

Contribution à l'évaluation des outils de modélisation utilisés dans l'enseignement de la conception mécanique

YOUSSOUPHA GUEYE^{1,2}, HAMID ABOUCHADI¹, MOURAD ABOUELALA¹,
MOURAD TAHA JANAN¹

¹*École Normale Supérieure de l'Enseignement Technique
Mohammed V University in Rabat
Maroc*

²*École Normale Supérieure d'Enseignement Technique et Professionnel
Université Cheikh Anta Diop de Dakar
Sénégal*

RÉSUMÉ

Les outils de modélisation et de simulation sont de plus en plus usités dans les activités de conception mécanique pour optimiser les processus de conception. Ils sont devenus très courants dans l'industrie et de plus en plus dans le secteur de l'éducation et de la formation. Cependant leur utilisation soulève de nombreux problèmes parfois liés à l'exploitation pédagogique, l'ergonomie des interfaces, la capacité fonctionnelle de l'application, le coût d'acquisition de l'équipement etc. Ce texte propose le cadre théorique d'un projet de thèse sur l'« évaluation des outils de modélisation utilisés dans le domaine de l'enseignement de la conception mécanique »selon leur utilité, utilisabilité et acceptabilité pour une efficacité des processus d'enseignement/apprentissage.

MOTS-CLÉS

Évaluation, modélisation, outils de modélisation, conception mécanique

ABSTRACT

The modeling and simulation tools are becoming the most commonly used in mechanical design activities to optimize the design process. They have become very common in the industry and more and more in education and training. However their use raises many sometimes associated with the educational use problems, interface ergonomics, the functional capability of the application, the acquisition cost of the equipment etc. This text provides the theoretical framework of a thesis project on "Evaluation of modeling tools used in the field of teaching mechanical design" according to their usefulness, usability and acceptability for efficiency of teaching / learning.

KEYWORDS

Evaluation, modelisation, modeling tools, mechanical design

INTRODUCTION

Les unités de production industrielle et établissements d'enseignement technologique utilisent des logiciels de modélisation dans les travaux de conception mécanique pour l'élaboration de maquettes numériques destinées à la fabrication. Durant ces dernières décennies, une variété

d'outils de modélisation en conception mécanique ont été développés et sont disponibles sur le marché du travail. Concernant leur utilisation, les unités de production rencontrent d'énormes problèmes dans leur choix, leur mise en œuvre et cherchent des conseils auprès d'experts dans le domaine à propos de leurs caractéristiques. Les établissements d'enseignement technologique se trouvent confrontés à ce même problème de choix, compte tenu de son incidence sur les compétences requises en relation avec le marché du travail. Ce choix peut porter à la fois sur la scénarisation adoptée par le professeur qui doit tenir compte des caractéristiques des étudiants, des objectifs à atteindre et du coaching de la situation d'enseignement/apprentissage. Ce constat justifie l'étude menée dans le cadre de cette recherche, avec pour objectif d'évaluer les outils de modélisation utilisés dans l'enseignement de la conception mécanique. Le travail consiste à élaborer une méthodologie d'évaluation des outils de modélisation utilisés dans les activités de conception mécanique afin d'orienter le choix des utilisateurs.

CONCEPTION MÉCANIQUE ET OUTILS DE MODÉLISATION

La conception de parties mécaniques des objets ou systèmes techniques est une activité intellectuelle par laquelle sont imaginées quelques dispositions visant à changer une situation existante en une situation préférée (Simon, 1991). En la contextualisant, elle peut être précisée comme consistant à donner un ensemble de propositions permettant de décrire le produit (forme, dimension, moyen d'obtention) et répondant globalement à un cahier des charges. L'enseignement de la conception mécanique a toujours été au cœur de la formation des ingénieurs pour qu'ils soient capables de mettre en œuvre leurs connaissances scientifiques et technologiques pour résoudre des problèmes techniques et industriels (Sonntag, 2007).

