

La place des modèles et de la modélisation dans le système L.M.D.

مكانة النماذج والنمذجة في نظام ال.ل.م.د

The place of models and modeling in the L.M.D system

Djamel HOUATIS^{*1}

Date : 04/08/2020

- Date d'acceptation : 14/09/2021

- Date d'édition : 02/12/2021

ملخص: إن مجال النماذج والنمذجة موجود الآن بشكل مكثف في جميع فروع العلوم، فهو يمثل حقلاً واسعاً للبحث في علوم التربية وتعليمية العلوم والتكنولوجيا، ورغم استكشافه لعقود من الزمن لا يزال يشكل موضوعاً خصباً للبحث والإثراء. تهدف هذه الدراسة إلى تقدير مكانة النموذج و النمذجة في تدريس الفيزياء من خلال تحليل بعض مناهج الجيل الجديد من التكوين النظام التعليمي الحالي في مرحلتيه ليسانس و ماستر على مستوى الجامعات الجزائرية. أظهرت النتائج أن تدريس النماذج والنمذجة بشكل صريح، يسمح للطلاب بوضعهم في ظروف ملائمة لبناء مفهوم النموذج وممارسة أنشطة النمذجة، وهو أمر ضروري لفهم و اكتساب المفاهيم العلمية.

الكلمات المفتاحية: نموذج؛ نمذجة؛ علوم التربية؛ الإستمولوجية؛ التعليمية

Abstract : The domain of models and modeling is now omnipresent in all branches of science. It represents a vast field of research in education and didactics of science and technology. It has been explored for decades and it still an object of research. The object of this article is the appreciation of the place of the model and modeling in teaching Physics through the analysis of some programs in the new generation, of License and Master training at the level of Algerian universities. The results show that the teaching of models and modeling explicitly, allows students to be found in suitable conditions to the construction of the notion of model and to the practice of modeling activities, which is essential to understand scientific concepts.

Keywords : model; modeling; education; epistemology ; didactic

Résumé : Le domaine des modèles et de la modélisation est aujourd'hui omniprésent dans toutes les branches de la science. Il représente un vaste champ de recherche en éducation et en didactique des sciences et de la technologie. Il a été exploré pendant des décennies et fait encore l'objet de recherches. L'objet de cet article est l'appréciation de la place du modèle et de la modélisation dans l'enseignement de la Physique à travers une analyse de quelques programmes dans la nouvelle génération des formations licences et masters au niveau des universités algériennes. Les résultats montrent que l'enseignement des modèles et de la modélisation de manière explicite permet de placer les étudiants dans les conditions favorables à la construction de la notion de modèle et à la pratique des activités de la modélisation, ce qui est indispensable à la compréhension des concepts scientifiques.

Mots clés : modèle; modélisation; éducation; épistémologie; didactique

Introduction

L'usage de la notion de *modèle* est très usité de nos jours dans le langage des sciences : "*Je crois que le modèle est un outil de pensée utile et même incontournable, en ce qu'il nous permet de penser à ce qui n'est pas familier dans le terme familier*" (Niemeyer, 2007, p. 28) affirmait déjà en

* Auteur correspondant.

¹ جمال حواتيس, University of Medea, Science department, L.P.T.E.A.: Algeria, houatis.djamel@univ-medea.dz

son temps le physicien Percy W. Bridgman² (1882-1961). Cette affirmation n'a jamais été autant vraie qu'aujourd'hui. Cette notion a acquis une place de plus en plus importante dans les sciences modernes et contemporaines, à tel point que l'on peut dire, à la suite de Christian Wissel, fondateur de la modélisation écologique moderne en Allemagne : "*L'esprit humain est incapable de penser autrement qu'à travers les modèles*" (Müller, 2006).

La notion de modèle bien que fort répandue dans tous les champs disciplinaires, possède en sciences physiques une spécificité toute particulière, et sa signification présente une résonance et une portée propre à cette discipline. Nous nous intéresserons dans cette recherche plus particulièrement aux modèles en sciences physiques.

Dans les activités du physicien, les ensembles indissociables, théorie et modèle, expérimentation et modélisation sont omniprésents. La question de passage du concret à l'abstrait, de l'expérimentation à sa traduction formalisée passe obligatoirement par la prise en compte de concept de *modèle*. Cette composante pour un physicien est donc incontournable, elle est au cœur de sa démarche d'investigation.

