

AVANTAGES DES TIC DANS LE CONTEXTE CURRICULAIRE ET DIDACTIQUE : SIMULATION NUMÉRIQUE DE LABORATOIRE VIRTUEL EN SCIENCES PHYSIQUES POUR LE MOYEN SECONDAIRE AU SÉNÉGAL

Dame GUEYE

Université Internationale Ibéroaméricaine de Mexico (UNINI)

dame.gueye1@uvs.edu.sn

Résumé : L'enseignement des sciences physiques constitue une des préoccupations majeures du fait qu'il revêt d'une didactique basée sur l'expérimentation et des travaux pratiques. Ainsi, la réalité montre que dans la plupart des cas, leur enseignement est amputé de sa dimension expérimentale et pratique. Diverses raisons sont alléguées pour absoudre l'absence d'expérience en enseignements de la physique-chimie dans les collèges et lycées du (pays). Nous pouvons évoquer entre autres le manque de matériels, de produits chimiques, d'infrastructures scolaires ; et les classes pléthoriques. Ces importunités constituent une barrière pour respecter les critères didactiques disciplinaires de l'enseignement des sciences physiques tant voulu par les acteurs. Aujourd'hui, les TIC induisent des mutations profondes dans tous les secteurs d'activités et offrent des opportunités immenses sur lesquelles l'école pourrait tirer profit. De ce fait, les didacticiens et les pédagogues s'interrogent sur leurs intégrations pédagogique et didactique en enseignement. En effet, vu le manque d'expérimentation et de pratique dans l'enseignement des sciences physiques, les dégâts cognitifs que cela pourrait engendrer chez les élèves et l'intérêt que porte les sciences physiques ; les simulations numériques et les labos virtuels pourraient se présenter comme un recours pédagogique et didactique non pas pour remplacer l'expérience réelle mais pour pallier aux manques. Pour cet article nous tentons de mettre l'accent en général sur les avantages des simulations numériques et en particulier sur les labos¹ virtuels. Pour ce faire nous allons tout d'abord faire un aperçu des TIC, des simulations numériques et des labos virtuels. Ensuite, il convient d'examiner les avantages de l'usage des simulations numériques et labos virtuels en enseignement des sciences physiques à partir d'une revue de littérature. Enfin, une description d'une étude de cas d'un laboratoire virtuel de chaleur massique qui permet à la détermination expérimentale de chaleur massique d'un corps est examinée: chapitre calorimétrie : programme de sciences physiques de première S.

Mots-clés : Simulation numérique, labo virtuel, intégration didactique, enseignement sciences physiques.

ADVANTAGES OF ICT IN THE CURRICULAR AND DIDACTIC CONTEXT: DIGITAL SIMULATION OF VIRTUAL LABORATORY IN PHYSICAL SCIENCES FOR SECONDARY SCHOOL IN SENEGAL

Abstract : The teaching of physical sciences is one of the major concerns because it involves teaching based on experimentation and practical work. All in all, reality shows that in most cases, their teaching is cut off from its experimental and practical dimension. Various reasons are alleged to absolve the lack of experience in teaching physics chemistry in our colleges and high schools. We can mention the lack of materials, chemicals, school infrastructure, and overcrowded classes among others. These importunities constitute a barrier for the improvement of the teaching of physical sciences so much desired by the actors. Today, ICTs are inducing profound changes in all sectors of activity and offer us immense opportunities on which the school could take advantage. In fact, didacticians and pedagogues wonder about their pedagogical and didactic integration in teaching. In effect ; given the lack of experimentation and practice in the teaching of physical sciences, the cognitive damage that this could cause in students and the interest in physical sciences; digital simulations and virtual labs could be presented as a pedagogical and didactic resource not to replace real experience but to make up for the lack. For this article we try to emphasize the advantages of digital simulations and in particular virtual labs. To do this, we will first give an overview of ICT, digital simulations and virtual labs. Then we examine the advantages of the use of numerical simulations and virtual labs in

¹ Labo vient de laboratoires et que c'est l'apocope de laboratoires qui donne labo

teaching physical sciences from a literature review. Finally we propose a description of a case study of a virtual specific heat laboratory which allows to the experimental determination of specific heat of a body: In the chapter calorimetry program of first S.

Keywords: Numerical simulation, virtual lab, didactic integration, teaching physical sciences

Introduction

Cette étude entre dans le cadre de la recherche en éducation, orienté dans les perspectives de penser et de repenser les pratiques d'enseignement/apprentissage des sciences physiques dans les collèges et lycées du Sénégal. Le champ d'exploration est l'environnement numérique en enseignement des sciences physiques dont l'axe du thème est l'intégration didactique et pédagogique des simulations numériques de labos virtuels au cours des enseignements en physique-chimie aux collèges et lycées. Cet article porte un regard sur les atouts didactique et pédagogique que peuvent apporter les simulations numériques de labos virtuels pour pallier aux insuffisances didactiques constatées en enseignement des sciences physiques. En premier lieu, le contexte TIC et enseignement des sciences physiques est examiné. En deuxième moment un aperçu de simulation numérique et des labos virtuels est donné. En troisième lieu, il convient de proposer une étude de cas.

