

# Elaboration d'une ressource numérique pour la modélisation et la conception de l'oxydoréduction

## Résumé

L'intérêt de notre article se trouve dans l'élaboration d'une ressource numérique censé être un didacticiel conçu pour articuler la modélisation et la conceptualisation de l'oxydoréduction. Quatre séquences d'enseignement /apprentissage se rapportant à la construction des quatre modèles sont bâties dans une progression d'ensemble suivant l'évolution du concept d'oxydoréduction : modèle de transfert d'oxygène, modèle de transfert d'hydrogène, modèle de transfert d'électrons et modèle de variation de nombre d'oxydation. Des considérations didactiques et méthodologiques sont prises en compte avec soin dans la conception du logiciel, dans le choix des contenus à enseigner et des activités de modélisation dans les séquences d'enseignement/apprentissage. Le concept d'oxydoréduction étant un concept abstrait qui se réfère à un « non-objet », 91 représentations sémiotiques sont utilisées pour exprimer et véhiculer le savoir à enseigner dans le module proposé.

Pour évaluer l'efficacité de l'outil élaboré, une mise en œuvre du logiciel est effectuée en situation de classe. Des expérimentations sont réalisées auprès de 232 sujets constitués d'élèves de lycées et étudiants en Physique Chimie de l'Ecole Supérieure d'Antananarivo dans la période du 27 avril 2013 au 22 mai 2013. Les résultats d'analyse des corpus ont donné des performances encourageantes ce qui nous amène à dire que notre hypothèse de recherche est vérifiée. Le didacticiel a contribué à favoriser un apprentissage efficace dans la compréhension la mémorisation du concept d'oxydoréduction et de ses concepts associés.

**Mots-clés :** séquence d'enseignement/apprentissage, logiciel, modélisation, conceptualisation, représentation sémiotique, oxydoréduction.

## Abstract

The interest of our article lies in the development of a digital resource supposed to be a tutorial designed to articulate modeling and conceptualizing redox. Four teaching / learning sequences related to the construction of the four models are built in an overall increase following the evolution of the concept of redox: oxygen transfer model, hydrogen transfer model, electron transfer model, and variation model in oxidation number. Educational and methodological considerations are taken into account carefully in designing the software, choosing the contents to be taught and the modeling activities in the teaching / learning sequences. As the concept of redox is an abstract concept that refers to a "non-object" 91 semiotic representations are used to express and convey the knowledge to be taught in the proposed module.

To evaluate the effectiveness of the developed tool, implementing the software is carried out in a classroom situation. Experiments are conducted with 232 subjects consisting of students from high schools and students in Physical Chemistry from the Ecole Normale Supérieure of Antananarivo in the period from 27 April 2013 to 22 May 2013. The findings from analyzing the corpus gave encouraging performances - which leads us to say that our research hypothesis is verified. The tutorial contributed to foster effective learning in understanding, memorizing the redox concept and its associated concepts.

**Keywords:** teaching / learning sequence, software, modeling, conceptualizing, semiotic

## INTRODUCTION

Aussi bien à l'étranger qu'à Madagascar, le concept d'oxydoréduction présente des difficultés dans son enseignement et son apprentissage. Il fait partie des concepts les plus difficiles à assimiler par les élèves. Il est très préoccupant de constater des étudiants qui ont encore des problèmes pour différencier une réaction d'oxydation d'une réaction d'oxydoréduction car les notions d'oxydant et de réducteur ne sont pas assimilées.

Les interviews et enquêtes effectués auprès des enseignants de lycées et quelques élèves et étudiants évoquent les mêmes difficultés et les mêmes obstacles : l'assimilation des concepts n'est pas faite par manque de Travaux Pratiques, les élèves n'ont pas l'opportunité de manipuler des substances chimiques, d'observer des réactions chimiques, de faire le minimum d'exercices d'application à cause des contraintes dues à la surcharge des programmes scolaires...

Le fait que l'enseignement/apprentissage de l'oxydoréduction est quasiment centré sur un seul modèle celui de transfert d'électrons dans les classes secondaires alors que le concept possède quatre modèles de processus constitue un des facteurs de blocage.

L'on ne peut que se poser la question sur la manière dont on peut enseigner l'oxydoréduction compte tenu des difficultés conceptuelles des apprenants à propos des concepts de base de l'oxydoréduction, pour faire acquérir un savoir durable et fonctionnel.

Les résultats de recherche de Soudani Mohamed (1998), Boulabiar Kerkeni (2004), Martinand (1992), Tiberghien(1994,1999) nous amènent à nous intéresser à la démarche de modélisation et de conceptualisation pour introduire l'enseignement de l'oxydoréduction.

Partie de l'hypothèse que les TIC jouent un rôle dans la construction et l'appropriation du concept d'oxydoréduction, nous avons élaboré un logiciel d'enseignement /apprentissage permettant aux apprenants de faire des activités de modélisation pour construire les quatre modèles de processus de l'oxydoréduction : le transfert d'oxygène, le transfert d'hydrogène, le transfert d'électrons et la variation du nombre d'oxydoréduction.

Le présent article est une partie d'une thèse sur la modélisation et conceptualisation de l'oxydoréductions. Il s'intéresse à l'élaboration et l'utilisation des TIC pour introduire l'enseignement de l'oxydoréduction en tenant compte de l'évolution du concept à des élèves et étudiants qui ont appris le concept d'oxydoréduction uniquement par le transfert d'électrons dans le passé, ne possèdent pas de stratégies à utiliser pour comprendre et intégrer les nouvelles connaissances surtout si elles leur semblent en contradiction avec celles qu'ils possèdent et n'ont pas accès qu'à des observations macroscopiques, alors qu'on leur demande souvent de faire une description au niveau microscopique.

Dans la conception du logiciel, notre intention n'est pas d'élaborer des Travaux Pratiques virtuels, mais de rechercher la manière dont on peut les remplacer par la modélisation et la conception.

Les activités de modélisation envisagées se basent sur l'utilisation du modèle des deux mondes « perceptible » et « reconstruit » de Maréchal (1999 et 2010) et Kerkeni (2004). Le « monde perceptible » est le monde dans lequel nous percevons les mêmes informations. Exemple de la bougie qui brûle avec une flamme bleue : tout un chacun peut percevoir et observer la bougie et la flamme bleue, par contre, nous

ne pouvons pas observer le dioxygène de l'air qui entretient la combustion. Le monde « reconstruit » par le scientifique est ici constitué par l'objet conceptuel dioxygène.