Dans le contexte scolaire, les modèles sont couramment utilisés dans les cours de physique pour aider à expliquer les concepts scientifiques ; Ils ne sont pas nécessairement des objets d'enseignement mais sont souvent implicites dans les discours et les écrits en classe. Il est rare aujourd'hui de visiter un laboratoire de recherche ou suivre une séquence d'enseignement en classe sans voir des chercheurs et des enseignants s'affairant autour de modèles ou de modélisations. Forts de cette réflexion, nous émettons l'hypothèse que l'enseignement de manière explicite de la notion de modèle et de la modélisation permet à l'apprenant d'aborder et de mieux comprendre tous leurs enjeux historiques, épistémologiques et didactiques. Ainsi nous avons cherché à apprécier la place du modèle et de la modélisation dans l'enseignement de la Physique à travers une analyse de quelques programmes de l'histoire des sciences, l'histoire de la physique, de l'épistémologie et de la didactique dans la nouvelle génération des formations licences et masters au niveau des universités algériennes.

Il s'avère que de telles recherches sont encore rares pour l'enseignement supérieur. Les résultats de cette étude, nous semble-t-il, être pris en compte pour guider les enseignants à choisir une démarche appropriée d'enseignement-apprentissage permettant de conduire leurs apprenants à la construction des modèles et à la pratique d'une activité de modélisation et d'acquérir différents modèles scientifiques et de les placer dans les conditions favorables à l'adaptation de la notion de modèle et à l'apprentissage de la modélisation.

1- Place des modèles et de la modélisation dans le système L.M.D.

L'importance que détiennent les modèles et les démarches de modélisation dans l'enseignement des sciences, notamment la physique, nous permet d'affirmer que la réussite d'un apprentissage est fonction de l'action efficace de l'enseignant et de sa méthode à diriger les activités des apprenants vers l'utilisation des modèles et de la modélisation en classe. Nous proposons donc dans cette étude d'examiner la place et l'implication des modèles dans le processus d'apprentissage, en particulier dans le système L.M.D.

1-1 Le cas des pays Européens

Le système L.M.D a longtemps été dans les universités des pays anglo-saxons. Son application a débuté en 1998 dans les principaux pays européens (Allemagne, Angleterre, France et Italie), puis a été adopté en 1999 à Bologne (Italie) par 29 pays européens. Ce système vise à harmoniser l'architecture du système européen d'enseignement supérieur, à dispenser une formation spécialisée répondant à des besoins socio-économiques précis et assurer une meilleure qualité des

² Prix Nobel de physique en 1946 pour l'invention d'appareils capables de produire des pressions extrêmement élevées, et pour les découvertes qu'il a faites dans le champ de la physique à haute pression.

enseignements supérieurs et à délivrer des diplômes d'études supérieures de valeur internationale permettant une certaine mobilité des étudiants. Parmi ses objectifs, on peut citer :

- Une architecture des études unifiée, basée sur les trois grades licence-master-doctorat.
- Être plus ouvert sur l'évolution mondiale, particulièrement celles des sciences et des technologies.
- Promouvoir la capacité institutionnelle à adapter et à renouveler leurs offres de formation et à accréditer des contenus de programmes pédagogiques innovants.
- L'intégration des NTIC (Nouvelles Technologies d'Information et de Communication) dans l'enseignement.

Dans ce système, de nombreuses activités scientifiques et technologiques sont proposées, dont l'ensemble indissociable (théorie, modélisation, simulation et expérimentation) est omniprésent. L'apprenant est convoqué à se trouver devant plusieurs situations d'enseignement dont l'usage de modèle et de la modélisation est dominante. Citons comme exemples : l'adoption des symboles littéraux et des représentations schématiques dans diverses disciplines, des images animées se déploient sur l'écran, des simulations informatiques facilitent la mise en scène et la lisibilité des résultats, des sondes de détection et des interfaces physique et numérique utilisées dans plusieurs domaines, des ordinateurs puissants utilisés dans la visualisation et la modélisation des phénomènes complexes, des logiciels informatiques permettant de modéliser, de simuler et de calculer et d'analyser des masses énormes de données...