Du point de vue de l'activité, la conception mécanique fait apparaître quatre catégories de conception : la *conception routinière*, la *reconception*, la *conception innovante* et la *conception créative*. La conception routinière concerne l'utilisation de principes de solutions possibles qui sont souvent catalogués ; la reconception est une conception existante qui est modifiée pour satisfaire de nouvelles exigences (Deneux, 2002) ; la conception innovante peut concerner une innovation par combinaison nouvelle d'éléments de produits existants, une nouvelle utilisation de technologie sur une solution existante. Il existe plusieurs pratiques et démarches de conception, mais une trame est commune aux activités de conception : connaître et comprendre les besoins du client ; définir le problème à résoudre pour satisfaire les besoins ; conceptualiser la solution ; effectuer l'analyse, pour optimiser la solution proposée ; vérifier la conception obtenue, pour voir si elle répond aux besoins initiaux des clients (Suh, 1990).

On retrouve souvent, dans les différentes méthodologies existantes, les trois étapes importantes suivantes : la définition du problème pour aboutir aux exigences ; la définition conceptuelle, qui met en place la structure fonctionnelle, les principes physiques et propose un concept ; la définition détaillée, qui offre une description complète de la conception (Oosterman, 2001).

Au niveau de certaines étapes, le recours à la modélisation pourrait être systématique. Par conséquent, les outils de modélisation aident les concepteurs à mieux comprendre le fonctionnement des systèmes dans le sens d'optimiser les processus de conception en définissant des limites conceptuelles permettant de meilleurs usages des technologies de l'information.

L'application interactive de conception assistée par ordinateur (CAO) ne fait pas de conception mais peut aider le concepteur. Elle peut s'intégrer au système de représentation et de dimensionnement des objets ou systèmes techniques. Elle intervient de façon duale dans la mise en symboles du réel perçu (définition d'objets de conception et gestion de ces objets) et

dans la concrétisation d'abstractions (visualisation ou, plus généralement, concrétisation des objets, des actions, des processus, de conception) (Adreit, Boksenbaum & Mauran, 1993).

Cette réflexion sur la conception et la modélisation intervient dans un contexte didactique au niveau des établissements universitaires de formation.

Une variété d'outils de modélisation en conception mécanique ont été développés et sont disponibles sur le marché du travail. Concernant leur utilisation, les unités de production rencontrent d'énormes problèmes dans le choix de ces outils et de leur utilisation. Les établissements d'enseignement technologique aussi sont confrontés aux mêmes problèmes du fait de la nécessité d'arrimer les compétences acquises en formation par leurs étudiants aux compétences requises par le marché du travail.

Ce qui pousse à s'interroger sur le choix des outils de modélisation utilisés dans l'enseignement de la conception mécanique à travers la question suivante : comment choisir un outil de modélisation et de simulation pour la conception d'objet technologiquement fonctionnel ?

Par rapport à cette question de recherche il est prévu les deux hypothèses de travail suivantes :

- Les outils de modélisation et de simulation posent des difficultés aux étudiants dans la conception d'objets techniques ;
- le choix d'un outil de modélisation et de simulation dépend de son utilité, utilisabilité et acceptabilité.

MODÉLISATION : HISTORIQUE, OBJET ET MÉDIUM D'ENSEIGNEMENT

Comme le rappelle Suzanne Bachelard (1979), le terme « modèle » vient du latin *modulus*, via l'italien *modello*, qui désignait l'unité de mesure étalon servant à définir les rapports entre les dimensions des édifices architecturaux. De façon très générale, il désigne donc ce à quoi on se rapporte pour se représenter quelque chose. Gilbert, Boulter et Elmer (2000, p. 994) définissent la notion de modèle en mettant l'accent sur ce que peut représenter le modèle, c'est-à-dire « *une représentation d'une idée, d'un objet, d'un évènement, d'un processus ou d'un système* ».

Retenons que dans nos activités de conception, les modèles sont des élaborations conceptuelles liées à la résolution d'un problème scientifique et technologique. La modélisation est considérée comme une méthode et un processus de représentation d'une situation réelle, éventuelle ou imaginaire dans le but de mieux comprendre sa nature et son évolution (Legendre, 2005).

Il est cependant important de distinguer l'enseignement de la modélisation et l'enseignement par la modélisation. Un enseignement de la modélisation prend en charge des contenus scientifiques, tandis qu'un enseignement par la modélisation prend souvent en compte la nature des modèles. La spécificité de l'enseignement de la conception mécanique est régie par le fait que l'enseignant enseigne, non seulement, de la modélisation (contenu lié à la modélisation), mais par la modélisation (construction de modèles).

