudiés et l'ensemble des élèves.

Si l'on considère maintenant la valeur moyenne de DTRE établie sur l'ensemble des élèves pour chacun des domaines, nous avons constaté que :

- les élèves ont progressé dans sept des huit domaines étudiés (Figure 13) ;

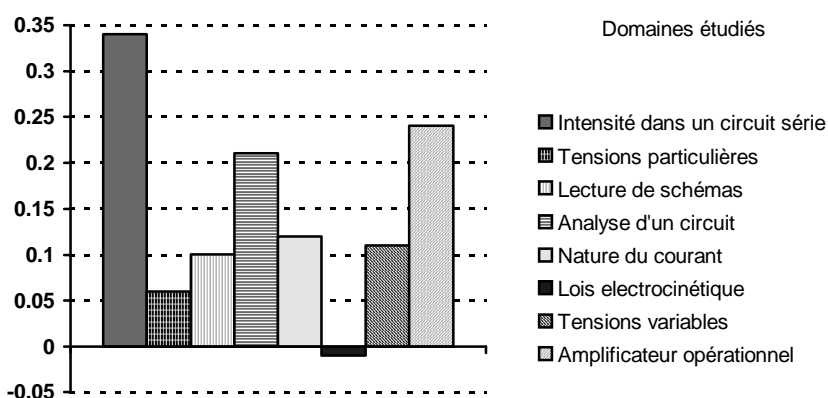


Figure 13. Valeurs moyennes de la variable DTRE établies sur l'ensemble des élèves pour chacun des domaines.

- l'effectif des élèves ayant progressé est toujours supérieur à celui des élèves ayant régressé (Figure 14).
- Le huitième domaine n'a pas donné lieu à un travail significatif dans REV.E.S..

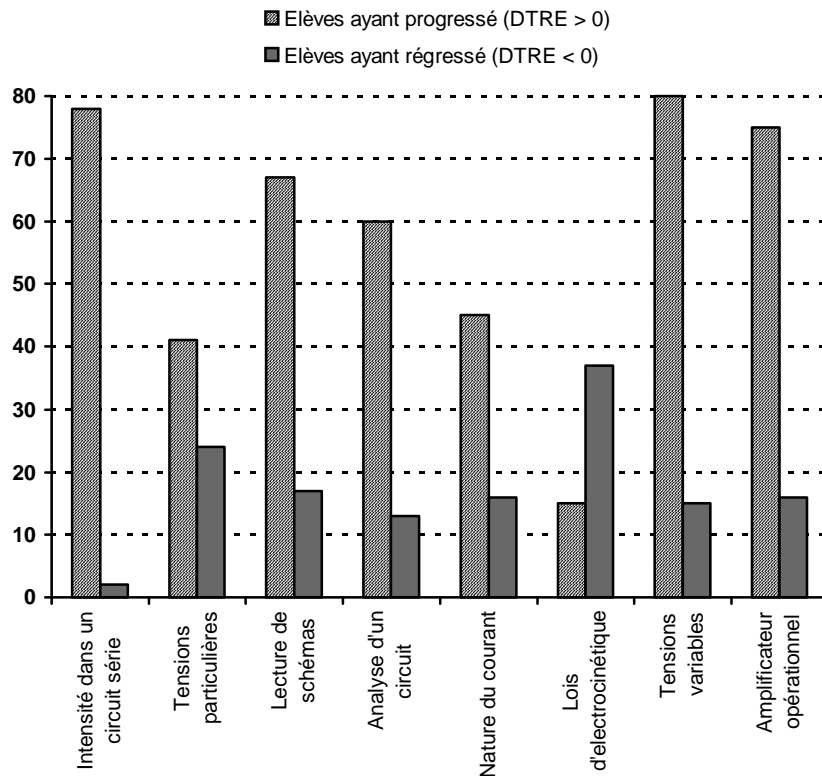


Figure 14. Pourcentage des élèves ayant progressé ou régressé entre les deux séries de tests pour chacun des domaines.