Dans ce système, l'enseignement basé sur l'approche par compétence a acquis une centralité qu'elle ne semble pas occuper dans le système classique. Beaucoup d'établissements universitaires s'attachent à mettre en place l'approche par compétences dans la construction de l'offre de formation licence et master. Cette approche transforme l'apprenant d'un acteur de réception à un individu capable d'agir devant des situations d'apprentissage, il devient un co-constructeur des savoirs livrés et acquis en classe. Le succès d'une telle approche dans un projet d'établissement nécessite d'un côté, des pratiques réflexives des enseignants ainsi qu'un développement de leurs compétences scientifiques et de leurs visions de l'enseignement, et de l'autre, la maîtrise des apprenants de plusieurs savoirs ainsi que sa mobilisation ou l'activation dans une situation et un contexte donné. Ceci ne peut se réaliser sans une maîtrise de l'outil de modélisation et apprendre que le savoir n'est qu'un modèle.

Les parcours de formation dans le système L.M.D sont organisés en unités d'enseignement, une unité d'enseignement est un ensemble de matières organisé d'une manière pédagogique cohérente ayant des objectifs communs et constituent un ensemble pédagogique au niveau des acquis d'apprentissage attendus. Ils existent quatre types d'unités d'Enseignement :

- *Unité d'Enseignement Fondamentale* : Elle regroupe les matières d'enseignement de base nécessaires à la poursuite des études de la filière concernée.
- *Unité d'Enseignement Méthodologique* : Elle regroupe les matières d'enseignement d'outils méthodologiques comme les travaux pratiques, les méthodes numériques et les langages de programmation.
- *Unité d'Enseignement de Découverte* : Elle regroupe les matières d'enseignement qui permettent d'élargir l'horizon des connaissances de l'étudiant et de lui ouvrir d'autres perspectives en cas de réorientation.
- *Unité d'Enseignement Transversal* : Elle regroupe les matières d'enseignement telles que les langues vivantes, l'informatique, les technologies de l'information et de la communication...

L'une des nouveautés du système L.M.D dans l'unité d'enseignement méthodologique a été l'indépendance des travaux pratiques qui deviennent une matière autonome avec son propre cours, TD et TP ainsi que son propre coefficient et valeur en crédits. Les travaux pratiques ne sont pas rattachés à la matière fondamentale comme les travaux dirigés, ils sont assurés par un enseignant à part qui prépare la plateforme pédagogique de nombreuses expériences selon des objectifs bien précis.

A l'opposé du système classique, les travaux pratiques possèdent leur modalité d'évaluation, ils sont évalués par leur responsable séparément de l'unité fondamentale.

Avec cette autonomie, la matière peut cependant être enrichie et ses objectifs peuvent être élargis, divers outils méthodologiques peuvent être pratiqués par les enseignants et assimilés par les apprenants. L'élaboration et l'utilisation d'un modèle en relation avec l'expérience donne une véritable méthodologie qui est la modélisation. Cette démarche est centrée sur l'utilisation du modèle, elle pourra constituer une aide d'interprétation des phénomènes et un moyen de prendre conscience de la nature de la discipline.

On note que dans le système classique, et même actuellement avec l'application du système L.M.D, l'enseignant s'appuie rarement sur cette démarche pour l'enseignement scientifique, privilégiant la méthode expérimentale. L'une des principales causes de l'abstention de l'utilisation de la modélisation est la difficulté des enseignants à mettre en œuvre cette approche. Un travail de transposition didactique à propos du savoir sur notre sujet est nécessaire qui fera du savoir savant sur le modèle et de la modélisation apte à être utilisé et enseigné.

Les travaux de recherche en didactique universitaire sont rares, et la question de modèle et de la modélisation relève de l'appréciation individuelle de chaque enseignant, pour être adaptée aux nouvelles missions de l'enseignement supérieur, une analyse par une approche didactique est nécessaire dont l'objectif de proposer une transposition didactique de la démarche de modélisation au niveau des travaux pratiques universitaires à partir de plusieurs démarches répertoriées chez des chercheurs en didactique et en l'épistémologie de la science. À noter que de nombreux travaux dans le champ de la didactique des sciences ont montrés que les enseignants du secondaire ont en général une compréhension épistémologique limitée de la notion de modèle et de la modélisation (Crawford & Cullin, 2004; Henze, Van Driel & Verloop, 2007; Justi & Gilbert, 2003; Justi & Gilbert, 2002; Smit & Finegold, 1995; Van Driel & Verloop, 2002; Van Driel & Verloop, 1999). En outre, dans les unités d'enseignement de Découverte et Transversal, une des nouveautés du système L.M.D est l'intégration des notions d'épistémologie, de didactique et d'histoire des sciences de manière explicite au niveau des programmes et des séquences d'enseignement, chose qui était absente dans l'enseignement classique. Ces matières peuvent ouvrir de nouveaux horizons ayant plusieurs utilités telles que la notion de modèle et de la modélisation. Elles permettent aux étudiants d'identifier et d'analyser les enjeux, de s'approprier un modèle pour n'importe quel phénomène et de comprendre le travail de la modélisation qui caractérise l'activité scientifique.