CADRE THÉORIQUE

Afin de bien comprendre le phénomène auquel nous nous intéressons, cette étude s'appuie sur une approche théorique qui articule trois concepts théoriques. Tout d'abord, il est présenté l'*approche instrumentale* développée par Rabardel (1995), qui s'appuie sur l'importance de la médiation instrumentale. Ensuite, le *modèle d'Engeström* sur la « structure de base d'une

activité » qui prend en compte la dimension sociale ou collective des activités ainsi que la médiatisation des actions par les outils mobilisés dans les contextes observés. Puis, une revue de littérature devrait permettre de choisir le *modèle d'enseignement* et les stratégies associés à l'utilisation des outils de modélisation dans la conception mécanique.

Approche instrumentale

L'usage d'outils pour l'enseignement relève de la didactique. Dans ce domaine il est fait une distinction entre la « *didactique générale* » et la « *didactique disciplinaire* » (Ginestié, 1994). Si « *didactique générale* » se préoccupe de l'acquisition des connaissances indépendamment de l'épistémologie du domaine de l'histoire de la discipline la « *didactique disciplinaire* » quant à elle se focalise sur le processus de « *transmission-appropriation* » d'un savoir spécifique comme les mathématiques, la physique, l'histoire. La didactique d'une discipline est la science qui étudie pour un domaine particulier, les phénomènes d'enseignement, les conditions de la « culture » propre à une institution et les conditions de l'acquisition des connaissances par un apprenant (Johsua & Dupin, 1993). Selon Vergnaud, c'est l'« étude des processus de transmission et d'appropriation des connaissances dans ce qu'elles ont de spécifique du contenu, dans le but d'améliorer ces processus (Vergnaud, 2012, p. 9). À cette élucidation conceptuelle, il faut ajouter la didactique professionnelle qui produit des outils liés à l'organisation, à l'analyse, à l'évaluation des situations de formation et de travail dans un souci de « transférabilité » en vue d'une reconversion des habiletés professionnelles.

Cette recherche trouve son fondement théorique dans *l'approche instrumentale* développée par Rabardel (1995). Approche qui s'appuie sur l'importance de la médiation instrumentale et fait la distinction entre un artefact (un outil nu, une proposition) et un instrument. Pour définir la notion d'instrument, Rabardel (1995) part de la notion d'objet technique. Selon lui, un artefact est donc tout objet technique ou symbolique ayant subi une transformation d'origine humaine, si petite soit-elle. Quant à l'instrument, deux niveaux de définition sont donnés. Au premier, un instrument est défini comme un artefact inscrit en situation dans un usage comme moyen d'action d'un utilisateur. Au deuxième niveau, l'instrument est une « entité mixte », qui tient à la fois du sujet et de l'artefact. Pour ce faire, Rabardel montre que l'instrument comprend, d'une part, un artefact matériel ou symbolique produit par l'utilisateur ou par d'autres, et d'autre part, un ou des schèmes d'utilisations associés qui résultent d'une construction propre du sujet ou de l'appropriation de schèmes sociaux préexistants. Le passage de l'artefact à l'instrument renvoie à un processus de *genèse instrumentale* qui selon Rabardel (1995), à travers l'usage, marque l'évolution progressive de l'utilisation de l'artefact. Il distingue dans la genèse instrumentale deux processus : l'*instrumentalisation* (orientée vers l'artefact) et l'*instrumentation* (orientée vers le sujet). Le processus d'instrumentalisation intéresse la composante artefactuelle de l'instrument par attribution de fonction(s) alors que l'instrumentation tournée vers le sujet est constitutive de la capacité du sujet « à s'adapter à de nouvelles contraintes, de nouveaux objets » à la genèse des schèmes. Dans la première phase d'instrumentation, l'enseignant doit assimiler l'outil. L'utilisateur (le sujet) apprend et évolue (Contamines, George & Hotte, 2003). Dans la seconde phase d'instrumentalisation l'enseignant fait de l'outil un artefact qui lui permet d'enseigner. En conception mécanique, les outils de modélisation et de simulation (Autocad, Solidwoks, Catia...) sont des artefacts utilisés d'abord par les enseignants puis par les étudiants qui les instrumentalisent.