Faisant référence aux travaux de Duval (1995 et 2005), le recours aux représentations est nécessaire dans toute activité de modélisation. Aussi des registres sémiotiques sont utilisées pour représenter différemment l'objet de savoir, chaque représentation apportant des informations spécifiques. L'outil pédagogique élaboré est censé être un didacticiel conçu pour articuler la modélisation et la conceptualisation de l'oxydoréduction. La modélisation pour comprendre et agir, la conceptualisation pour la compréhension conceptuelle. Deux modes d'appropriation y sont privilégiés : l'appropriation par construction et l'appropriation par compréhension.

Pour vérifier l'hypothèse émise, des expérimentations sont faites auprès de 232 apprenants des établissements scolaires et université d'Antananarivo. L'analyse des productions des apprenants nous renseigne sur les performances de l'apprentissage effectué et nous permet d'évaluer ainsi l'efficacité de l'outil pédagogique élaboré pour la modélisation et la conceptualisation de l'oxydoréduction.

## **METHODES**

Afin d'évaluer si l'outil créé convient aux objectifs assignés, il nous est nécessaire de situer notre logiciel dans un cadre théorique d'apprentissage et de prendre en compte des considérations d'ordre didactique et pédagogique dans sa conception.

### **I. Conception du didacticiel**

#### **I.1. Logiciels utilisés**

La création de notre didacticiel a nécessité l'utilisation quelques logiciels :

- Macromedia Dreamwerver 8, pour élaborer les pages web
- Macromédia Flash Professionnel 8, pour les animations
- Paint Pro et Photoshop pour les images.

#### **I.2. Conception pédagogique du module d'enseignement et d'apprentissage**

Nos intentions pédagogiques étant de susciter l'intérêt et l'implication de l'apprenant dans la modélisation du concept «oxydoréduction» et les concepts qui lui sont associés, le plus grand soin est donné au choix des contenus scientifiques et des stratégies nécessaires pour faire comprendre et intégrer les nouvelles connaissances qui peuvent être en contradiction avec celles que l'apprenant possède déjà. L'objectif est de construire un logiciel pédagogique porteur de théories d'apprentissage, de théories pédagogiques et un style d'enseignement incitatif centré à la fois sur le contenu et les apprenants.

La fonction pédagogique de notre didacticiel n'est pas véritablement enseigner selon l'approche traditionnelle, mais de présenter de l'information, dispenser des exercices et permettre un apprentissage aussi bien individuel que collaboratif.

Actuellement en sciences physiques, la tendance est pour les activités expérimentales virtuelles qui favorisent l'apprentissage d'une autonomie progressive dans la démarche expérimentale. Il ne s'agit pas pour nous de faire des Travaux Pratiques virtuels, mais de

rechercher comment remplacer cette activité expérimentale par la démarche de modélisation et l'utilisation de registres sémiotiques intégrés dans le didacticiel.

Toutefois, nous avons réalisé deux animations permettant de visualiser deux phénomènes chimiques : celui de la combustion du fer et celui de la photosynthèse.

Pourquoi le choix de la combustion du fer et de la photosynthèse ?

Nous les avons intégrées dans le contenu pour que les apprenants puissent effectuer leurs observations et descriptions dans les domaines macroscopique et microscopique d'une part, et d'autre part, à les initier à établir des liens. En nous référant aux deux grandes théories d'apprentissage : la conception behavioriste de Pavlov et la conception constructiviste de J.Piaget (Piaget,1896), l'apprentissage est extensif, il doit être utilisable et significatif, c'est-à-dire qu'il doit s'insérer dans un réseau connu par l'apprenant. La combustion du fer et la photosynthèse répondent à ce principe car ils figurent parmi les phénomènes étudiés dans le collège.

Il est à noter que ces simulations permettent à l'apprenant de visualiser seulement les représentations ; il ne peut pas interagir en modifiant des paramètres. Leur avantage est que l'apprenant a l'opportunité d'observer les résultats des expériences et de les comparer avec les résultats théoriques et/ou ses connaissances antérieures.

Quelles activités de modélisations les apprenants peuvent-ils réaliser ?

Pour essayer de répondre à cette question, nous avons pris en compte quelques considérations d'ordre didactique et pédagogique.

### **I.3. Organisation pédagogique du module d'enseignement et d'apprentissage**

Notre cours modulaire est un ensemble de situations d'apprentissage organisées comme un tout. Nous avons apporté le plus de soin à sa conception. Le module consiste en un découpage des contenus à enseigner selon une organisation logique. Chaque découpage constitue ce que nous appelons séquence d'enseignement et d'apprentissage, elle est assortie de la présentation de ses objectifs spécifiques décrivant ce qui est attendu des apprenants. Les quatre séquences proposées sont organisées d'une manière telle qu'elles constituent un tout à la fois et peuvent s'intégrer et s'agencer entre elles pour constituer un ensemble cohérent de la définition du concept d'oxydoréduction.

Selon le point de vue que l'on adopte, on parle de module d'enseignement ou de module d'apprentissage. Dans notre travail, nous utilisons l'un et l'autre car dans la conception didactique du module, on s'intéresse davantage à l'enseignement, et dans la conception des activités on se place du point de vue du sujet qui apprend, c'est la raison pour laquelle on parle de module d'enseignement et d'apprentissage.

#### **I.3.1. Considérations prises pour la préparation des séquences d'enseignement**

Dans ce module sur l'introduction de l'enseignement de l'oxydoréduction, nous avons élaboré quatre séquences d'enseignement qui permettent aux apprenants des activités de modélisation par mise en

relation du « monde perceptible » avec « le monde reconstruit » et des activités de coordination de registres sémiotiques.

Les liens établis entre ces deux mondes permettent de caractériser les niveaux connaissances mobilisées dans la construction des modèles d'oxydoréduction. Les contenus scientifiques objet d'enseignement/apprentissage sont véhiculés dans différents types de représentations sémiotiques en langue naturelle, symboliques et iconiques.