Pour représenter la quantité d'information vues par les élèves dans un domaine donné, nous avons utilisé le Taux de Pages Vues (TPV) dans ce domaine. Différents croisements entre TPV et DTRE nous ont permis de mettre en évidence des liens entre évolution des connaissances et consultation d'information. Nous avons montré par exemple que :

- la progression moyenne des élèves qui ont vu dans chacun des domaines plus de la moitié des pages, est toujours supérieure, dans tous les domaines, à celle des élèves qui en ont vu moins de la moitié (Figure 15). L'écart moyen de performances est de 15 % ;
- la quantité d'information vue dans REV.E.S. par les élèves qui ont progressé est toujours supérieure, dans chacun des huit domaines, à la quantité d'information

vue par les élèves qui ont régressé (Figure 16). L'écart moyen entre les deux populations est de 28 %.

Les conditions expérimentales utilisées sont voisines d'une activité de révision, c'est à dire avec des élèves travaillant seuls ou par groupe de deux, en autonomie, sans qu'il y ait de consignes particulières. Notre expérimentation montre donc **qu'il est possible de renforcer des acquis de manière significative, avec un produit hypermédia dans une situation de révision en autonomie.**

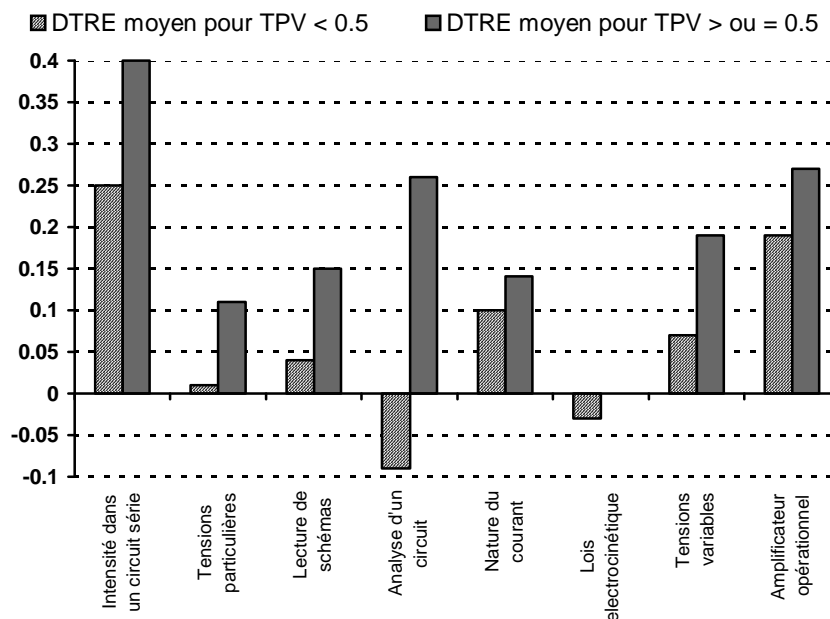


Figure 15. Valeurs moyennes de DTRE établies pour chaque domaine sur les deux classes d'élèves telles que TPV < 0.5 et TPV ≥ 0.5.

Nous avons aussi montré que **le niveau des élèves semble avoir peu d'influence sur l'évolution des connaissances**, dans les conditions de l'expérimentation :

- les élèves dont le niveau est supérieur à la moyenne¹ ont progressé en moyenne sur l'ensemble des domaines seulement de 4% de plus que leurs camarades (17 % contre 13 %) ;
- le pourcentage d'élèves ayant progressé entre les deux séries de tests est sensiblement le même dans les deux populations (60 et 56 %), de même que le pourcentage d'élèves ayant régressé (19 et 16 %).

Le manque de pratique des deux populations sur ce type de produit, le faible temps d'utilisation ainsi que la motivation plus forte de certains élèves faibles expliquent probablement en grande partie cette similitude de résultats, qu'il conviendrait de réexaminer sur une durée plus longue.