Théorie de l'activité et modélisation des interactions étudiant/logiciel

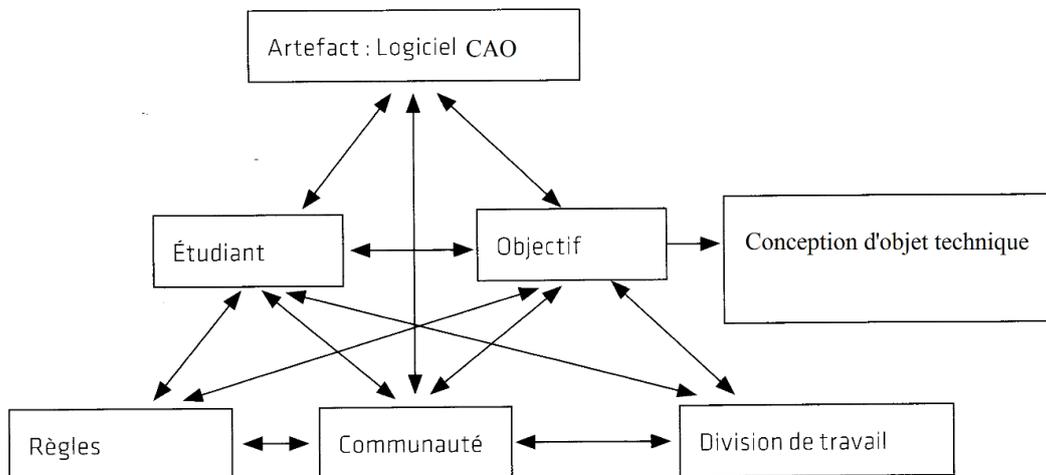
Ce travail fait référence entre autre à la théorie de l'activité qui s'intéresse à l'activité humaine, envisagée comme une activité socialement située comme celle liée au monde du travail ou à l'apprentissage. Elle trouve ses origines dans les travaux de Vygotsky (1934/1985) qui

considérait que le développement du comportement humain était d'abord et avant tout médiatisé par l'utilisation et la création d'artéfacts culturels matériels ou symboliques. Pour Engeström (1987), Vygotsky matérialise la première génération de cette théorie.

Léontiev (1975/1984) en développe la deuxième génération, en mettant en avant l'importance de la différenciation entre l'action individuelle et l'action collective, et en prenant en considération les interactions complexes entre l'individu et sa communauté. La médiatisation se caractérise par la division du travail et l'instauration de règles qui encadrent les interactions entre les individus faisant partie du système d'activité et partageant le même objet. Il a été essentiel, pour Léontiev, de distinguer le concept d'activité de celui des actions reliées à la conduite de cette activité.

Engeström (1987) a par la suite développé un modèle systémique basé sur les deux premières générations en y ajoutant l'infrastructure socio institutionnelle de l'activité, c'est-à-dire les éléments de la communauté, les règles et la division du travail. Il situe l'individu au cœur d'un système d'activité constitué de six pôles en interrelation (sujet, outil, règles, division du travail, communauté, objet).

FIGURE



Différentes interactions dans le cadre de l'apprentissage de la CAO selon la théorie de l'activité d'après le schéma d'Engeström

Ce modèle exprime la relation entre le *sujet* (*étudiant*) et l'*objet* de l'activité. La relation y est réciproque : le sujet réalise l'objet de l'activité, mais en même temps, les propriétés de l'objet transforment le sujet en augmentant son expérience. Elle est de plus médiatisée par le concept d'*outil* représentant tout ce qui est utilisé dans le processus de réalisation de l'objet, aussi appelé transformation de l'objet, incluant ainsi les outils matériels et les outils pour penser. La médiation par l'outil correspond alors à un moyen de transmission d'une certaine culture. Les relations *communauté-sujet* et *communauté-objet* sont médiatisées par les concepts de *règles* et de *division du travail* contenant eux aussi l'héritage culturel de la situation. Il est cependant important de spécifier les différents pôles dans le cadre de cette étude. Le *Sujet* est un individu ou sous-groupe que l'observateur a choisi d'analyser, dans le cas d'espèce il est représenté par *l'étudiant ou le groupe d'étudiants*. L'*Objet* est la transformation de l'environnement qui est visée par l'activité (tâche à réaliser, objectif à atteindre). Ici, il s'agit de la conception d'un système mécanique. Les outils ou artefact sont les outils matériels ou symboliques qui médiatisent l'activité (logiciel ou outils de modélisation, ordinateur, tutorial ou guide). La communauté est l'ensemble des sujets (ou des sous-groupes) qui partagent le même objet