Pour chacune des quatre séquences constituées respectivement par le modèle de transfert d'oxygène, le modèle de transfert d'hydrogène, le modèle de transfert d'électrons et le modèle de variation du nombre d'oxydoréduction, nous avons pris en considération :

- les programmes officiels des collèges et lycées d'une part, et les résultats de recherches en didactique des sciences d'autre part ;
- les objectifs spécifiques et le pré requis ;
- la nature des contenus scientifiques ;
- l'idée largement admise que les lois scientifiques sont déduites à partir d'observations : l'apprenant est sollicité de regarder, d'observer pour commencer à se mettre à l'action pour comprendre ;
- la lisibilité et la mobilité du savoir à enseigner : la possibilité d'une projection de l'écran de l'ordinateur, la distribution d'un document Word pour inscrire les réponses aux questions demandées ou l'utilisation de la feuille de réponses élaborée à partir de Galli's Quiz Faber 2.12.2 ;
- la typologie des fonctions pédagogiques, les tâches proposées à l'apprenant et la manière dont sont traitées les connaissances ;
- la cohérence et la cohésion entre les séquences .

### **I.3.2. Types de situations d'apprentissage**

Si habituellement, l'enseignant parle dans la classe et les apprenants écoutent et prennent note ; dans notre cas, l'enseignant n'intervient pratiquement pas dans cet environnement d'apprentissage. L'intégration des technologies permet de modifier le mode d'enseignement et d'apprentissage. La technologie change le rôle de l'enseignant et celui de la classe qui devient un centre d'apprentissage pour apprendre en construisant, en naviguant, en tapant avec l'ordinateur. Ainsi, les apprenants peuvent visualiser les représentations et l'organisation des savoirs tout en prenant en charge les contenus scientifiques.

Deux types de situation d'enseignement émergent dans l'organisation et la structuration des séquences d'enseignement, ainsi que dans la formulation des nouvelles connaissances. La nouvelle connaissance est soit introduite sous forme de cours ou d'expérience déjà connue ; ou c'est l'apprenant lui-même qui a la possibilité de construire la nouvelle connaissance à travers les différentes questions qui lui sont demandées. Dans les deux cas, l'apprenant est ensuite chargé d'utiliser ces connaissances dans les exercices donnés.

Une feuille de réponse élaborée à partir de Galli's QuizFaber 2.12.2 permet l'apprenant de travailler de façon autonome. Dans cette situation d'apprentissage, l'apprenant est responsable de la construction de ses connaissances. Après validation des réponses choisies, il obtient ses scores et un feedback le renseigne sur ses compétences.

Un exemplaire de la correction prise en charge par l'ordinateur avec le logiciel Galli's QuizFaber 2.12.2 est donné en annexe.

### I.3.3. Contenus scientifiques et emphases utilisés

Le module est de quatre séquences d'enseignement se rapportant respectivement aux quatre modèles d'enseignement du concept d'oxydoréduction : transfert d'oxygène, transfert d'hydrogène, transfert d'électron(s) et variation du nombre d'oxydation. De nombreuses études ont montré que la présentation de ces objectifs spécifiques est efficace car ils explicitent les compétences attendues de l'élève et leur présentation aide ce dernier dans ses apprentissages. L'élève informé de ce qu'on attend de lui, focalisera son attention sur les points importants et s'organisera dans son apprentissage.

Chaque séquence d'enseignement et d'apprentissage comporte des objectifs spécifiques qui sont formulés en termes de résultats attendus de l'apprenant, des pré requis que l'apprenant est censé maîtriser pour suivre efficacement le cours. Les pré-acquis désignent l'ensemble des compétences maîtrisées par l'élève en rapport avec un apprentissage déterminé.

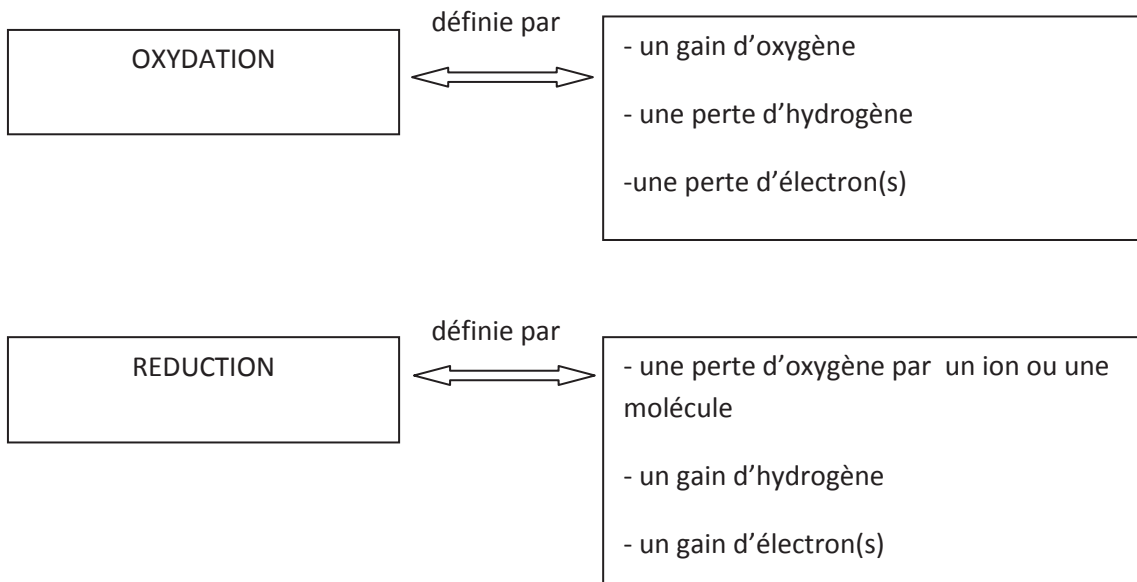
En conformité et cohérence avec les objectifs spécifiques attribués à chaque séquence, les contenus à enseigner portent sur des concepts : certains sont nouveaux, pour d'autres le travail consiste à étendre le champ d'application. Les objectifs sont assignés à la mise en œuvre de concepts précis qui sont l'objet d'apprentissage dans les séquences d'enseignement/apprentissage :

- séquence N°1 : construction du modèle de transfert d'oxygène avec les concepts associés : « fixation d'électrons, perte d'électrons, réducteur, oxydant, oxydation, réduction, oxydoréduction, couple redox ».
- séquence N°2 : construction du modèle de transfert d'hydrogène avec les concepts associés : « fixation d'hydrogène, perte d'hydrogène, réducteur, oxydant, oxydation, réduction, oxydoréduction, couple redox ».
- séquence N°3 : construction du modèle de transfert d'électrons avec les concepts associés : « fixation d'électrons, perte d'électrons, réducteur, oxydant, oxydation, réduction, oxydoréduction, couple redox ».
- séquence N°4 : construction du modèle de variation du nombre d'oxydation avec les concepts associés : « augmentation du nombre d'oxydation, diminution du nombre d'oxydation, réducteur, oxydant, oxydation, réduction, oxydoréduction, couple redox ».