En résumé, ces matières permettent de répondre aux questionnements suivants qui sont directement liés à la question de modèles et de la modélisation :

- Comment sont construites les connaissances scientifiques ?
- Qu'est ce qui fait qu'une connaissance est scientifique ?
- Qu'est-ce que l'objectivité en science ?
- Quelles sont la portée, la valeur et les limites des connaissances scientifiques ?

1-2 Le cas de l'Algérie

En Algérie, la réforme du système L.M.D a été mise en œuvre au cours de l'année universitaire 2004-2005, elle a touché dans un premier temps dix établissements de l'enseignement supérieur, puis a été généralisé à travers tout le pays. Il a été adopté de manière moins progressive et moins systématique que dans les pays développés. Son introduction a été précédée en peu de temps par la réforme des paliers éducatifs primaire et secondaire au moyen d'une approche par compétences.

L'objectif du système L.M.D consiste à inculquer à l'apprenant un savoir, un savoir-faire et un savoir être tout en lui donnant une meilleure autonomie dans la recherche de l'information. Les méthodes pédagogiques privilégiées sont les méthodes actives consistant à attribuer à l'apprenant un rôle central en lui donnant l'occasion de s'exprimer, d'entreprendre, de chercher l'information et d'expérimenter par lui-même (Oldache, 2014). Dans ce contexte et dans les sciences physiques, l'activité d'investigation et de modélisation occupe une place essentielle dans ces méthodes, elle

fournit à l'apprenant en plus des compétences pédagogiques d'autres compétences telles que l'identification d'un problème et sa résolution, l'imagination, l'élaboration d'un modèle relatif à un phénomène, confrontation du modèle avec la réalité, l'inventivité des situations reproductibles...

L'enseignement par démarche d'investigation a pour but d'amener les apprenants à pratiquer des démarches qui s'apparentent selon les textes historiques et épistémologiques et à comprendre cette démarche selon les textes didactiques. La place, le contenu et la progressivité du savoir épistémologique, historique et didactique à enseigner reste manifestement en retrait par rapport à ce qui se déroule dans les pays qui ont une longueur d'avance dans l'application du système L.M.D.

Les formations proposées dans la filière physique appartiennent au domaine « Sciences de la Matière », ces formations permettent aux étudiants de poursuivre des études dans diverses spécialités de la physique. Cet enseignement en physique dispensé en trois années pour la licence, et cinq années pour le master permettra aux étudiants d'activer soit dans la recherche fondamentale et appliquée, soit dans l'enseignement moyen et secondaire.

Dans ce domaine, des matières comme l'histoire des sciences, l'épistémologie et la didactique sont conçues comme des nouveaux outils complémentaires dont l'objectif principal est l'étude du développement, de fonctionnement et de la transmission de la connaissance scientifique, de plus, situer l'état actuel de la physique à travers son histoire, ses enjeux épistémologiques, ses problèmes didactiques et les débats qui les traversent.

2- Analyse et discussion des programmes.

Dans ce qui suit, nous avons cherché à apprécier la place du modèle et de la modélisation à travers une analyse de quelques programmes de l'histoire, de l'épistémologie et de la didactique dans la nouvelle génération des formations licences et masters au niveau des universités algériennes.