Justification du thème

Quoi qu'on puisse dire de la science, son apport dans le progrès de l'existence humaine est incontestable. Son enseignement est le moyen à travers lequel toutes les nations comptent pour sa maîtrise. L'éducation scientifique a pour but de cultiver chez les élèves, la curiosité sur le monde, l'esprit scientifique et la compréhension des phénomènes naturels. On distingue les sciences, sociales, humaines, exactes, expérimentales, etc. Cet article s'est intéressé aux sciences expérimentales et particulièrement aux sciences physiques. Ces dernières ont contribué nettement au développement de la science et de la technologie et leur impact dans la société est concrètement perceptible. Cependant, il est inquiétant aujourd'hui dans un monde ultra moderne avec des découvertes scientifiques et technologiques sans précédent, que l'enseignement des sciences physiques aux collèges et lycées du Sénégal demeure inadéquat. La didactique de son apprentissage est basée sur l'expérimentation et la pratique alors que la réalité montre dans la plupart des cas son enseignement reste expositif transmissive et magistral. Dès lors, il est perceptible du point de vu enseignant que le contrat didactique disciplinaire n'est pas honoré. Il est sans doute évident que cela pourrait engendrer des difficultés de compréhension chez les apprenants qui ne sont pas souvent aptes à se mouvoir dans l'abstraction pour l'assimilation de certains concepts sans support expérimental visuel. En effet, nous tentons d'appréhender ici une des raisons fondamentales parmi tant d'autres qui pourrait expliquer un phénomène social éducatif qui est la démotivation des élèves à choisir les options scientifiques. Ce fait observé semble évoluer de mal en pire, la réalité montre dans la majeure partie des lycées le nombre d'élèves en option littéraire double ou triple, le nombre d'élèves en option scientifique, alors que nous sommes dans un monde qui exige des ressource humaines dans ce domaine pour pouvoir faire face aux défis actuels et futurs. En cela, tous les acteurs sont interpellés pour renverser la tendance, quand bien des initiatives prometteuses ont été déjà prises pour une

amélioration qualitative et quantitative de l'enseignement des sciences et la promotion des options scientifiques.

Ainsi, face aux défis pour la promotion des sciences, on assiste par ailleurs la réalité des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) qui pourraient être exploité didactiquement pour l'enseignement des sciences physiques. C'est ce qui justifie le choix du thème : *Avantage des TIC dans le contexte curriculaire et didactique : simulation numérique de laboratoire virtuel en sciences physiques pour le moyen secondaire au Sénégal*. En effet, les TIC offre un potentiel énorme par lequel l'enseignement des sciences physiques peut être amélioré. Les simulations numériques et les labos virtuels se présentent comme des outils didactiques et pédagogiques efficaces pour l'enseignement des sciences physiques dans les collèges et les lycées. Cet article s'interroge dans la problématique d'intégration didactique des simulations numérique de labos virtuels en enseignement des sciences. L'intégration pédagogique et didactique des TIC s'accompagne d'un questionnement sur les effets cognitifs chez les apprenants. Ainsi, beaucoup de travaux de thèses et d'articles ont été élaborés dans ce sens et ont approuvé l'impact positif d'intégration pédagogique des TIC dans l'enseignement/apprentissage. Cette étude s'intéresse aux avantages didactiques des simulations numériques et des labos virtuels en enseignement des sciences physiques aux collèges et lycées du pays.

Alors nous posons comme question de recherche centrale:

En quoi les simulations numériques et les laboratoires virtuels sont-ils avantageuses pour l'enseignement des sciences physiques aux collèges et lycées au (pays)?

Pour prétendre à répondre à cette question, on procède par une revue littérature à travers laquelle les réponses aux interrogations suivantes sont visées :

- Comment les simulations numériques et les labos virtuels compensent les insuffisances didactiques en enseignement des sciences physiques ?
- En quoi les simulations numériques et les labos virtuels présentent-elles un potentiel innovant pour l'enseignement des sciences physiques ?
- En quoi l'intérêt des simulations numériques et les labos virtuels pour l'enseignement à distance ?

Les simulations numériques et les labos virtuels peuvent servir de moyens pour pallier les insuffisances didactiques en enseignement des sciences car elles sont des interfaces de logiciels souvent gratuits et faciles à installer. Elles sont potentiellement innovantes parce qu'elles permettent des observations virtuelles de phénomènes ou mécanismes physiques impossibles d'être visualiser dans une situation réelle. Elles constituent un atout incontournable pour l'enseignement à distance des sciences physiques car elles rendent possibles les travaux pratiques et les expériences à distance.

L'objectif général de l'étude est de rendre perceptible les avantages des simulations numériques et des laboratoires virtuels à travers une revue littérature. Les objectifs spécifiques visés sont de rendre visible:

- la dimension innovante des simulations numériques et des laboratoires virtuelles,
- la capacité de pallier les insuffisances didactiques en enseignement des sciences physiques ;
- son importance pour l'enseignement à distance des sciences physiques.

1. TIC et enseignement

1.1. TIC et enseignement contexte général

Depuis quelques années, on assiste à un foisonnement d'initiative d'intégration des TIC dans le milieu scolaire à plusieurs niveaux : TIC comme outil de gestion, TIC comme contenu d'enseignement, TIC sous angle didactique et pédagogique. En effet, beaucoup de travaux de recherches ont étudié l'intégration des TIC en enseignement d'une manière générale et ont montré leurs impact positif du point de vue de la performance de l'apprenant, de l'enseignement et de l'enseignant. Apport au regard de l'enseignement, les TIC peuvent faciliter les processus d'enseignement/apprentissage en offrant un soutien de diffusion enrichi : son, image, animation, présentation par PowerPoint, etc. Les TIC fournissent des moyens novateurs, non seulement pour la diffusion des connaissances mais aussi pour l'exploration de stratégie d'apprentissages qui favorisent la construction des compétences (Lebrun, 1999 ; CDE, 2000 ; Nicole Perreault, 2005). Au vu de l'apprenant, une bonne intégration des TIC peut provoquer un gain cognitif. En effet, comme argumente (Jefferson et Edward, 2000) en même temps qu'ils réalisent des apprentissages disciplinaires et technologique, l'élève à l'occasion d'effectuer, dans un contexte TIC approprié, des apprentissages qui contribuent au développement d'habiletés intellectuels comme l'esprit critique et la résolution de problèmes ; d'habiletés sociales, notamment le travail en équipe et d'habiletés méthodologiques. Les TIC peuvent susciter chez les élèves la motivation d'apprendre. La motivation forme un construit central des théories d'apprentissage. Elle est un concept hypothétique représentant des processus physiologiques et psychologiques (Vallerand et Thill, 1993). D'après Philippe Meirieu (2014)², dans la vidéo, il a évoqué la problématique de la motivation des apprenants. Selon lui, le model d'enseignant qui répond aux exigences actuelles est celui qui est capable de susciter la joie d'apprendre chez les élèves plutôt de se camper dans la posture du model transmissif. Des études ont montré que les élèves sont motivés lorsqu'ils apprennent avec les TIC. Fait non négligeable également, des études tendent à démontrer que la plupart des élèves manifestent une motivation plus élevée pour une activité d'apprentissage qui fait appel aux TIC que pour les approches coutumières en classe (Grégoire, Bracewell et Lafferrière, 1996 ; Lapierre, Gingras, 2001 ; Ouellet, Delisle, Couture et Gauthier, 2001 ; Nicole Perreault, 2005).