Prenant en considération la « continuité » du savoir (Tiberghien, 2007), la reprise d'un élément du savoir nouvellement enseigné peut favoriser son apprentissage, nous avons procédé à la restructuration suivante : on intègre de nouvelles notions par restructuration de celles que l'on connaît déjà.

C'est ainsi que le modèle de transfert d'oxygène objet d'apprentissage dans la séquence N°1 est repris successivement dans la construction du modèle de transfert d'hydrogène, dans la construction du modèle transfert d'électrons et dans la construction du modèle de variation de nombre d'oxydation.

L'approche est appliquée dans chaque séquence : dans la séquence N°4 avant de construire le modèle de nombre d'oxydation, s'impose un rappel des concept-processus de l'oxydation et de la réduction se définissant comme suit :



La structure du module ainsi élaboré se présente comme suit :

Tableau 1 : Structure du module d'enseignement et d'apprentissage des quatre modèles de l'oxydoréduction  
(auteur)

| N°séquence            | 1   | 2  | 3   | 4   |
|-----------------------|---|--|---|---|
| Intitulé séquence     | Construction du modèle d'oxydoréduction par transfert d'oxygène.  | Construction du modèle d'oxydoréduction par transfert d'hydrogène.   | Construction du modèle d'oxydoréduction par transfert d'électrons.  | Construction du modèle d'oxydoréduction par le nombre d'oxydation.  |
| Objectifs généraux    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Construire le modèle d'oxydation par transfert d'oxygène.</li> <li>- Construire le modèle de réduction par transfert d'oxygène.</li> <li>- Construire le modèle d'oxydoréduction par transfert d'oxygène.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Construire la relation entre modèle par transfert d'oxygène et transfert d'hydrogène.</li> <li>- Construire le modèle par transfert d'hydrogène.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Construire la relation entre modèle de transfert d'électrons et transfert d'oxygène.</li> <li>- Construire le modèle d'oxydoréduction par transfert d'électrons.</li> <li>- Construire la relation entre modèle de transfert d'hydrogène et transfert d'électrons .</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Construire le modèle d'oxydoréduction par la variation du nombre d'oxydation.</li> </ul>   |
| Objectifs spécifiques | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire le phénomène d'oxydation à partir de la réaction de combustion du fer.</li> <li>- Décrire la réaction de réduction à partir de la réaction de photosynthèse.</li> <li>-Vérifier que l'oxydant n'est pas exclusivement du dioxygène.</li> <li>-Définir les couples d'oxydoréduction par transfert d'oxygène.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire la réaction d'oxydation par transfert d'oxygène et transfert d'hydrogène.</li> <li>- Vérifier que le transfert d'hydrogène peut se faire sans le transfert d'oxygène.</li> <li>-Vérifier que la perte d'hydrogène correspond à une oxydation et le gain d'hydrogène à une réduction.</li> <li>- Identifier l'oxydant et le réducteur par le modèle de transfert d'hydrogène.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interpréter le phénomène d'oxydation par transfert d'oxygène et transfert d'électrons.</li> <li>-Vérifier que le transfert d'électrons peut se faire sans le transfert d'oxygène.</li> <li>-Interpréter la réaction d'oxydation par transfert d'électrons et transfert d'hydrogène.</li> <li>-Vérifier que le transfert d'électrons peut se faire sans transfert d'hydrogène.</li> <li>-Reconnaître une réaction redox et les couples redox par le transfert d'électrons.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Déterminer le N.O des éléments dans une molécule et dans les ions.</li> <li>- Interpréter la signification de la variation du N.O dans une réaction chimique.</li> <li>-Identifier le réducteur et l'oxydant à partir de la variation du N.O.</li> <li>-Vérifier une réaction redox par le modèle de transfert d'oxygène et variation du N.O.</li> <li>- Vérifier qu'une réaction peut être interpréter par le modèle de transfert d'électrons et variation du N.O.</li> <li>-Vérifier qu'une réaction peut être interprétée par le modèle de transfert d'hydrogène et le modèle de variation de N.O.</li> </ul> |



|            |   |   |   |  |
|------------|---|---|---|--|
| Pré requis | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eléments chimiques et leurs symboles.</li> <li>- Equation-bilan d'une réaction chimique</li> <li>- Réaction de combustion</li> <li>- Réaction de photosynthèse.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modèle de transfert d'oxygène.</li> <li>- Equation-bilan d'une réaction chimique.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Structure de l'atome.</li> <li>- Formation de liaisons chimiques.</li> <li>- Modèle de transfert d'oxygène.</li> <li>- Modèle de transfert d'hydrogène.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tableau périodique des éléments chimiques et leurs électronégativités.</li> <li>- Modèle de transfert d'oxygène</li> <li>- Modèle de transfert d'hydrogène</li> <li>- Modèle de transfert d'électrons.</li> </ul> |
|------------|---|---|---|--|

Ainsi structuré, le savoir à enseigner est exprimé dans quatre vingt onze représentations sémiotiques en langue naturelle, iconiques et symboliques. L'apprenant est appelé à construire ses connaissances dans un environnement d'apprentissage technologisé selon le projet que le concepteur propose. Autrement dit, il donne un autre paradigme d'apprentissage.

Toujours dans le but de favoriser l'apprentissage, des éléments d'emphase visuelle sont utilisés : écriture en gras, utilisation des encadrés, variation des couleurs des caractères, présentation des tableaux pour souligner les relations existantes entre différents éléments. Nous donnons ci-dessus quelques exemples illustratifs de cette emphase visuelle.

- Les titres de séquences sont en caractères gras, de couleur rouge et encadrés .
- Les paragraphes sont en gras, de couleur rouge mais non encadrés.
- Les sous-paragraphes sont en caractères gras, de couleur verte.
- Les encadrés sont numérotés avec un fond vert.

Partant du principe que l'apprentissage est basé sur une appropriation active de connaissances par l'apprenant, nous considérons comme essentiel de solliciter en permanence l'activité de l'apprenant. Ce qui nous conduit à intégrer dans le module des questions d'évaluation formative pour avancer l'apprentissage.