¹ Leur moyenne en physique est supérieure ou égale à 10 sur 20

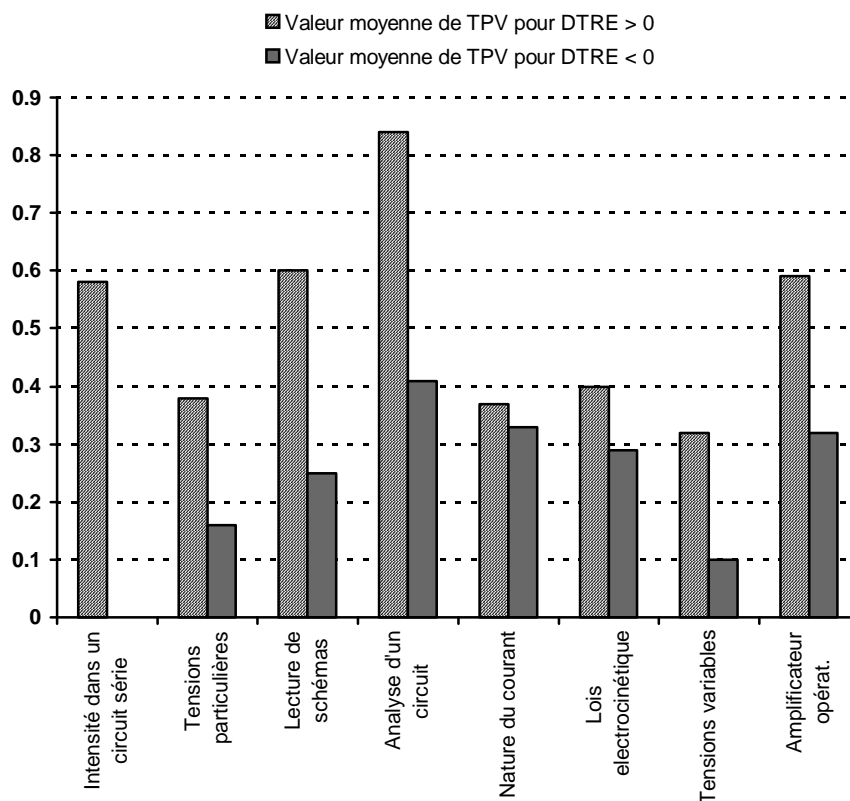


Figure 16. Valeurs moyennes de TPV établies pour chaque domaine sur les deux classes d'élèves telles que $DTRE < 0$ et $DTRE > 0$.

4.2. Nature de l'information consultée

4.2.1. Étude de la relation entre la consultation réalisée et les besoins de l'élève

Nous considérons qu'un élève avait besoin de consulter un domaine quand le taux de réponses exactes au premier questionnaire, sur ce domaine, était inférieur à 0.50. Nous considérons qu'un domaine était effectivement consulté à partir du moment où le taux de pages vues dans ce domaine était supérieur ou égal à 0.5.

Nous avons montré qu'en moyenne sur les huit domaines étudiés, environ un élève sur deux (46 %) consulte un domaine qu'il a besoin de réviser, et ce, quel que soit son niveau. Nous avons aussi montré qu'un élève sur deux (52 %) consulte plus de la moitié des domaines qu'il a besoin de voir, les meilleurs élèves se comportant mieux que leurs camarades (63 % d'entre eux consultant plus de la moitié des domaines qui leur sont utiles, contre 46 % des élèves de niveau inférieur à la moyenne).

On peut donc dire **qu'en moyenne un élève sur deux est capable d'utiliser REV.E.S. seul et de manière pertinente**, et qu'il y parvient d'autant mieux que son niveau est supérieur à la moyenne. Même si l'on ne peut s'en contenter, ce résultat, compte-tenu de la nature de l'échantillon, peut être considéré comme positif.

4.2.2. Consultation des domaines étudiés

En moyenne, 46 % des pages de chacun des huit domaines étudiés ont été consultées, soit une sur deux environ. Même si toutes les pages relatives à un domaine donné sont liées les unes aux autres en réseau, rien ne distingue ces liens de ceux qui mènent à des pages d'un domaine différent. Cette "uniformisation" est probablement une des raisons qui a fait que la **consultation d'un domaine s'est faite de manière non exhaustive**.

4.2.3. Caractéristiques des pages consultées

Les **pages les plus consultées sont celles qui contiennent une information en relation avec les questionnaires d'évaluation** (la moyenne du taux de pages vues sur les huit domaines est en effet de 0.46 contre 0.34 pour l'ensemble du produit). Cette observation peut se comprendre dans la mesure où les élèves savaient qu'ils auraient à répondre à un questionnaire du même type, mais cela témoigne de leur part d'une certaine compétence à adapter leur révision à un besoin identifié et confirme que certains d'entre eux sont capables de construire seuls un parcours de révision cohérent avec leurs besoins. Cela confirme aussi, d'une certaine manière, que le diagnostic peut acquiescer "*le statut d'intervention pédagogique*" [DIL 94] et incite donc à une certaine prudence quant au caractère des conclusions qui en découlent.

Cependant, les **pages relatives à la tension** (dont certaines caractéristiques étaient évaluées dans les questionnaires) **figurent parmi les pages les moins consultées**. On sait que cette notion apparaît peu opératoire aux élèves, mais nous ignorons si c'est la raison qui les a poussés à bouder la consultation du domaine.