1.2. TIC et enseignement au Sénégal

Le Sénégal, à l'instar de tous les pays du monde, est astreint à faire face à cette problématique nouvelle d'utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication dans le système éducatif. En effet, l'introduction des TIC au Sénégal dans le système éducatif date entre les années 1963 à 1965 par la méthode CLAD basé sur l'utilisation de la radio comme outil didactique pour parler le français. Aujourd'hui, l'émergence rapide et multiforme des Technologies de l'Information et de la Communication dans le milieu éducatif engendre à la fois un potentiel ressource didactique et des défis d'adaptation. Cependant, il faut révéler qu'il y a du contexte, des enjeux et des **défis à relever** (Mbagnick Socé, 10 décembre 2019). (EL Hadji Habib CAMARA, 2011), dans son article intitulé « *L'usage didactique des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) par les professeurs de l'enseignement moyen et secondaire au Sénégal et au Mali* », porte une analyse qualitative des données tirées de

² Vidéo sur la formation des enseignants faites par Philippe Meirieu le 9 février 2014.

l'observation de l'Agence Panafricain d'intégration pédagogique des TIC, portant sur les « pratiques déclarées » de professeurs du Moyen et du Secondaire provenant du Sénégal et du Mali. Il ressort quelques « niches » d'intégration pédagogiques des TIC, en termes de documentation, de production, d'animation et de communication avec des spécificités disciplinaires indiquées.

1.3. TIC et enseignement des sciences

1.3.1. TIC et enseignement des sciences contexte général

Les Technologies de l'Information et de la Communication sont aujourd'hui une réalité que les systèmes éducatifs portent un grand espoir pour améliorer qualitativement et quantitativement leurs éducations. Leurs usages, sont divers et multiformes, présentent pour tous les niveaux. Cet article est mené dans les perspectives de recherche en didactique des sciences et technologiques et particulièrement en enseignement des sciences expérimentales aux collèges et lycées. En effet, il y a du potentiel pédagogique et didactique des Technologies de l'Information et de la Communication en enseignement des sciences expérimentales aux niveaux des collèges et des lycées. De nouvelles approches didactiques en enseignement des sciences expérimentales tirant parti des opportunités offertes par les TIC sont appréhendées. Parmi celles-ci, nous pouvons aborder l'Expérimentation Assistée par Ordinateur (EAO) : une méthode de réalisation et d'exploitation de mesure utilisant l'ordinateur. Elle constitue un domaine important d'usage des TICE³ en sciences expérimentales aux secondaires et aux universitaires. Les robots pédagogiques : des robots conçus et utilisés dans le but éducatif, appréciés par ses orientations constructivistes. Les simulations numériques sont des outils didactiques très utilisés en enseignement des sciences expérimentales. Les pays Européens et les Etats Unis sont très avancés dans l'intégration des TIC en enseignement des sciences. Cependant, les pays Africains sont très en retard dans ce domaine. Toutefois, des efforts sont entrepris ces dernières années qui peuvent être matérialisés par quelques recherches menées dans ce cadre. C'est dans ce cadre que ALJ Omar et Nadia Benjelloun (2022) ont travaillé sur l'«*Intégration des TIC dans l'enseignement des sciences physiques au Maroc dans le cadre du programme GENIE : difficulté et obstacles*». Les résultats de leurs recherches montrent 94,4% des enseignants interrogés expriment un grand intérêt pour l'utilisation des TIC dans leurs pratiques pédagogiques. Cependant, seulement 8% d'entre eux intègrent les TIC de façon régulière en classe. Aussi, Youssef Nafidi, Anouar Alami, Moncef Zaki, Bouchta El Batri, Mohammed Elazami Hassani Hanane Afkar (2018) font des études sur «*L'intégration des TIC dans l'enseignement des sciences de la vie et de la terre au Maroc : Etats des lieux et défis à relever*» : montre que l'utilisation des TIC dans l'enseignement des SVT en classe et en dehors des classes est limitée. De même l'usage des TIC par les élèves à des fins d'apprentissage reste encore très faible malgré la majorité des enseignants interrogés qui sont très convaincus de la richesse des opportunités pédagogiques induites par l'intégration des TIC dans les pratiques pédagogiques. Bref, le recours aux TIC en enseignement des sciences n'est pas très perçu en Afrique et particulièrement au Sénégal toutefois des initiatives allant dans ce sens ne manquent pas. C'est dans cette perspective que cet article semble venir à son heure.

1.3.2. TIC enseignement des sciences au Sénégal

³ TICE : Technologie de l'Information et de la Communication en Enseignement.