#### **I.3.4. Conception et élaboration des questions**

Ces questions peuvent intervenir pendant ou à la fin des séquences d'enseignement et d'apprentissage.

Chaque question posée demande une réponse claire et précise qui permet de :

- situer la progression de l'apprenant par rapport à l'objectif fixé
- relever les obstacles auxquels l'apprenant se heurte.

Autrement dit, les questions posées sont censées :

- aider l'apprenant à apprendre,

- informer l'apprenant sur ce qu'il sait faire et sur ce qui lui reste à apprendre pour savoir faire,
- situer sa progression par rapport à un objectif,
- être des sources d'apprentissage,
- contribuer à l'entraide entre pairs et valoriser les réponses correctes quand les apprenants apprennent en groupe.

**•Formes des questions**

Pour mener à bien la construction du questionnement, nous avons recouru à différentes formes de questions parmi lesquelles on distingue :

- les questions à choix multiple : on présente à l'apprenant une série de propositions parmi lesquelles il devra choisir la bonne réponse, les autres propositions sont erronées et servent de distracteurs,
- les questions à choix dichotomique : l'apprenant choisit entre deux propositions en répondant par vrai ou faux,
- les questions de production à réponse courte,
- les phrases à compléter.

**•Formulation des questions**

Les questions assignées pour la modélisation et conceptualisation de l'oxydoréduction dans notre module sont formulées et réparties comme suit :

- Tableau 2 : Typologie des questions assignées dans le module d'enseignement et d'apprentissage (auteur)

|            |  |
|------------|--|
| Séquence 1 | Décrire...<br>Ecrire...<br>Observer...<br>Quel est ...<br>Répondre par....<br>Pourquoi....<br>Trouver...<br>Préciser...<br>Que peut-on dire....<br>Donner...   |
| Séquence 2 | Décrire...<br>Identifier...  |
| Séquence 3 | Décrire...<br>Interpréter...<br>Préciser...<br>Donner...<br>Cocher...  |
| Séquence 4 | Comment savoir que....<br>Lesquelles des interprétations vous semblent....<br>Observer et donner....<br>Montrer que...<br>Déterminer...<br>Donner ....<br>Identifier...<br>Vérifier...<br>Calculer...<br>Equilibrer... |

Dans le module, nous ne nous sommes pas intéressés au « pourquoi » des choses ; mais plutôt dans le sens de comment interpréter, déterminer, vérifier, donner .. ..

A chaque question, une réponse claire est attendue. Elle doit nous satisfaire pour nous apporter les éléments qui nous permettent d'apprécier si le didacticiel élaboré contribue à amener l'élève responsable du savoir à construire.

En général, les questions de sélection sont qualifiées d'objectives et celles de production sont qualifiées de subjectives. Et cette différenciation entre dans le mode de correction. Comme il se trouve que nous sommes à la fois le concepteur et le correcteur des tâches demandées, nous avons donné les réponses attendues au moment de l'élaboration des questions pour diminuer la subjectivité du correcteur. Une grille de réponses est alors établie. Les corrections sont prises en charge par l'ordinateur. Il suffit à l'apprenant de taper la réponse dans la zone de texte, emplacement prévu à cet effet puis valider la réponse, et la correction s'affiche.

En guise de conclusion, nous pensons avoir considéré les facteurs essentiels à tenir en compte dans le développement et la conception pédagogique de notre logiciel pour favoriser l'apprentissage de l'oxydation. Les activités d'enseignement données ainsi que les autres paramètres sont censés contribuer à une utilisation optimum du logiciel pour créer des conditions favorables d'apprentissage.

Le but est-il atteint ?

Pour pouvoir y répondre, nous avons procédé à des expérimentations du logiciel.

#### **I.4. Expérimentations du didacticiel**

##### **I.4.1. Choix des classes et déroulement de l'expérimentation**

Les expérimentations sont faites auprès de 232 apprenants constitués d'élèves malgaches de classe de 1<sup>ère</sup>, de classe de Terminales scientifiques et des étudiants de 3<sup>ème</sup> en Physique-Chimie par nos enseignants-stagiaires en responsabilité et des maîtres de stage titulaires de classe dans la période du 27 avril 2013 au 22 mai 2013.

Les niveaux de classe choisis sont :

- les classes de première qui n'ont pas encore bénéficié d'enseignement sur l'oxydoréduction,
- les classes de Terminales qui ont déjà reçu un enseignement sur l'oxydoréduction l'année dernière en classe de première,
- et des étudiants de 3<sup>ème</sup> année en Physique Chimie à l'Ecole Normale Supérieure d'Antananarivo qui sont censés avoir acquis des connaissances sur l'oxydoréduction depuis le lycée et pendant leur cursus à l'université.

Notons que tous les apprenants qui ont bien voulu participer à l'expérimentation du didacticiel se sont tous portés volontaires.

Avant de passer aux séances d'expérimentation, nous avons fait avec une réunion préliminaire avec nos enseignants-stagiaires et quelques maîtres de stage pour leur informer du but de l'expérimentation et de notre travail de recherche. Ont été discutés différents points d'organisation entre autres la manière à organiser les séances d'expérimentation pour que les apprenants puissent se sentir à l'aise pendant l'apprentissage. Les consignes leur sont données ainsi que des copies du logiciel version « réponses masquées » et des feuilles de réponses saisies en Word pour inscrire les réponses aux différentes questions demandées. Selon la disponibilité du stagiaire, l'apprenant peut répondre directement sur l'ordinateur et reçoit des feedback sur ses performances si non, l'apprenant répond sur la feuille saisie en Word prévue à cet effet et il nous revient après de faire la transcription pour l'analyse.

Comme l'écrit a des effets positifs sur les apprentissage, nous avons reproduit dans un document Word toutes les questions auxquelles l'apprenant doit répondre par écrit dans l'emplacement réservé.

Nous avons conçu deux versions différentes de notre logiciel, une version dans laquelle les réponses des questions sont données et une autre dans laquelle les réponses sont masquées. Pour notre expérimentation avec les élèves nous leur avons passé la version « réponses masquées ».

Les expérimentations sont faites en situation de classe, soit dans la salle d'informatique avec des ordinateurs (un ordinateur par élève ou groupe d'élèves), soit en salle de classe habituelle avec un vidéo projecteur et un écran.