comme, les industriels, autres universités et instituts, concepteurs, développeurs, utilisateurs des logiciels CAO. La division du travail reprend à la fois la répartition horizontale des actions entre les sujets et les membres de la communauté, et la hiérarchie verticale des pouvoirs et des statuts, comme les responsables pédagogiques de l'université, les départements, les enseignants. Les règles font référence aux normes, conventions, habitudes..., implicites et explicites qui maintiennent et régulent les actions et les interactions à l'intérieur du système.

Modèles d'enseignement/apprentissage et environnements multimédias

La plupart des spécialistes de l'apprentissage et de l'enseignement sont conscients de la nécessité de développer auprès des futurs enseignants la connaissance des bases cognitives de l'apprentissage et des effets des nouvelles technologies sur l'apprentissage. Les outils de modélisation utilisés dans les environnements multimédias permettent de cumuler de l'expérience et de développer la découverte personnelle. Ils constituent alors des outils cognitifs avec lesquels l'étudiant peut penser et agir. Ils affectent ainsi la façon de lire, de comprendre, de construire des connaissances, de résoudre des problèmes (Crinon & Legros, sous presse). Un programme d'enseignement assisté par ordinateur contient, comme dans un manuel, des informations relatives au contenu enseigné et des informations pédagogiques, relatives à la structure et à la gestion du contenu. Le paradigme cognitiviste et, en particulier, les théories du traitement de l'information qui s'inspirent du domaine de l'informatique et des modèles du fonctionnement de l'ordinateur, s'intéresse aux processus cognitifs et représentations sur lesquels ils opèrent, quelles que soient les activités de l'individu.

Selon Duffy et Cunningham (1996), deux idées fortes sont communes à tous les modèles d'enseignement issus du paradigme cognitiviste. Tout d'abord, l'apprentissage est conçu comme un processus de construction des connaissances, et non pas comme un processus d'acquisition des connaissances. Ensuite, les activités d'enseignement sont des activités d'aide à la construction des connaissances et non pas des activités de transmission des connaissances. Les enseignants qui s'inspirent de ces modèles doivent moins se préoccuper de transmettre les connaissances, et davantage de les organiser, de les structurer et de mettre en lumière leur cohérence (Dumas Carré, Weil-Barais, Ravanis & Shourchah, 2003; Kampeza & Ravanis, 2009). Les ***modèles centrés sur l'élève***, « *modèles constructivistes* » vont dans le sens du *modèle cognitiviste* dans la mesure où l'élève gère lui-même ses activités. Ils favorisent l'apprentissage par la découverte qui suppose une situation-problème. Ils favorisent le développement des processus cognitifs de construction des connaissances. Cet apprentissage par l'action (Richard & Verstiggel, 1990) contribue ainsi au développement de la pensée critique de l'élève et donc à son autonomie. Du fait de son caractère actif, le modèle constructiviste sera la trame de l'approche didactique envisagée. En effet les méthodes actives sont centrées sur l'apprenant, considérant qu'il est l'acteur principal de son apprentissage. Elles prennent donc en compte sa motivation, ses besoins, ses attentes. Cette stratégie fait appel essentiellement à un raisonnement analogique qui consiste à transposer à un nouveau contexte, un traitement ou une solution déjà connue.

Évaluation des outils de modélisation

Les méthodes et outils d'évaluation actuellement disponibles sont nombreux et variés (observations, interviews, questionnaires, tests utilisateurs, méthodes d'inspection, oculométrie, etc.). Ils présentent tous des avantages et des inconvénients. Le choix d'un logiciel repose sur l'analyse des besoins et contraintes (techniques, fonctionnels et stratégiques) puis de l'adéquation du logiciel à ces besoins et aux contraintes exprimés. Dès lors que l'on envisage d'étudier l'adéquation du logiciel, il est nécessaire de disposer d'une méthode d'évaluation.