Le Sénégal, à l'image d'autres pays, donne une importance capitale à l'enseignement des sciences d'une manière générale, particulièrement au moyen secondaire. En effet, ce travail de recherche se préoccupe de son émergence et de sa qualité. De fait, un grand espoir est porté aux TIC qui constituent un réservoir de potentiel où tous les secteurs glanent profit. Cependant, les pédagogues et les didacticiens en sciences ne sont pas en reste dans cette dynamique d'appropriation des TIC, d'une part pour palier une certaine insuffisance didactique et d'autre part pour s'adapter à cette nouvelle réalité du numérique. L'introduction des TIC à l'École, ces dernières décennies, laisse cependant entrevoir des opportunités de résorption de ce déficit infrastructurel et matériel, surtout, en termes de banques de données, de technologies éducatives et de canaux de formation utilisables par toutes les disciplines scolaires (Unesco, 2004 ; Karsenti et Tchameni Ngamo, 2009 ; EL Hadji Habib CAMARA, 2011). Dans cette errance un programme est planifié par la FASTEUF et l'UVA en 2013 sur l'« *Intégration des TIC dans l'enseignement des sciences et des mathématiques : 33 enseignants en formation à la FASTEUF* ». Dans ce programme, l'Université Virtuelle Africaine (UVA) en collaboration avec la Faculté des Sciences et Technologies de l'Éducation et de la Formation (FASTEUF) de l'UCAD⁴ forment 33 enseignants dont moi-même dans l'intégration des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) en sciences et mathématiques⁵.

2. Simulation numérique et labo virtuel

2.1. Simulation numérique

La simulation informatique ou numérique désigne l'exécution d'un programme informatique sur ordinateur ou réseau en vue de simuler un phénomène réel et complexe (Par exemple : chute d'un corps sur un support mou, résistance d'une plateforme pétrolière à la houle, fatigue d'un matériau sous sollicitation vibratoire usure d'un roulement à bille ...). Les simulations numériques scientifiques reposent sur la mise en œuvre de modèle théorique utilisé, suivant la méthode des éléments finies. Elles sont donc une adaptation aux moyens numériques de la modélisation mathématique, et servant à étudier le fonctionnement ou les propriétés d'un système modélisé ainsi qu'en prédire son évolution. Les interfaces graphiques permettent la visualisation des résultats des calculs par des images de synthèse. L'action de simuler consiste à reproduire le fonctionnement d'une situation réelle, d'un phénomène naturel ou d'un système relativement complexe d'un appareil ou d'une machine (Hélène Cheneval-Armand, Jacques Ginestié, Innocent Mbouya Fassé, Julia Ndibnu-Messina Ethé, 2017). Selon l'objectif poursuivi, on peut : « *simuler pour comprendre, simuler pour construire, simuler pour apprendre* » (Géraud, Pernin, Cagnat et Cortés 1999 ; Hélène Cheneval-Armand, Jacques Ginestié, Innocent Mbouya Fassé, Julia Ndibnu-Messina Ethé, 2017, p.5). Sur le plan technologique, la simulation permet de représenter tout phénomène à l'aide d'une maquette ou d'un programme informatique (Baron et Baudé, 1992 ; Hélène Cheneval-Armand, Jacques Ginestié, Innocent Mbouya Fassé, Julia Ndibnu-Messina Ethé, 2017). Dans différentes définitions, il est perceptible que les simulations numériques sont à usages divers et multiformes. En effet, leurs intégrations pédagogiques et didactiques font entrevoir un apport innovant. Les

⁴Université Cheikh Anta Diop de Dakar

⁵ Les mathématiques constituent une science d'étude des quantités, des nombres, des espaces et des figures. Aussi appelées la « la reine des sciences », les mathématiques se divisent en trois grandes catégories : l'analyse, la géométrie et l'algèbre.

simulations numériques présentent « *Une Nouvelle Pédagogie pour des Travaux Pratiques en Mécanique des Fluides* » (Jérôme Boudet, Isabelle Trébinjac, André Vouillarmet & Dominique Echampard, 2008).

2.2. Labo virtuel

Les laboratoires virtuels sont un environnement de simulation numérique pédagogique qui permet de réaliser des expériences de laboratoire en ligne et d'explorer des concepts et des théories sans entrer dans un véritable laboratoire scientifique :

- ❖ PhET Simulations a été développé par des experts de l'Université de Colorado Boulder pour des expériences simulées sur divers sujet. Leurs bibliothèques contient un total de 160 simulations sur divers sujets, notamment la physique, la chimie, les mathématiques, la biologie.
- ❖ Physics Labs est un banc à sable virtuel qui permet de construire et de tester les expériences. Il permet de jouer avec divers composants de circuits et de construire des circuits électriques en 3D, en voyant comment ils fonctionnent en temps réels.

3. Avantages des labos virtuels

Les laboratoires de sciences virtuels sont un excellent moyen pour les enseignants, les étudiants et les élèves d'effectuer des expériences en l'absence d'un laboratoire réel. Dans une situation de laboratoire réelle la manipulation nécessite beaucoup d'attention et de soins, alors que dans un labo virtuel, l'élève peut tester à sa guise sans moindre risque. Lorsqu'elles sont combinées à une préparation et à une structure appropriée elles constituent un excellent atout pour enseigner. Les véritables expériences de recherche impliquant du matériel technologique de pointe ainsi qu'une scrupuleuse collecte de données sont évidemment hors de portée des établissements scolaires. Parmi les différents moyens possibles pour conduire un projet de recherche simple mais épistémologiquement authentique dans un cadre scolaire, on notera les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) permettant : l'usage de simulations, l'usage de bases de données récoltées, ou encore le pilotage d'un laboratoire à distance (Chinn and Mal-hotra 2002, Philippe Kobe, 2014). Les laboratoires virtuels constituent un grand atout pour l'enseignement à distance des sciences physiques. Dans le domaine des sciences appliquées, le savoir théorique s'accompagne systématiquement de savoir pratique, expérimental et manipulateur dont la mise en accès global est plus difficile à opérer. Toutefois, les systèmes électroniques font émerger des technologies embarquées qui facilitent l'accès à des machines que l'on peut contrôler, piloter et finalement manipuler à distance. Bon nombre d'équipes pédagogiques à travers le monde profitent de ces avancées technologiques pour mettre en œuvre des laboratoires expérimentaux - matériels et logiciels - virtuels afin de proposer des TP à distance (« remote labs ») (Billaud et al. 2002 ; Crabeel et al. 2012 ; Claesson et Hakansson, 2012 ; Philippe Leproux, Denis Barataud, Serge Bailly, Raphael Nieto, 2014).