L'enseignant-stagiaire introduit la leçon en mentionnant qu'il s'agit ici d'enseigner et d'apprendre autrement, il donne les instructions d'organisation et l'ensemble des comportements attendus de l'enseignant par les élèves et réciproquement, ce qu'on peut appelé « contrat didactique ».

En principe, ni le stagiaire ni le maître de stage ne doit plus intervenir pendant l'expérimentation après la phase introductive de mise en ambiance et de dévolution. Même si les connaissances de l'apprenant s'avèrent insuffisantes pour résoudre immédiatement la question posée, on lui fait comprendre qu'il doit considérer le problème posé comme le sien et qu'il doit envisager ce qu'est une réponse possible.

L'apprenant est ainsi conduit à produire des actions, choisir une stratégie et la modifier en cas d'échec, faire évoluer ses connaissances et en construire de nouvelles. Il peut être amené dans une situation-problème. Le terme « séquence » utilisé dans le module renvoie à une séance ou un ensemble de séances. Le temps didactique est laissé à l'initiative de l'enseignant-stagiaire qui supervise le déroulement de la séance. Mais il est d'environ de 3 H par séquence sauf pour la séquence N°2 qui demande moins d'une heure. L'ordre chronologique de passation des expérimentations doit être respecté en commençant par la séquence N°1, puis la séquence N°2 suivie de la séquence N°3 et en dernier lieu la séquence N°4. En cas de nécessité, après discussion dans les groupes par exemple, les apprenants peuvent revenir aux séquences précédentes par simple clic de la fenêtre correspondante. Les liens de navigation sont construits à cet effet.

Les apprenants peuvent travailler seuls ou en groupe selon leur affinité. S'ils choisissent de travailler en groupe, ils doivent garder le groupe pour traiter les quatre séances. S'ils travaillent individuellement, chaque apprenant doit remettre ses feuilles de réponses. S'ils travaillent en groupe, chaque groupe remet un seul exemplaire de réponses.

Nous avons pu remarquer dans les groupes la présence de phase de formulation de réponses avant de remplir les feuilles de réponses.

#### I.4.2. Séquences expérimentées

Rappelons que tous les apprenants qui ont participé à l'expérimentation se sont tous portés volontaires pour « apprendre autrement ». Le tableau suivant donne le nombre d'apprenants, leurs établissements d'origine et les séquences expérimentées.

**Tableau 3** : Nombre d'apprenants, niveaux et séquences expérimentées par établissement

|                         | LJRA                        | LJF                   | LMA         | LI          | EPC              | ENS                          |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------|-------------|------------------|------------------------------|
| Nombre groupes élèves   | 14 groupes de 7 ou 8 élèves | 3 groupes de 4 élèves | 92 élèves   | 6 élèves    | 7 élèves         | 6 groupes de 4 étudiants     |
| Niveaux                 | Première C et D             | Terminale D           | Terminale C | Terminale C | Terminale C et D | 3 <sup>ème</sup> Année en PC |
| Séquences expérimentées | 1,2,3                       | 1,2,3                 | 1           | 1,2,3       | 1                | 1,2,3,4                      |

**LJRA** : Lycée Joseph Ravoahangy Andrianavalona à Andranonahoatra – Antananarivo

**LJF** : Lycée Jules Ferry – Antananarivo

**LMA** : Lycée Moderne Ampefiloha – Antananarivo

**LI** : Lycée d'Imerintsiatosika-Antananarivo – Suburbaine

**EPC** : Ecoles Privées Confessionnelles (ESCA ; Lycée Maria Manjaka ; Sainte Antoine ; Sainte Famille) – Antananarivo

**ENS** : Ecole Normale Supérieure – Antananarivo

Notre corpus à analyser constitué de 160 productions se répartit comme suit :

**Tableau 4** : Nombre de productions à analyser par séquence d'enseignement

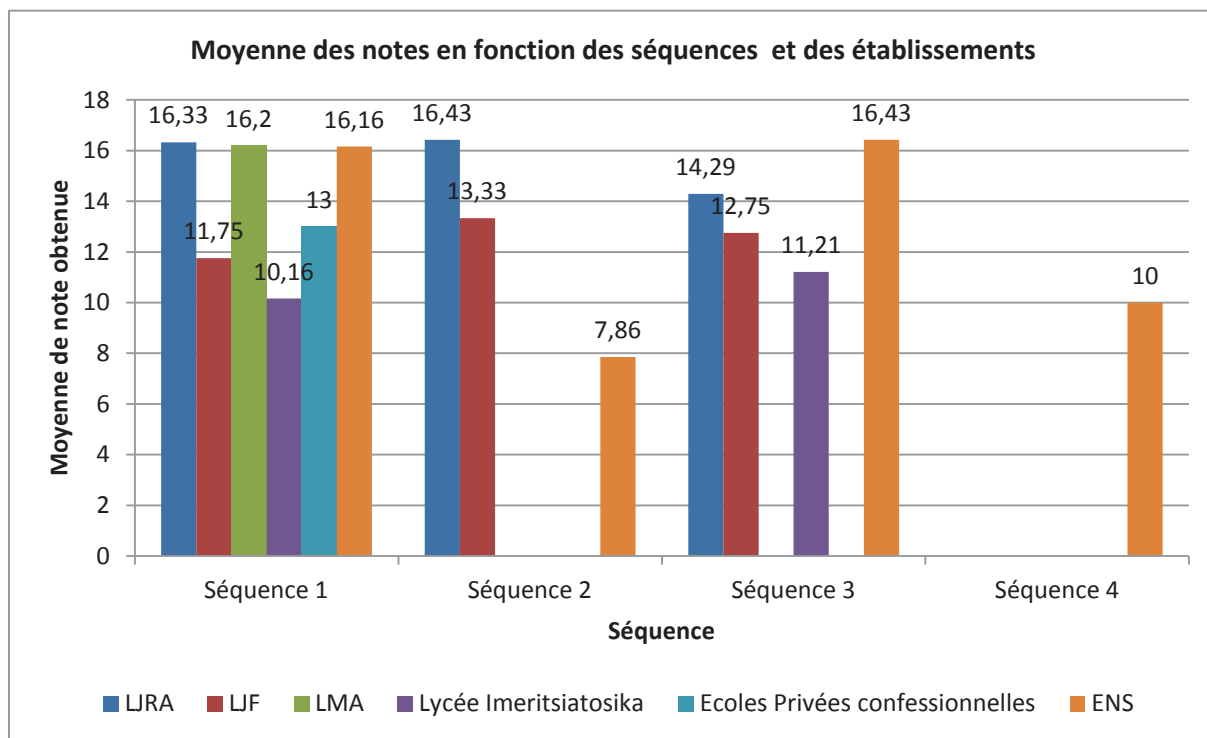
|                    | Séquence 1 | Séquence 2 | Séquence 3 | Séquence 4 |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|
| Nombre productions | 48         | 53         | 53         | 6          |

Nous pensons avoir pu inscrire les expérimentations dans la conception constructiviste de l'apprentissage.