Principe de l'évaluation

À propos de la définition de l'évaluation, Senach (1990) énonce que « toute évaluation consiste à comparer un modèle de l'objet évalué à un modèle de référence permettant de tirer des conclusions ». Ainsi, l'évaluation apparaît comme une comparaison entre le modèle que l'on qualifie « d'observé » (ou d'analysé) et un modèle de référence. Le modèle de référence doit être représentatif de l'adéquation de l'interface évaluée par rapport aux besoins spécifiques de l'utilisation. Le résultat de cette comparaison, entre modèle observé et modèle de référence, définit le niveau d'adéquation de l'outil de modélisation par rapport aux besoins déjà spécifiés et permet d'orienter son choix.

Aborder l'évaluation c'est poser le problème de son utilisabilité, de son utilité et de son acceptabilité. Trois dimensions explorées par (Tricot et al., 2003) dans l'évaluation des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) qui sont des interfaces homme-machine.

À propos de **l'utilité**, elle détermine si l'interface répond aux besoins de l'utilisateur ; en d'autres termes, si l'application permet à l'utilisateur d'atteindre ses objectifs de travail. L'utilité englobe la notion de performance du système, la capacité fonctionnelle et la qualité de l'assistance technique proposée (Senach, 1990; Nielsen, 1993).

Concernant **l'utilisabilité**, elle représente la possibilité de manipuler l'application, c'est-à-dire qu'il est facile à prendre en main, à utiliser, à réutiliser, sans perte de temps et sans confusion dans la manipulation. L'utilisabilité de l'application se joue au niveau de l'interface (sa cohérence, sa lisibilité, la façon dont elle représente les actions possibles, etc.), de sa navigation (la cohérence, la simplicité, l'exhaustivité des déplacements possibles), et de sa cohérence avec l'objectif » (Tricot et al., 2003). Il s'agit de la compatibilité, la cohérence, la clarté visuelle, la flexibilité et le contrôle, les retours d'information, l'aide en ligne, la gestion des erreurs.

Pour **l'acceptabilité**, elle consiste en la prise de décision d'utiliser l'application. Elle est fonction des valeurs, cultures, et de l'organisation de l'environnement cible. Elle peut faire l'objet d'une évaluation par inspection en étudiant l'adéquation aux besoins de l'institution, aux attentes des apprenants, aux caractéristiques des apprenants. Elle peut être également envisagée en termes de compatibilité avec l'organisation du temps, l'organisation des lieux, la présence du matériel nécessaire, la visibilité des résultats. Enfin, l'acceptabilité peut faire l'objet d'une évaluation empirique par observations, entretiens ou questionnaires en prenant en compte la motivation, les affects, les cultures et les valeurs des utilisateurs et prescripteurs de l'outil.

Les méthodes d'évaluation usuelles sont nombreuses ; afin de pouvoir bien les présenter, il est nécessaire de les classer selon des approches. En effet selon (Bastien & Scapin, 2001), la classification devrait permettre de décrire de manière exhaustive et adéquate les méthodes d'évaluation existantes afin d'en faciliter la sélection en fonction de critères tels que :

- **les objectifs d'évaluation** qui déterminent si, il s'agit d'un diagnostic (détection des erreurs de conception) en vue de fournir des alternatives de conception, ou d'évaluation permettant de déterminer l'adaptation du système interactif aux tâches pour lesquelles il a été conçu, ou encore d'une évaluation de conformité à des normes,
- **la source des données de l'évaluation** caractérisant leur provenance comme les performances utilisateurs, les caractéristiques de l'interface, les interactions,
- **le moment de l'évaluation** qui détermine l'état, la forme, la représentation du système interactif à évaluer.

Trois périodes sont retenues par les auteurs pour l'évaluation de ces types d'application : en amont de la conception, pour anticiper, corriger à moindre les frais des problèmes éventuels

qu'il sera très coûteux voire impossible de corriger en fin de conception. En fin de conception, pour évaluer la maquette. Après la conception, pour valider le dispositif déjà réalisé.

Choix d'une méthode d'évaluation

On distingue plusieurs classifications des méthodes d'évaluation des systèmes interactifs. Selon Senach (1990), il existe les méthodes d'évaluation suivant les données comportementales (méthodes empiriques) ou suivant les données sur l'interface (méthodes analytiques). Quant à Whitefield, Wilson et Dowell (1991), les méthodes analytiques, les rapports des spécialistes, les rapports d'utilisateurs et les méthodes d'observation constituent la base de son classement. Pour Grislin et Kolski (1996) les méthodes d'évaluation peuvent être classées en trois grandes approches : les approches centrées sur les avis et/ou les activités des utilisateurs ; les approches qualifiées d'expertes et les approches qualifiées d'analytiques. Bastien et Scapin (2001) distinguent deux grandes catégories, les méthodes requérant la participation directe des utilisateurs et les méthodes s'appliquant aux caractéristiques de l'interface.