2-1 La formation au niveau licence

Dans l'arrêté N° 495 du 28 juillet 2013, du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, fixant le programme des enseignements du socle commun de licence du domaine Sciences de la Matière, la matière histoire des sciences est introduite dans l'unité de découverte en deuxième semestre. Nous avons grandement contribué à travers notre responsable de domaine dans le Comité Pédagogique National du Domaine Sciences de la Matière (CPND-SM) à enrichir le programme de cette matière (annexe A). Notre programme a été adopté par le (CPND-SM), l'impact de la notion de modèle et de la modélisation est dominant dans les objectifs de ce programme. En plus de l'enrichissement de sa culture générale sur les principales étapes de l'évolution de la science, l'étudiant observe à travers l'histoire diverses caractéristiques de la science comme :

- *Le caractère dynamique de la science* : Les connaissances scientifiques sont provisoires et peuvent subir des modifications et/ou des améliorations. La science donc progresse effectivement (**Kuhn, 1962, p. 20**). Elle change et lorsqu'une théorie ne peut pas expliquer de nouvelles observations, une nouvelle théorie est construite. Avec le temps, notre connaissance augmente et progresse car la nouvelle théorie devrait non seulement expliquer les nouvelles données, mais également les anciens faits expliqués par les vieilles théories.
- *Le caractère représentatif de la science* : La science offre un regard sur le monde, une vision, une opinion, un point de vue, un langage pour le décrire, une façon de le comprendre et de le structurer dans la pensée.
- *Le caractère douteux de la science* : La science met en doute des idées et des certitudes acquises comme : (la terre est le centre du monde). Pas de "vérité" finale dans la science. La science ne peut fournir de réponses à toutes les questions, ni des réponses

systématiquement complètes aux questions scientifiques. On peut toujours améliorer notre compréhension.

- *Le caractère révolutionnaire de la science* : La science subit de profonds changements dans sa profondeur conceptuelle. Des nouvelles théories bouleversent tout notre système de pensée, des nouveaux outils plus adaptés pour comprendre apparaissent. Dans ce contexte, Kuhn propose le concept de « paradigme » pour désigner l'idée d'un nouveau modèle à suivre, pour lui, "c'est l'étude des paradigmes ... qui prépare l'étudiant à devenir membre d'une communauté scientifique [...]" (**Kuhn, 1962, p. 30**).

Dans l'opération « mise en conformité » des Licences par le Comité Pédagogique National du Domaine Sciences de la Matière (CPND-SM), une matière intitulée « Histoire de la Physique » a été adjointe à la filière physique. Cette matière est enseignée en deuxième année dans l'unité d'enseignement de découverte. Dans ce cadre notre proposition de programme pour cette dernière matière (annexe B) a été adoptée par le (CPND-SM), à l'issue de sa réunion du 11 Février 2014, qui s'est tenue à l'Université de Constantine¹, et qui avait pour objet essentiel l'élaboration et la finalisation du référentiel L2. Le programme a consacré plus de temps à l'enseignement de cette matière (trois heures par semaine). Les éléments historiques introduits dans cette matière donnent une image assez détaillée de la physique. L'enseignant formateur est invité à présenter les différents modèles d'étude scientifiques dans le domaine de la physique depuis l'antiquité, en passant par la civilisation arabo-musulmane, puis à la révolution scientifique jusqu'à la naissance de la mécanique quantique et de la théorie de la relativité. Le programme revêt une grande importance pour comprendre la place de modèle et de la modélisation dans la structure de la physique.

L'enseignant peut utiliser le contenu du programme en faveur du modèle et de la modélisation pour montrer aux apprenants :

- Comment les physiciens construisent progressivement des modèles au cours de l'histoire ?
- Comment les physiciens sélectionnent un certain nombre d'éléments observables et construisent différents modèles ? ce qui permet d'identifier l'activité de modélisation à partir des études historiques.
- Comment un modèle est limité, il a un champ de validité, hors ce champ un autre modèle est nécessaire ?
- Comment deux modèles différents peuvent décrire une même situation ?

L'histoire de la physique peut être un support à l'enseignement des modèles et de la modélisation, dans la mesure où elle permet de rendre plus visible la formation des modèles et les améliorations introduites dans son évolution au cours du temps et illustrer la démarche de la modélisation. C'est une redécouverte, elle met en évidence les préoccupations qui ont guidées la recherche et les moyens qu'elle a mis en œuvre pour assimiler tel ou tel aspect du réel (**Hulin, 1997, p. 59**). Un regard historique aide à donner un statut de modèle et de la modélisation qui fait apparaître la physique comme un questionnement permanent et rigoureux, évolutif et hypothétique et non un savoir dogmatique et intangible (**Morge & Doly, 2013, p. 152**).