Le but est-il atteint ? L'agencement des séquences d'enseignement/apprentissage a-t-il aidé l'apprenant dans l'assimilation des différents concepts enseignés ? Les activités données dans le didacticiel a-t-il contribué dans la construction et l'appropriation du concept d'oxydoréduction ? Les différentes représentations sémiotiques utilisées ont-elles contribué à la compréhension des concepts ?

Pour pouvoir répondre à ce questionnaire, nous allons nous référer aux résultats d'analyse des productions des apprenants lors des expérimentations effectuées dans les lycées et à l'Ecole Normale Supérieure d'Antananarivo.

**RESULTATS**



Le graphe nous renseigne que les performances des élèves de la classe de première du Lycée Jules Ferry sont encourageants dans les séquences N°1, N°2 et N°3. Notons que ces élèves n'ont pas encore bénéficié d'enseignement sur l'oxydoréduction avant les expérimentations. Les élèves du Lycée d'Imeritsiatosika n'ont pas réussi les expérimentations dans les séquences N°1 et N°4 : cette situation mérite d'être analysée plus profondément pour en déceler les causes.

**CONCLUSION**

Inscrit dans le cadre de l'enseignement et de l'apprentissage du concept d'oxydoréduction par les TICs , notre présent article se rapporte à l'élaboration d'un didacticiel permettant de faire des activités de modélisation et de conceptualisation de l'oxydoréduction. Le didacticiel est crée à partir de l'utilisation de quelques logiciels:

- Macromedia Dreamwerver 8, pour élaborer les pages web
- Macromédia Flash Professionnel 8, pour les animations
- Paint Pro et Photoshop pour les images.

Des considérations didactiques et méthodologiques sont prises en compte avec soin dans la conception du logiciel. Le module est découpé en quatre séquences d'enseignement /apprentissage assorties chacune d'objectifs généraux, d'objectifs spécifiques et de pré requis. S'inscrivant dans le constructivisme, les savoirs y sont organisés de manière à favoriser un apprentissage profond et non un apprentissage par cœur. Le nouveau savoir objet d'enseignement est en relation avec ce que l'apprenant sait déjà. Ainsi les nouvelles notions sont intégrées par restructuration dans celles que l'apprenant connaît déjà.

Comme le concept d'oxydoréduction se réfère à des « non-objets », sa conceptualisation passe par des registres sémiotiques.

Le savoir à enseigner dans le module est véhiculé dans quatre vingt onze représentations sémiotiques différentes : en langue naturelle, iconique, symbolique.

Pour évaluer l'efficacité de l'outil élaboré, nous l'avons expérimenté en situation de classe auprès de 232 sujets constitués d'élèves de lycées et étudiants en Physique Chimie de l'Ecole Supérieure d'Antananarivo. L'analyse des corpus a montré que les élèves des classes de première qui n'ont pas encore reçu d'enseignement sur l'oxydoréduction avant les expérimentations, ont obtenu des performances satisfaisantes. Ces résultats nous amènent à dire que notre hypothèse de recherche est vérifiée, que le didacticiel a contribué à favoriser un apprentissage efficace dans la compréhension et la mémorisation du concept d'oxydoréduction et de ses concepts associés. La progression des différents modèles ainsi que les activités qui les accompagnent et l'utilisation des représentations pour véhiculer les concepts ont contribué à l'amélioration de l'appropriation et la compréhension du concept d'oxydoréduction et de ses concepts associés. Le constat d'échec des expérimentations auprès des élèves du Lycée d'Imeritsiatosika et des étudiants de l'ENS nous interpelle à poursuivre ce travail pour déceler les obstacles liés à l'utilisation du logiciel.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOLABIAR, K.(2004). *Notions et modèles fondateurs de la connaissance des élèves et des étudiants en oxydoréduction* ;Thèse de doctorat en Sciences de l'Education de l'Université LUMIERE LYON 2.

DUVAL, R (1993). *Registre de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée*. IMREM de Strasbourg, n°5, p.37-65

DUVAL, R(1995). *Sémiosis et pensée humaine, registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Peter Lang.

DUVAL, R(2005). Transformations de représentations sémiotiques et démarches de pensée en mathématiques. In-J-C. Rauscher (éd), *Actes du XXXIIème Colloque COPIRELEM*, Strasbourg : IREM, p.67-89.

Le MARCHAL, J.-F. (2010). Enseignement de la chimie à l'aide de l'histoire des sciences. Obstacles et approche nouvelle. *Acte de congrès de l'Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF)*, Université de Genève.

MARTINAND, J.-L. (dir.) (1992). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.

PEKDAG, B & MARECHAL, J.-F. (1999). *Influence de la nature du texte d'un film de chimie sur son utilisation par un apprenant*. DIDASKALIA-n°28-2006.

PEKDAG, B & MARECHAL, J.-F. (2003). *Hyperfilm – un outil de recherche en didactique de la chimie*. ATIEF, Environnement informatique pour l'Apprentissage Humain, Strasbourg, avril 2003, p.547-550

PIAGET, J. (1964). *Six Etudes en Psychologie*. Genève : Editions Gauthier.

TIBERGHIEU, A. (1994). *Modeling as a basis for analysing teaching-learning situations*. *Learning and Instruction*, vol. 10, n° 4, p. 71-87.

TIBERGHIEU, A. (1995). *Les conceptions*. *Cours de didactique des disciplines scientifiques*, Université de Lyon 1.