Après analyse, toutes ces méthodes peuvent être regroupées en trois grandes catégories : les méthodes basées sur des techniques d'observation de l'utilisateur réel et de recueil des données de l'interaction ; les méthodes basées sur l'intervention d'experts en interaction homme-machine, en psychologie cognitive ou en ergonomie ; les méthodes analytiques basées sur des modèles formels prédictifs intégrant des connaissances sur la tâche et sur des grammaires ou des modèles formels de qualité.

Concernant l'étude dont il est question ici, Il est retenu une approche centrée sur l'utilisateur en rapport avec le modèle théorique d'enseignement adopté à partir de la théorie de l'activité. Approche qui permet de détecter les problèmes réels que rencontre l'utilisateur lorsqu'il réalise sa tâche à partir du système. Cette approche utilise les méthodes basées sur des techniques d'observation de l'utilisateur réel et de recueil des données de l'interaction. Dans ce cas l'utilisateur constitue la source des données de l'évaluation. Des tests d'utilisation seront utilisés dans la technique d'observation pendant que l'utilisateur interagit avec le système. Lors des tests d'utilisation, plusieurs utilisateurs participent à l'exécution de tâches représentatives des tâches réelles. Les questionnaires et les entretiens permettent le recueil de données subjectives relatives aux attitudes, aux opinions des utilisateurs et à leur satisfaction. Ces données seront utilisées pour compléter les données objectives recueillies lors des tests d'utilisation.

CONCLUSION

À l'issue du travail, un cadre théorique sur l'évaluation des outils de modélisation utilisés dans le domaine de l'enseignement de la conception mécanique a pu être élaboré. Les points suivants ont été abordés dans ce cadre théorique :

- Une clarification des concepts utilisés comme la conception mécanique, les outils de modélisation et la modélisation en conception mécanique ;
- Une description d'une approche modélisant l'usage des artefacts en instruments au service de l'activité ;
- Une théorie de l'activité modélisant l'interaction étudiant/logiciel dans le cadre de l'apprentissage de la CAO ;
- Le choix d'un modèle d'enseignement/apprentissage et d'une stratégie pédagogique ;
- Le choix d'une méthode d'évaluation des logiciels et/ou outils de modélisation en CAO.

Au plan général, il s'agit de contribuer à l'éclairage du choix d'un outil de modélisation et de simulation dans l'enseignement de la conception mécanique au niveau des établissements d'enseignement supérieur. De manière plus spécifique, notre recherche vise à élaborer une méthodologie d'évaluation des outils de modélisation utilisés dans les activités de conception mécanique afin d'orienter le choix des utilisateurs.

La clarification des concepts à partir d'une revue bibliographique a permis d'identifier les activités de conception. Ces dernières nous permettront par la suite de déterminer les tâches et opérations nécessaires pour leur réalisation.

L'étude du cadre théorique a permis d'identifier une approche permettant de décrire le contexte global de l'usage des outils de modélisation dans l'enseignement de la conception mécanique. En effet l'utilisation de l'informatique dans les activités de conception mécanique permet de penser les situations d'enseignement/apprentissage comme des situations d'activité instrumentée dans lesquelles l'usage des outils de modélisation (CAO) constitue un des moyens d'action de l'enseignant dans son travail.

Le modèle d'enseignement choisi permettra de définir la stratégie d'apprentissage qui sera mise en œuvre lors des activités d'enseignement apprentissage.

Il a été identifié une méthode d'évaluation basée sur des techniques d'observation de l'utilisateur réel et de recueil des données de l'interaction de l'étudiant avec le logiciel CAO. Aussi, ont été identifiés des tests d'utilisation pour les techniques d'observation, des questionnaires et des guides d'entretiens pour le recueil des données de l'interaction étudiant/logiciel CAO. Pour la suite du travail il est envisagé d'abord de déterminer les principaux critères liés aux différents facteurs impliqués dans l'interaction de l'étudiant avec le logiciel CAO, ensuite de concevoir les outils retenus et les tester, puis les administrer aux différents acteurs concernés, et enfin analyser et interpréter les données recueillies.