Par ailleurs, il est apparu (Tableau 2) que **les élèves ont, en moyenne, essentiellement travaillé en consultant les pages de types "Tests" et "Connaissances" au détriment des pages "Méthodes" et "Documents"**.

	Tests	Connaissances	Méthodes	Documents
Pourcentage moyen des pages vues	42 %	37 %	25 %	17 %

Tableau 2. Pourcentage des pages vues dans chacun des types de pages de REV.E.S..

L'influence du niveau des élèves n'est pas significatif pour ces valeurs moyennes. La désaffection de la partie "Méthodes" est probablement due, entre autre, au fait que les méthodes d'utilisation d'une loi, de mesure d'une grandeur, ne sont pas dans le cours aussi formalisées que dans REV.E.S., si bien qu'elles apparaissent aux élèves en partie superflues. De la même manière, on peut attribuer en partie le désintérêt pour la partie "Documents" à la rareté de l'exploitation de ces éléments dans les cours de physique et à l'absence de leur prise en compte dans les évaluations. Contrairement aux résultats précédents pour lesquels les valeurs

moyennes proposées traduisent de manière satisfaisante le comportement des élèves, ceux relatifs aux types de pages consultées sont très variables suivant les individus

4.3. Mode d'accès à l'information

Si l'on considère le mode d'accès à chaque écran d'information sur l'ensemble de la consultation, **les élèves ont utilisé de façon majoritaire les liens arborescents** (56 % des écrans d'information ont été atteints par ce mode) et **de façon significative les liens réseau et les liens linéaires des parcours thématiques** (pour 15 à 20 % des écrans). Le niveau des élèves intervient très peu sur les résultats.

Si l'on analyse de manière plus globale **la stratégie de navigation utilisée par chaque élève à la fin de la consultation**, donc à un moment où les stratégies ont été affinées, il apparaît que **le mode arborescent est toujours majoritaire** (il est utilisé par 47 % des élèves). Mais **l'accès à l'information par une combinaison de liens arborescents et des liens réseau est aussi une stratégie largement utilisée** (par 38 % des élèves). Par contre, l'utilisation exclusive de liens réseau reste plus marginale (6 %), et l'utilisation des liens linéaires (parcours thématiques) a totalement disparu.

L'utilisation importante des accès arborescents n'a, à notre avis, rien de surprenant. Le faible nombre de niveaux (3) et des options à chaque fois faciles à identifier après avoir suivi le cours, rendent ce mode d'accès performant, rapide et souvent pertinent pour obtenir rapidement une information. Il est bien adapté à une tâche de révision de notions variées. Sa combinaison avec les accès réseau, lorsqu'on a une représentation de l'organisation de la base accélère encore la recherche d'information.

Au vu de ces résultats, il nous paraît donc **important de maintenir une structure hiérarchique** (arborescence et index) **et une structure réseau** dans un tel produit. Elles répondent à des logiques de travail différentes, qui selon l'objectif de l'élève ou tout simplement ses préférences, sont rendues possibles par la multiplicité des modes d'accès.

5. Adéquation entre les caractéristiques de REV.E.S. et les objectifs de départ

5.1. Individualisation et autonomie du travail

Nous avons, tout au long de l'analyse, constaté que chaque élève a pu consulter les informations qu'il a voulues, avec le mode d'accès qui lui a paru le plus pertinent, au rythme qui lui est propre.

D'un point de vue technique, les élèves n'ont eu aucune difficulté à prendre en main le produit et ont pu adapter, au cours du travail, leur mode de consultation. Ils ne se sont jamais "égarés" dans REV.E.S. et sont parvenus seuls à trouver l'information qu'ils recherchaient (selon 95 % des usagers). Le produit est apparu simple d'utilisation, notamment grâce à une interface utilisateur comportant pour la navigation des repères

adaptés. Le temps de travail effectif sur des pages d'information a été tout à fait significatif (78 % du temps d'utilisation du produit).

On peut donc dire que **REV.E.S. a permis**, comme nous en avons émis l'hypothèse, **une réelle individualisation du travail dans une situation d'autonomie d'usage**.