Les laboratoires virtuels peuvent constituer comme alternative pour nombreuses insuffisances didactiques constatées dans l'enseignement des sciences d'une manière générale et particulièrement l'enseignement des sciences aux collèges et aux lycées. Leurs avantages sont multiples et nous pouvons évoquer :

- ❖ Les élèves peuvent manipuler des produits chimiques virtuels sans risque d'être contaminés par ces derniers qui pourraient être dangereux et souvent coûte chères ;

- ❖ offrir une expérience d'apprentissage réaliste plutôt que de se camper dans les méthodes traditionnelles théoriques qui sont favorables à la mémorisation des concepts et les procédures;
- ❖ le recours pour pallier le manque de capacité des écoles ;
- ❖ les labos virtuels peuvent aider les élèves en particulier depuis la base, à surmonter l'ennui en raison des méthodes théoriques, expositive et magistrales utilisées dans la plupart des cas ;
- ❖ ils offrent la possibilité à l'élève de répéter plusieurs fois l'expérience facilement jusqu'à l'assimilation complète.

De toutes les façons, nous sommes convaincus des avantages des labos virtuels et nous nous investissons pour leurs évolutions dans les collèges et lycées. Toutefois, les défis et les limites ne sont pas l'objet d'études pour ce présent article.

4. Etude de cas

Cette partie présente un exemple de labo virtuel que nous avons déjà utilisé plusieurs fois dans nos activités en classe. **ChemLab** est un produit unique qui intègre à la fois une simulation interactive et un carnet de laboratoire comprenant des espaces distincts pour la théorie, les procédures et les observations des élèves. Le logiciel est gratuit et se trouve sur internet.

4.1. Présentation :

Conception de ChemLab :

- ❖ Une interface de laboratoire facile à utiliser, modelée sur une procédure de laboratoire courante.
- ❖ Une zone de travail pour le carnet de laboratoire de l'élève.
- ❖ Un moteur de simulation interactif animé en temps réel.
- ❖ Les outils de l'Assistant de laboratoire pour des simulations de laboratoires faciles à créer.
- ❖ Un soutien pour les extensions modulaires des simulations de laboratoire.
- ❖ Intégration de RasMol, un logiciel pour visualiser des structures moléculaires.
- ❖ Intégration d'un tableau périodique avec un questionnaire.
- ❖ Offert en anglais, en espagnol et en français.

Matériels de laboratoire :

- ❖ Bêchers, flacons Erlenmeyer, ballons de Florence, éprouvettes, cylindres gradués, burettes, compte-gouttes, pipettes, verres de montre, flacon à filtration avec entonnoir Buchner, plaque chauffante/agitateur magnétique, tige d'agitation, capsule d'évaporation, calorimètre, conductimétrie, potentiomètre, spectrophotomètre et autres...
- ❖ Balances : balances au centigramme, électronique et analytique
- ❖ Montage de l'équipement de distillation : ballon à distillation et chauffe-ballon, colonne à distillation, condenseur et décanteur à distillation

Procédures courantes de laboratoire :

- ❖ Titration, verser/décantation
- ❖ Chauffage et bains d'eau froide ou chaude

- ❖ Température, poids, pH, conductivité, mesures de tension et de volume
- ❖ Traçage de courbes de titrage

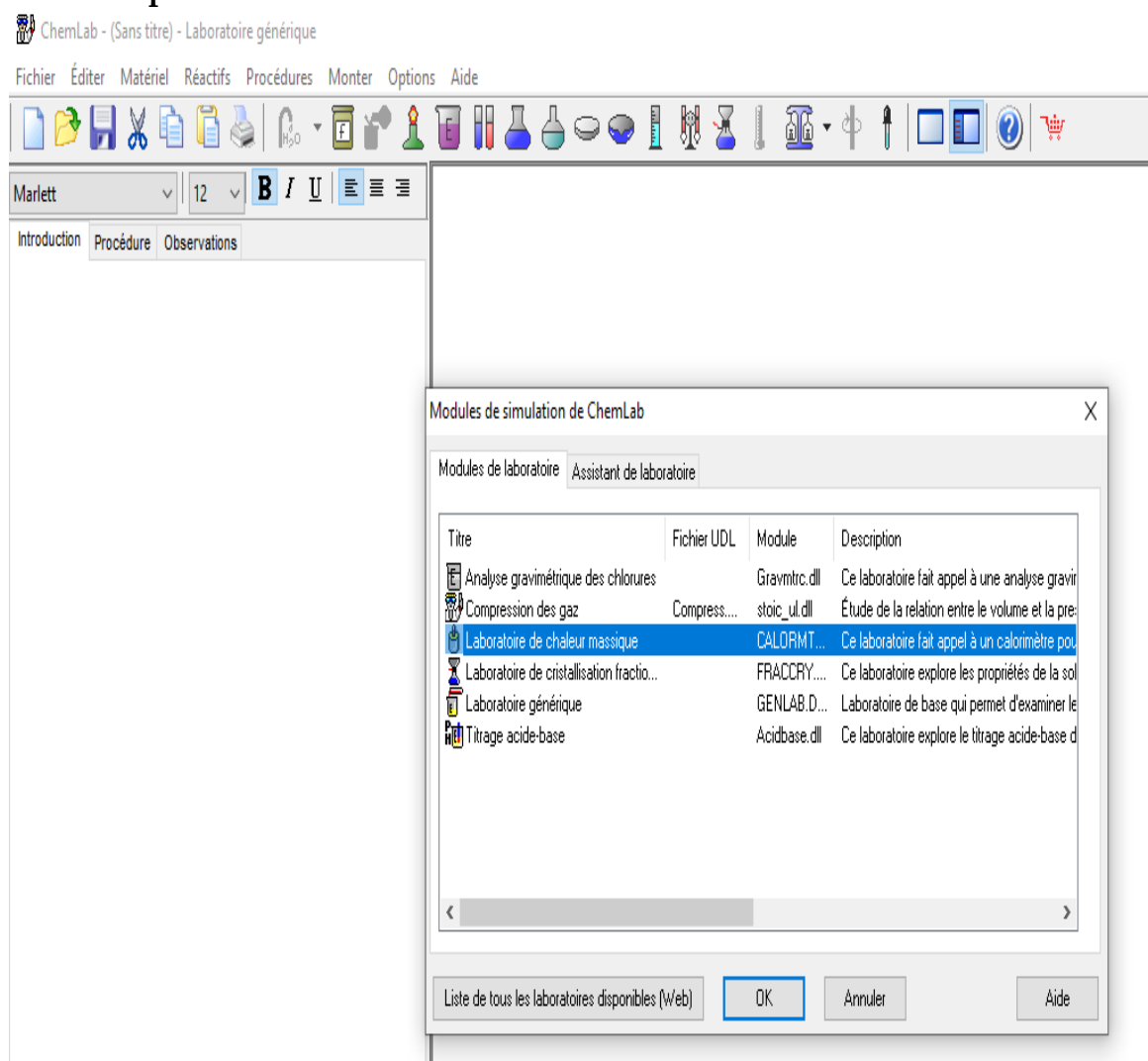
Grande sélection de simulations de laboratoire prêtes pour utilisation immédiate :