RÉFÉRENCES

- Adreit, F., Boksenbaum, C., & Mauran, P. (1993). *Le sens, essence des sens*. Paper presented at the conference "Computer Science, Communication and Society: a technical and cultural challenge", Neuchâtel, Switzerland.
- Bachelard, S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. Dans P. Delattre & M. Thellier (Dir.), *Élaboration et justification des modèles* (pp. 3-19). Paris: Maloine S. A.
- Bastien, J. M. C., & Scapin, L. (2001). Évaluation des systèmes d'information et critères ergonomiques. In C. Kolski (Éd.), *Environnement évolués et évaluation de l'IHM. Interaction Homme Machine pour les SI*, Volume 2 (pp. 53-80). Paris: Hermès.
- Contamines, J., George, S., & Hotte, R. (2003). Approche instrumentale des banques de ressources éducatives. *Revue Sciences et Techniques Éducatives*, 10. Retrieved from <http://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00298189/>.
- Crinon, J., & Legros, D. (in press). The semantic effects of consulting a textual data-base on rewriting. *Learning and Instruction*.
- Deneux, D. (2002). *Méthodes et modèles pour la conception concourante*. Habilitation à diriger des recherches. Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, France.
- Duffy, T., & Cunningham, D. (1996). Constructivism: implications for the design and delivery of instruction. In D. H. Jonasse (Ed.), *Handbook of Research for Educational Communications and Technology* (pp. 170-198). New York: Simon and Schuster.

- Dumas Carré, A., Weil-Barais, A., Ravanis, K., & Shourchah, F. (2003). Interactions maître-élèves en cours d'activités scientifiques à l'école maternelle : approche comparative. *Bulletin de Psychologie*, 56(4), 493-508.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding. An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta - Konsultit.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science Education and in design and technology Education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Ed.), *Developing models in science Education* (pp. 3-18). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Ginestié, J. (1994). *La technologie au collège : bilan et perspectives*. Paper presented at Colloque Techno, Montpellier, France.
- Grislin, M., & Kolski, C. (1996). Évaluation des interfaces homme-machine lors du développement de système interactif. *Technique et Science Informatiques*, 3, 265-296.
- Johsua, S., & Dupin, J-J. (1993). *Initiation à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris: PUF.
- Kampeza, M., & Ravanis, K. (2009). Transforming the representations of preschool-age children regarding geophysical entities and physical geography. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 3(1), 141-158.
- Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. Montréal: Guérin.
- Léontiev, A.-N. (1975/1984). *Activité, conscience, personnalité*. Moscou: Éditions du Progrès.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Boston, MA: Academic Press
- Oosterman, B. (2001). *Improving product development projects by matching product architecture and organization*. PhD Thesis, Groningen University, Netherlands.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, une approche cognitives des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin.
- Richard, J. F., & Verstiggel, J. C. (1990). La représentation de l'action dans les processus de compréhension. *Langages*, 25(100), 115-126.
- Senach, B. (1990). *Évaluation ergonomique des IHM : Une revue de la littérature*. Rapport INRIA, n°1180.
- Simon, H. A. (1991). *Sciences des systèmes. Sciences de l'artificiel*. Paris: Dunod.
- Sonntag, M. (2007). La conception au cœur de la formation professionnelle. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, 40(3), 59-78.
- Suh, N. P. (1990). *The principles of design*. New York: Oxford University Press.
- Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps, J.-F., Amiel, A., Lutz, G., & Morcillo, A. (2003). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre dimensions de l'évaluation des EIAH. In C. Desmoulins, P. Marquet & D. Bouhineau (Dir.), *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain* (pp. 391-402). Paris: ATIEF/INRP.
- Vergnaud, G. (2012). Préface. In M.-L. Elalouf, A. Robert, A. Belhadjin & M.-F. Bishop, (Éds), *Les didactiques en question(s)* (pp. 9-13). Bruxelles : De Boeck.
- Vygotsky, L. (1934/1985). *Pensée et langage*. Paris: Éditions Sociales.
- Whitefield, A., Wilson, F., & Dowell, J. (1991). A framework for human factors evaluation. *Behaviour & Information Technology*, 10(1), 65-79.