5.2. *Navigation à l'initiative de l'élève*

Nous avons souhaité que la navigation reste à l'initiative de l'élève et avons doté REV.E.S. d'indices (§ 2.6) qui devaient lui permettre de choisir l'information à revoir (carte d'objectifs et tests à caractère formatif). Nous avons montré (§ 4.2.1) que ce choix ne s'était révélé pertinent pour notre échantillon qu'à raison d'un élève sur deux, ce qui reste insuffisant.

Cependant, les indices proposés, notamment les tests, ont été tout de même utilisés, comme nous l'avions prévu, pour décider de revoir ou non l'information correspondante par un peu plus de la moitié des élèves (54 % selon leurs affirmations). En même temps, **nous croyons toujours important de conduire l'élève à plus d'autonomie dans son travail**. Cela passe par la "*valorisation des stratégies d'apprentissage engageant l'apprenant dans une démarche d'évaluation du manque (ce qu'il doit savoir), d'identification des ressources potentielles et de leur organisation puis dans une stratégie d'acquisition*" (Le Meur cité dans [BRU 94]). REV.E.S. s'inscrit dans cette démarche, qu'il faudra probablement accompagner par un travail extérieur à la consultation. C'est pour cette raison que **nous souhaitons maintenir la possibilité pour l'élève de choisir lui-même les informations à consulter, comme une option parmi d'autres**.

5.3. *Architecture du produit*

Nous avons découpé localement l'information en unités élémentaires véhiculées par différents médias dont l'articulation autour d'une sorte de scénario permet de produire du sens. La "**mise en médias**" d'une information scientifique ne nous est apparue ni simple ni innée. Elle **constitue une véritable écriture**, d'un nouveau mode, aux règles encore non établies, qui doit mettre en relation des préoccupations didactiques et psychocognitives avec les spécificités de chaque média et celle qui résulte de leur combinaison. La réflexion est encore largement à conduire dans ce domaine.

Le découpage global de l'information en quatre types "Connaissances", "Méthodes", "Documents" et "Test" qui a permis aux élèves de repérer très rapidement la nature de l'information fournie, nous semble **toujours pertinent**. On retrouve d'ailleurs là l'idée défendue par Tricot et Bastien [TRI 96] pour une organisation rationnelle d'un corpus d'informations de manière relativement indépendante du contenu.

Nous avons déjà évoqué (§ 4.3) les structures **qui nous paraissent devoir être conservées (structures hiérarchiques et réseau)**. On peut remarquer que la multiplicité des modes d'accès que nous proposons de maintenir n'a pas nui à la prise en main du produit :

- la majorité des élèves (72 %) a rapidement trouvé ses marques soit directement, soit après une courte phase d'exploration, et a conservé jusqu'à la fin, la stratégie de navigation utilisée ;
- 95 % des élèves affirment ne s'être jamais perdus dans le produit ou rarement ;
- 78 % du temps de travail a été consacré à une consultation effective.

Cependant, comme nous l'avons fait remarquer (§ 4.2.2), on devrait **pouvoir identifier si les liens réseaux conduisent ou non à une page du domaine en cours d'étude** pour favoriser la consultation globale d'un domaine notionnel.

6. Conclusion : nouvelles perspectives de travail

En examinant globalement la conception et l'usage d'un produit hypermédia pour réviser un cours en autonomie, nous avons initié un travail qui nous paraît devoir être poursuivi et approfondi.

La méthodologie mise en place a permis une conception efficace du produit puisque la première maquette n'a été modifiée que pour adapter le niveau des tests proposés aux élèves et pour mieux répartir les messages entre les différents médias essentiellement en faisant plus de place au son. Elle a permis une exploration satisfaisante des pistes proposées à l'expérimentation, même si certains éléments limitent la généralisation des résultats (échantillon réduit, choix de seuils, questionnaires voisins mais non identiques...). Nous pensons que le cadre général peut être réinvesti, au moins dans un contexte similaire (produit destiné à la révision).

Pour ce qui concerne REV.E.S., les modifications ont pour certaines été évoquées dans les paragraphes précédents : amélioration de la présentation des informations en recherchant l'écriture multimédia la plus propice à l'évolution des représentations des élèves, explicitation pour l'élève du passage d'un domaine notionnel à l'autre lors de la navigation réseau.