**.ANNEXES****Annexe 1****Grille de correction des quatre séquences d'enseignement et d'apprentissage****Démarche de conceptualisation d'oxydoréduction****Séquence 1 : Construction du modèle de transfert d'oxygène**

Quel est votre niveau ? [ex: Troisième année en université, Terminal ou première scientifique,...etc. , ou

n'ayant pas encore appréhender l'oxydoréduction]  (obligatoire) Indiquez votre mode de travail [ex: Individuel, Groupe (nombre de personne non précisé), Groupe de 2 personnes, Groupe de 3 personnes, Groupe de plus de 3 personnes]  (obligatoire)

**DEMARRER**

*\* Vous n'aurez besoin de vous soucier comment écrire les indices et les charges dans les formules chimiques. (Même si vous les écrivez dans Microsoft Word ou Math Type, elles ne seront pas prises en compte après collage). Vous n'aurez qu'à les écrire directement après les symboles chimiques sans aucune espace (ex: O2 pour le dioxygène et OH- pour l'ion hydroxyde). Quant aux flèches des réactions chimiques, elles y sont déjà figurées.*

*\* Il y a une espace entre un nombre et un symbole (ex: 2 e-)*

*\* Si vous avez deux citations, séparer les par "et"*

*\* Si vous avez plus de deux citations, séparer les par un tiret suivi d'une espace avant et après chaque citation en terminant la dernière par "et". (ex: lire la question - réfléchir - répondre et valider)*

question 1

**Quels sont les réactifs et produits ?**

Les réactifs sont .

Le produit est .

répondre

**Il faut mettre une espace entre les coefficients et les symboles chimiques et sans espace pour les nombres représentant les indices des symboles chimiques.**

question 2

**Ecrire l'équation bilan de la réaction.**

~>

répondre

question 3

Observer les formules chimiques dans l'équation bilan précédente. Quel est le rôle du fer dans la réaction ?

répondre

---

question 4

Quel est le rôle du dioxygène dans la réaction ?

Le dioxygène

répondre

---

question 5

Vrai ou faux ?

**A** Toute réaction qui met en jeu du dioxygène est une réaction d'oxydation.

Vrai  Faux

**B** Toute substance qui fixe de l'oxygène est oxydée.

Vrai  Faux

**C** Le dioxygène est un oxydant.

Vrai  Faux

**D** Toute substance qui fixe de l'oxygène est un oxydant.

Vrai  Faux

répondre

---

question 6

Pourquoi la combustion de la bougie est entretenue dans l'étape 1 ?

à cause de

répondre

---

question 7

Pourquoi la combustion de la bougie n'est pas entretenue dans l'étape 2 ?

question 8

Ecrire l'équation bilan de la réaction chimique dans l'étape 1.



répondre

Parsonnette RAHARIJAONA , Jean- Claude Omer ANDRIANARIMANANA

N° 19 Juillet 2015

---

question 9

Réécrire l'équation bilan de la combustion du fer.

~>

répondre

---

question 10

**Réécrire l'équation bilan de la photosynthèse.**

~>

répondre

---

question 11

**Trouver un point commun à ces deux réactions chimiques.**

répondre

---

question 12

**Trouver un point divergent à ces deux réactions chimiques.**

Dans la combustion du fer  et dans la photosynthèse .

répondre

---

question 13

**Vrai ou faux ?**

**A** Toute réaction qui libère du dioxygène est une réaction de réduction.

Vrai  Faux

**B** Toute substance qui fixe de l'oxygène est un réducteur.

Vrai  Faux

**C** Toute réaction qui fixe de l'oxygène est une réaction d'oxydation.

Vrai  Faux

**D** Toute substance qui donne de l'oxygène est un oxydant.

Vrai  Faux

répondre

---

question 14

**Préciser le rôle des réactifs dans la réaction a.**

Dans a, Al est  et H<sub>2</sub>O est .

répondre

---

question 15

**Préciser le rôle des réactifs dans la réaction b.**

Dans b, Al est  et Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> est .

répondre

---

question 16

**Préciser le rôle des réactifs dans la réaction c.**

Dans c, CH<sub>4</sub> est  et O<sub>2</sub> est .

répondre

---

question 17

**Quels sont les oxydants identifiés ?**

Les oxydants identifiés sont .

répondre

---

question 18

**Que peut-on déduire ?**

On déduit que .

répondre

---

question 19

**Que peut-on dire à propos des réactions d'oxydation et de réduction dans une même réaction chimique ?**

Il y a .

répondre

---

question 20

**Compléter les cases vides par les mots appropriés : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al, H<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, réducteur, réduite, oxydant, oxydé.**

a) Le réducteur  est  sous la forme Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. L'  H<sub>2</sub>O est réduite sous la forme .

b) Le  est oxydé sous la forme . L'oxydant  est  sous la forme Fe.

répondre

---

question 21

**Donner les deux couples redox dans la réaction a.**

/ et /

répondre

question 22

**Donner les deux couples redox dans la réaction b.**

/ et /

répondre

---

*Séquence 1 : terminé.*

*Séquence 2 : à parcourir*

Annexe 2

Exemple d' écran affichée dans la séquence d'enseignement/apprentissage 1

Macromedia Flash Player 8


Fichier Affichage Contrôle Aide

## DEMARCHE DE CONCEPTUALISATION DE L'OXYDOREDUCTION

**Séquence 1: Construction du modèle de transfert d'oxygène**

**I. Combustion du fer**

**I.1- Expérience :**  
 Quand on porte dans une flamme de bougie un morceau de paille de fer. La paille de fer brûle et présente une incandescence. Il se forme une poudre de couleur brun rouge d'oxyde de fer (  $Fe_2O_3$  ).



← Paille de fer

← Flamme de bougie

Lire l'animation

**Comment expliquez-vous la formation de l'oxyde de fer (  $Fe_2O_3$  ) ?**

**I.2 Observations**

Décrire l'expérience : quels sont les réactifs et produits ?

Zone de texte N°1

Réponses

**I.3 Ecrire l'équation bilan de la réaction :**

Zone de texte N°2

Réponses

**I.4 Conceptualisation de l'oxydation sous forme littéraire**

- Observer les formules chimiques de l'équation -bilan précédente. Quel est le rôle du fer dans la réaction ?

Zone de texte N°3

Réponses

**Encadré 1**

Le fer a fixé de l'oxygène, on dit qu'il y a oxygénation ; le fer est oxydé et la réaction est une oxydation.

**Encadré 2**

Fixation d'oxygène => Oxygénation => oxydation

- Quel est le rôle du dioxygène dans la réaction ?

Zone de texte N°4

Réponses

**Encadré 3**

Le dioxygène donne de l'oxygène au fer, on dit que le dioxygène est un oxydant.  
 Le fer a fixé de l'oxygène, on dit qu'il est réducteur