- ❖ Réactions acide/base, laboratoire sur les liaisons, réactions cationiques, électrochimie, réactions d'équilibre, laboratoire d'analyse par flamme, cristallisation fractionnée, distillation fractionnée, lois des gaz, analyse gravimétrique, cinétique chimique, réactions redox, stœchiométrie, chimie thermique, analyse volumétrique, qualité de l'eau, titrage d'acide faible et de nombreux autres.

4.2. Cas d'expérience virtuelle : détermination de chaleur massique d'un corps

La détermination de chaleur massique en utilisant le laboratoire de chaleur massique se fait en cinq étapes :

Etape 1 : On ouvre l'interface du labo virtuel.



Cette interface présente 6 choix d'expériences : Analyse gravimétrique des chlorures, Compression des gaz, Laboratoire de chaleur massique, Laboratoires de cristallisation fractionnée, Laboratoire générique et Titrage acide base. Le cas étudiant dans cet article est :

est le Laboratoire de chaleur massique et ce choix est visualisé par la bande bleue. Ainsi on passe à l'étape suivante.

Etape2 : Cette étape ouvre l'interface de laboratoire de chaleur massique. C'est la phase introduction



ChemLab - (Sans titre) - Laboratoire de chaleur massique

Fichier Éditer Matériel Réactifs Procédures Monter Options Aide

Times New Roman 18 B I U

Introduction Procédure Observations

Dans cette expérience, nous mesurons la chaleur massique de plusieurs métaux en les chauffant à une température connue, en les ajoutant à une quantité connue d'eau dans un calorimètre, puis en mesurant l'augmentation de la température.

La chaleur est transférée du métal chauffé à l'eau de telle façon que la chaleur perdue par le métal est égale à la chaleur gagnée par l'eau. Nous pouvons également exprimer cette réaction de la façon suivante :