Nous avons aussi signalé les difficultés éprouvées par un élève sur deux à contrôler de manière pertinente la navigation. Pour y palier, nous proposons d'ajouter à REV.E.S. un module optionnel permettant à l'enseignant de préciser, à titre indicatif, les pages qu'il souhaite voir consulter à un élève. Nous préférons une solution suggestive, dans laquelle le professeur peut argumenter et aider ainsi l'élève à construire une représentation métacognitive, à une solution impérative dans laquelle, par exemple, l'échec à différents tests conduirait à la consultation obligatoire de certaines informations. Au travers de l'instauration de ce "dialogue pédagogique", nous rejoignons en cela Linard [LIN 96] qui souligne la nécessité de la médiation humaine pour la réussite de la médiatisation technique. L'enseignant retrouve ainsi le rôle de conseil qu'il peut avoir traditionnellement dans l'activité de révision, l'élève conservant sa liberté d'apprendre en dehors de tout carcan imposé par une machine.

Enfin, pour favoriser la matérialisation de l'activité de révision et renforcer son efficacité, nous proposons d'introduire dans REV.E.S. des outils complémentaires permettant à l'élève d'annoter le cours, de prendre des notes, d'extraire de l'information, de l'imprimer.

Toutes ces modifications doivent être expérimentées pour en apprécier la pertinence. Pour ce qui concerne les autres perspectives de recherche, diverses pistes peuvent être exploitées, mais deux d'entre elles nous paraissent devoir être l'objet d'attentions particulières. La première concerne l'écriture multimédia et la construction de scénarios permettant une réelle interaction avec le système cognitif de l'apprenant en vue de l'évolution de ses représentations. La deuxième concerne le contrôle de la navigation, que l'élève doit impérativement peu à peu maîtriser. La mise au point de stratégies faisant évoluer les représentations métacognitives de l'apprenant, (qu'elles mettent en jeu des hypermédias ou des situations de cours plus classiques), nous paraît devoir être développée. Au delà de ces deux directions, l'influence d'une structuration des données en réseau sur la structuration des connaissances des élèves nous semble intéressante à étudier, surtout dans un contexte d'apprentissage et non plus de révision.

Les premières conclusions auxquelles nous avons abouti sont très modestes, mais encourageantes. Nous sommes sur la piste de nouveaux outils pour apprendre dont la majeure partie reste à inventer. Le succès de l'entreprise, qui passe inévitablement par un travail d'équipe notamment entre des spécialistes de la didactique, de la psychologie, de la communication, de l'informatique, constitue un enjeu important pour la qualité de la formation dispensée dans les années qui viennent et donc pour l'avenir de notre société.

7. Bibliographie

- [AGO 96] AGOSTINELLI, S. (1996). Multimédia et transmission des connaissances. *Technologies et approches nouvelles en formation*, n° 127, pp. 49-59.
- [BOY 89] BOYER, R. et TIBERGHIE, A. (1989). Des opinions de professeurs et d'élèves sur l'enseignement des sciences physiques au lycée. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 712, pp. 305-321.
- [BRU 94] BRUILLARD, E. et de La PASSARDIERE, B. (1994). Hypermédias et éducation : des repères. *Sciences et techniques éducatives*, vol 1, n° 1, pp. 17-38.
- [CAI 88] CAILLOT, M. (1988). Circuits électriques : schématisation et résolution de problèmes. *Technologies, Idéologies, Pratiques*, vol VII, n° 2, pp. 7-21.
- [CAN 96] CANAL, J-L. (1996). *Courant, tension, résistance et énergie : essai de conceptualisation des grandeurs fondamentales en électricité*. Doctorat d'université. Toulouse : Université Paul Sabatier.
- [CLO 89] CLOSSET, J-L. (1989). Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 716, pp. 931-949.
- [DEP 94] DEPOVER, Ch., QUINTIN, J-J., et De LIEVRE, B., (1993). Eléments pour un modèle pédagogique adapté aux possibilités d'un environnement hypermédia, in G-L. Baron, J. Baudé, B. de La Passardière : *Hypermédias et Apprentissages, Actes des deuxièmes journées scientifiques, Lille, 24-25 mars 1993*, pp. 49-62, Paris : INRP.
- [DIL 94] DILLENBOURG, P. (1994). Evolution épistémologique en EIAO. *Sciences et techniques éducatives*, vol 1, n° 1, pp. 39-51.