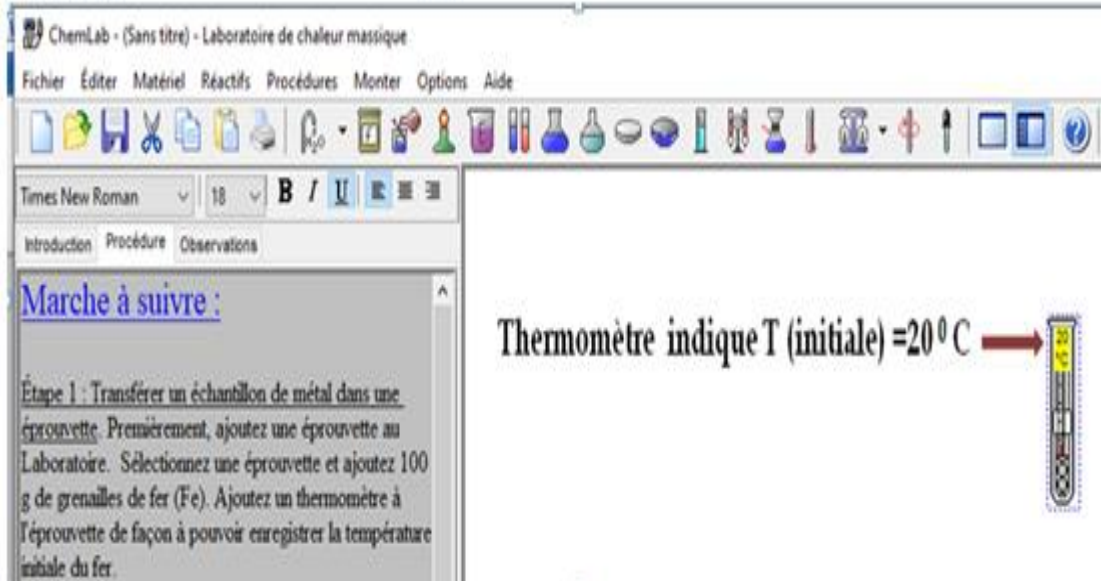
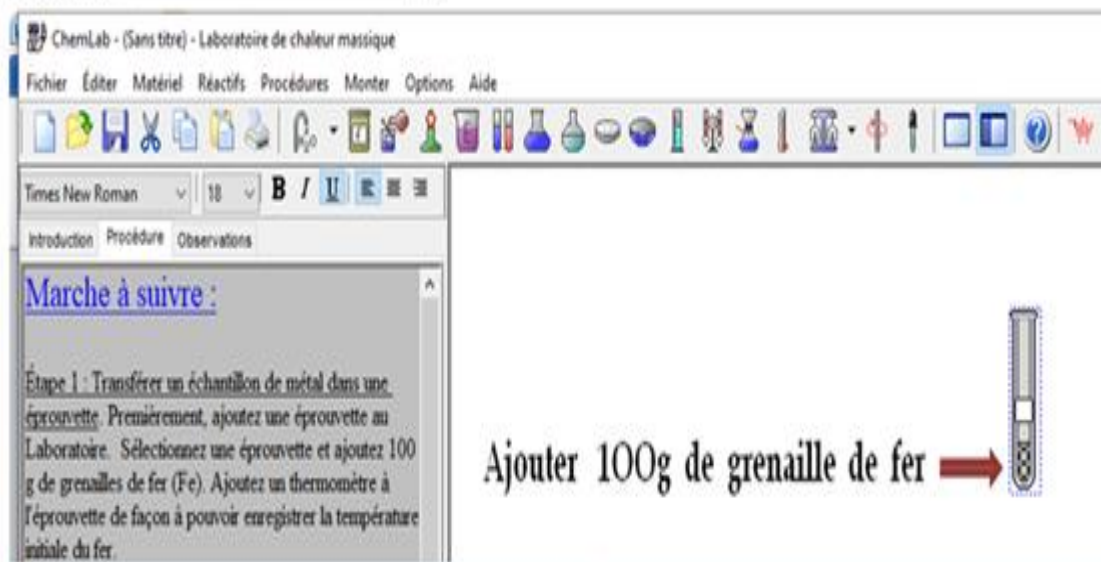
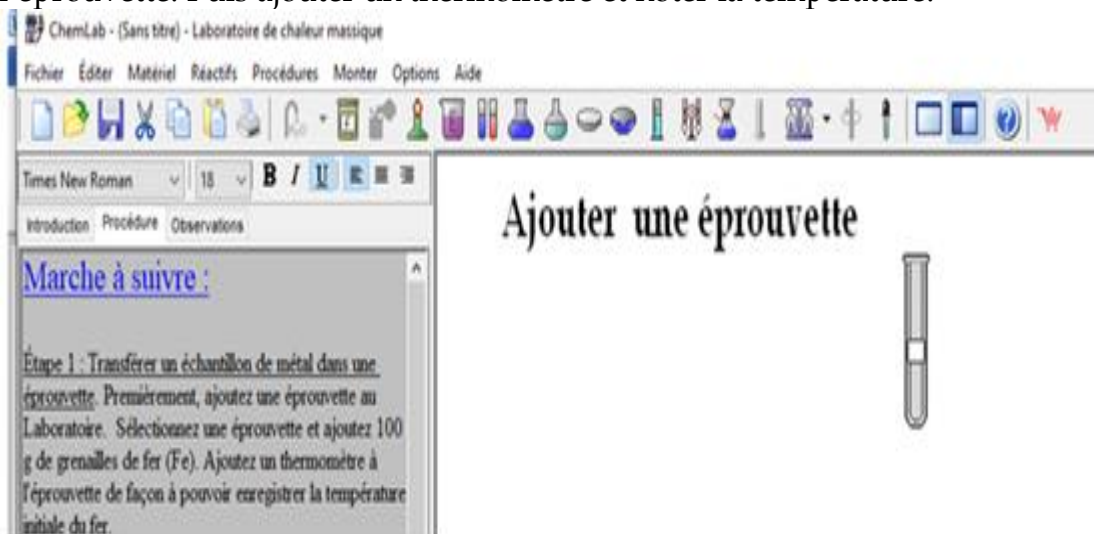
$$(masse\ du\ métal) \times (chaleur\ massique\ du\ métal) \times (température\ initiale\ du\ métal - température\ finale\ du\ métal) = (masse\ d'eau) \times (chaleur\ massique\ de\ l'eau) \times (température\ initiale\ de\ l'eau - température\ finale\ de\ l'eau)$$

Note : La température finale de l'eau = la température finale du métal.

De cette façon, nous pouvons déterminer la chaleur massique d'un métal inconnu. Cette méthode peut également être utilisée pour déterminer le poids atomique d'un métal pur en faisant appel à la loi de Dulong et Petit, où :

$$(chaleur\ massique\ du\ métal) (poids\ atomique) \approx 6\ cal/mole, \text{ degré}$$

Etape3 : Ajouter une éprouvette au labo et ajouter 100g de grenaille de fer dans l'éprouvette. Puis ajouter un thermomètre et noter la température.

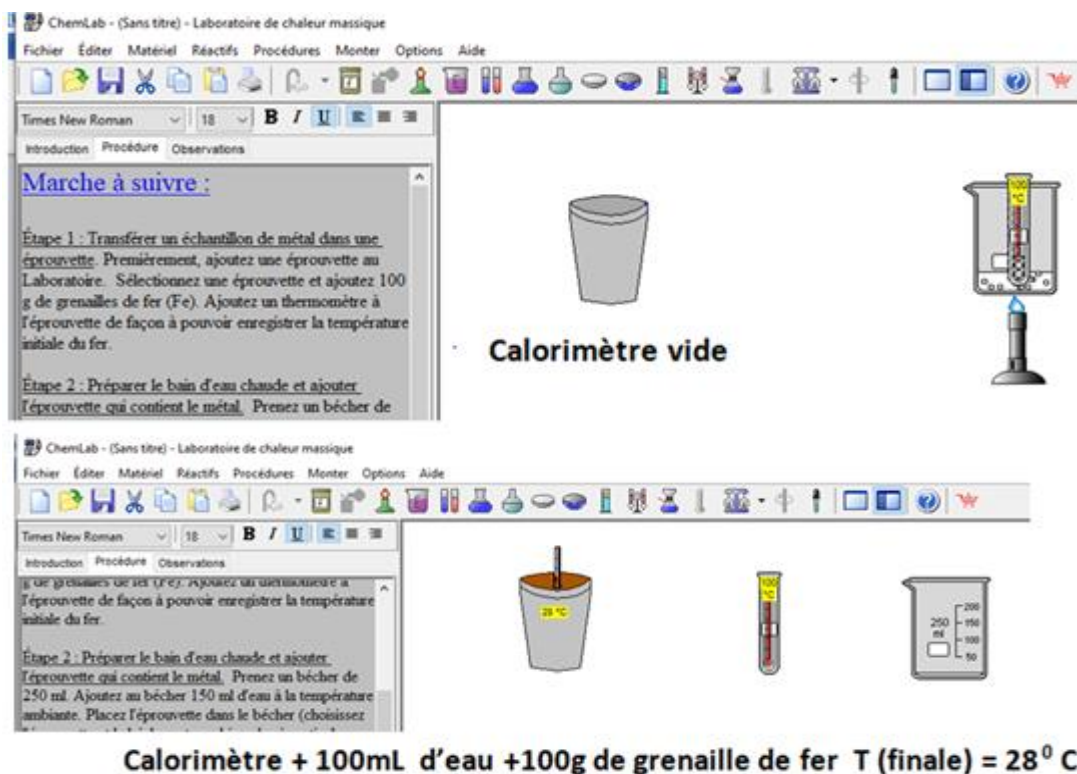


Etape 4 : Préparation du bain d'eau chaude

The image displays four sequential screenshots of a virtual chemistry laboratory interface, illustrating the steps for preparing a hot water bath. Each screenshot includes a menu bar (Fichier, Éditer, Matériel, Réactifs, Procédures, Monter, Options, Aide), a toolbar with various lab equipment icons, and a text box on the left containing instructions under the heading "Marche à suivre :".

- Screenshot 1:** Titled "Bécher de 250mL". The diagram shows a 250 mL beaker and a thermometer.
- Screenshot 2:** Titled "Bécher + 150ml d'eau". The diagram shows the beaker partially filled with water and the thermometer.
- Screenshot 3:** Titled "Epreuve placée dans le bécher". The diagram shows a test tube containing a metal sample placed inside the beaker of water.
- Screenshot 4:** Titled "Chauffage de la grenaille de fer : $T=30^{\circ}\text{C}$ ". The diagram shows the beaker on a stand with a Bunsen burner heating it from below.

Etape 5 : Ajouter un calorimètre. Puis ajouter d 100 mL d'eau et verser les 100g de grenaille de fer chauffé à 100° C dans le calorimètre.



Dans cette dernière étape qui marque la fin de l'expérience, la température finale de l'ensemble calorimètre + eau est égal 28°. Cette valeur expérimentale indique la température d'équilibre calorimètre + eau + grenaille de fer. Ainsi connaissant les températures initiales de l'eau (20°C) et du fer (100°C) et la température d'équilibre, on utilise la conservation de l'énergie calorifique pour déterminer la chaleur massique de l'eau.

Conclusion

La synthèse des avantages des TIC et particulièrement les simulations numériques de Labos virtuels en enseignement des sciences physiques mis en évidence par les différents travaux de recherche que nous avons fait référence, permet de dire que les simulations numériques de labos virtuels se révèlent être un atout pour révolutionner l'enseignement des sciences d'une manière générale et particulièrement à l'enseignement des sciences physiques dans le moyen secondaire au Sénégal. Cette étude tente de faire paraître d'une part la dimension innovante des TIC en didactique des sciences physiques. D'autre part leur capacité de pallier les insuffisances de matériels et infrastructures scolaires dédiés à l'enseignement des sciences physiques. Par ailleurs, les simulations numériques et les labos virtuels constituent un atout pour l'enseignement à distances des sciences expérimentales. Toutefois les défis et limites, ne sont pas étudiés dans cet article, en effet, ça pourrait être l'objet de perspective de recherche dans l'avenir.

Références bibliographiques

- Aly Lom, 2021 « TIC dans la formation des enseignants au Sénégal : potentiel et enjeux des innovations ». Vol.23 N°3. [Du 3 novembre 2022]. Disponible sur : <https://www.ajol.info/index.php/jrsul/issue/view/20464>.
- Emmanuelle Artault Duchiron, Monique Marneffe et Christian Ollivier**, 2014, « Analyse de Vers l'intégration des TIC dans l'enseignement des langues ». Vol.17. [Du 3 novembre 2022]. <https://journals.openedition.org/alsic/2661>.
- Mouhamadou Bamba DIOP, Hamidou Bocar SALL. Réforme éducatives, qualité de l'éducation et croissance économique au Sénégal. [juin 2017]. <http://www.plandev/>.
- Mohamed Droui, Abdelkrim El Hajjami. Simulations informatiques en enseignement des sciences : apports et limites. Vol.N° 249. [Du 16 novembre 2022]. <https://www.epi.asso.fr/epinet/epinet249.htm>.
- Mohamed Droui, Abdelkrim El Hajjami. « Simulations informatiques en enseignement des sciences : apports et limites : Association EPI ». [Du 18 octobre 2022]. Avril 2014. <https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1404e.htm>.
- Noureddine Meloua Benzaba. 2016. Comment apprendre la physique avec les simulations multimédias. Revue Algérienne d'anthropologie et de sciences sociale, 71/2016, p. 37-62. <https://doi.org/10.4000/insaniyat.15450>.
- Philippe Kobel, 2014 .Développement et analyse d'un laboratoire virtuel d'investigation inspiré de la recherche en cavitation à bord de vols paraboliques, Mémoire. Haute Ecole Pédagogique du Canton de Vaud. [26 novembre 2022]. <https://core.ac.uk/download/pdf/43672883.pdf>.
- Philippe Leproux, Denis Barataud, Serge Bailly, Rapha el Nieto. *LABENVI (laboratoire d'enseignement virtuel). Présentation et analyse des nouveaux usages pour la conduite de travaux pratiques à distance*. 2013, VOL 2/3, pp.453-467. [Du 11 novembre 2022]. <https://hal-unilim.archives-ouvertes.fr/hal-00936343>.