- [DUF 91] DUFRESNE, A. (1991). Ergonomie cognitive, hypermédias et apprentissages, in B. de La Passardière et G-L. Baron : *Hypermédias et Apprentissages, Actes des premières journées scientifiques, Chatenay-Malabry, 24-25 sept 1991*, pp. 121-132, Paris : INRP.
- [JOH 83] JOHSUA, S. (1983). La "métaphore du fluide" et le "raisonnement en courant" in *Recherches en Didactique de la physique*, pp. 321-330, Paris : CNRS.
- [GIO 90] GIORDAN, A. et De VECCHI, G. (1990). *Les origines du savoir*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- [GIO 96] GIORDAN, A. (1996). Les conceptions des apprenants. *Sciences humaines*, n° 12, pp. 48-50.
- [HER 96] HERBE, L. (1996). L'autoformation. *Sciences humaines*, n° 12, pp. 74-75.
- [LEC 91] LECLERCQ, D. (1991). Hypermédias et tuteurs intelligents, in B. de La Passardière et G-L. Baron : *Hypermédias et Apprentissages, Actes des premières journées scientifiques, Chatenay-Malabry, 24-25 sept 1991*, pp.19-36, Paris : INRP.
- [LEV 93] LEVY, P. (1993). Les technologies de l'intelligence. Paris : La Découverte.
- [LIN 96] LINARD, M. (1996). *Des machines et des hommes. Apprendre avec les nouvelles technologies*. Paris : l'Harmattan .
- [MOR 91] MOREIRA, A. (1991). Didactique et hypermédias en situation de résolution de problèmes : principes de conception des didacticiels hypermédia, in B. de La Passardière et G-L. Baron : *Hypermédias et Apprentissages, Actes des premières journées scientifiques, Chatenay-Malabry, 24-25 sept 1991*, pp. 37-46, Paris : INRP.
- [RHE 91] RHEAUME, J. (1991). Hypermédias et stratégies pédagogiques, in B. de La Passardière et G-L. Baron : *Hypermédias et Apprentissages, Actes des premières journées scientifiques, Chatenay-Malabry, 24-25 sept 1991*, pp. 45-58, Paris : INRP.
- [TRI 96] TRICOT, A. et BASTIEN Cl. (1996). La conception d'hypermédias pour l'apprentissage : structurer des connaissances rationnellement ou fonctionnellement ? in E. Bruillard, J-M. Baldner et G-L. Baron : *Hypermédias et Apprentissages, Actes des troisièmes journées scientifiques, Chatenay-Mallabry, 9-11 mai 1996*, pp. 57-72, Paris : INRP.
- [VEN 96-a] VENTURINI, P. et VIEL, L. (1996). Description d'une base de données hypermédia destinée à la révision du programme de seconde en électricité in Actes des septièmes journées Informatique et Pédagogie des sciences physiques, Bordeaux 8-10 février 96, pp. 183-188, Paris : INRP.
- [VEN 96-b] VENTURINI, P. et VIEL, L. (1996). *Réalisation d'un base de données hypermédia sur l'électrocinétique de seconde*. Communication présentée à la Troisième Biennale de l'éducation et de la formation, Paris la Sorbonne, 18-21 avril 1996. Actes à paraître sur Cédérom.
- [VEN 96-c] VENTURINI, P. et VIEL, L. (1996). Base de données hypermédia pour le programme de seconde en électricité, in E. Bruillard, J-M. Baldner et G-L. Baron : *Hypermédias et Apprentissages, Actes des troisièmes journées scientifiques, Chatenay-Mallabry, 9-11 mai 1996*, pp. 211-224, Paris : INRP.

[WEI 94] WEIL-BARAIS, A. (1994). Les apprentissages en sciences physiques, in G. Vergnaud : *Apprentissages et didactiques, où en est-on ?*, pp. 98-126, Paris : Hachette Education.

***Patrice Venturini**, après avoir longtemps exercé une activité de formation, est directeur du CDDP de la Haute Garonne et directeur de l'Ingénierie Éducative au CRDP Midi-Pyrénées. Il a soutenu une thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier de Toulouse en février 97, au sein du laboratoire LEMME dans le domaine de la didactique des disciplines scientifiques.*

***Louis Viel** est maître de conférences à l'université Paul Sabatier de Toulouse. Après avoir travaillé au laboratoire de physique des solides où il a soutenu sa thèse d'état, il obtient en 1989 le DEA de Didactique à Paris VII sous la direction de Jean-Louis Martinand. Depuis cette conversion, Louis Viel enseigne la didactique des sciences physiques et effectue des recherches au sein du laboratoire LEMME.*