L'enseignement de l'histoire de la physique est un outil puissant pour amener les apprenants à comprendre les différentes facettes que recouvre le modèle et appréhender la place spécifique de la modélisation dans la recherche scientifique. Pour ce faire, il est souhaitable que l'enseignant ait une solide connaissance de l'épistémologie en plus bien sûr de la maîtrise de l'histoire de la discipline. Il doit présenter une histoire qui permettrait, entre autres, d'accéder aux conditions de possibilité et aux obstacles de la construction du savoir scientifique (**Jacob, 1970**), et d'approcher la dynamique intellectuelle, les obstacles à la conceptualisation, les conditions de possibilité de l'établissement des faits scientifiques et les déterminants contextuels de l'activité et de la production scientifique (**Canguilhem, 1983**). Une histoire qui permettrait de mettre en question un savoir établi (**Stengers, 1992**), et rend compte des conditions philosophiques qui autorisent des types de questionnements scientifiques possibles ainsi que la proposition et la validation des modèles explicatifs (**Mathy, 1992**).

L'enseignant doit proposer les éléments historiques d'une manière à susciter la réflexion historico-épistémologiques, les questions comme : les rapports entre modèles et théories, la différence entre expérimentation et modélisation, les domaines de validité des théories et modèles, la structuration du savoir, le lien entre science et philosophie... ne peuvent pas être perçues par l'apprenant à travers la méthode historique seule, elles nécessitent une solide compréhension des concepts épistémologiques.

2-2 La formation au niveau Master

Les programmes de formation en physique sont très variés d'un master à un autre, ils diffèrent selon les spécialités des enseignants qui proposent ces programmes, ainsi que leurs visions, leurs aptitudes et leurs perspectives sur l'enseignement de la physique. Les différences les plus notables concernent les contenus, les concepts et surtout les matières impliquées. Il n'existe pas de consensus en ce qui concerne les contenus de programme, ni sur les méthodes ni sur les stratégies.

Près de quinze années après la mise en œuvre du système L.M.D, l'enseignement de la physique dans les universités algériennes continue de suivre les méthodes traditionnelles, des conférences magistrales données en un temps record selon une méthode démonstrative ou l'enseignant explique et démontre en même temps. L'enseignement de la physique reste très mathématisé et déficient en notions historiques et épistémologiques (**Oldache, Khiari, & Belarbi, 2013**), il est toujours basé sur l'approche classique (raisonnement inductif, mémorisation, empirisme, réalisme naïf...).

Malgré l'énorme masse d'étudiants qui s'orientent vers l'enseignement de la physique à différents niveaux, secondaire et moyen, le plus grand nombre des offres de formations masters n'introduisent pas les matières comme l'histoire, l'épistémologie et la didactique en raison du manque d'enseignants spécialistes dans ces domaines. L'enseignement de ces matières reste confiné dans les écoles normales supérieures et dans quelques universités à l'initiative de quelques enseignants aux nouvelles méthodes et stratégies. La situation peut varier d'une université à une autre. C'est ainsi qu'au niveau de notre université de Médéa les nouveaux programmes des spécialités physique et mathématique et biologique proposent de nombreuses ouvertures en directions de l'histoire des sciences, de l'épistémologie et de la didactique de la discipline alors que ces matières sont totalement absentes dans ceux de la technologie.

Dans le cadre de la dynamique d'innovation dans la construction de l'offre de formation et après l'action de « mise en conformité des Licences », le (CPND-SM) a procédé en 2016 à l'opération de « l'harmonisation des formations Masters » et la redéfinition des domaines disciplinaires. Il s'agit d'arranger les intitulés des Masters par rapport aux nouvelles Licences et de réviser leurs objectifs, de revisiter les contenus des matières. Au niveau de notre université, et dans ce cadre deux programmes ont été proposés, le premier concerne la matière d'épistémologie (annexe C) et le second concerne la didactique de la physique (annexe D). Les deux programmes ont été adoptés par les comités pédagogiques des deux masters, physique théorique et physique des matériaux. L'épistémologie et la didactique ont été introduites comme matières d'Unités d'Enseignement Transversal respectivement au premier et second semestre.

2-2-1 Le programme d'épistémologie

Dans ce programme, la notion du modèle a été explicitement introduite comme thème autonome sous un chapitre intitulé : « La notion de modèle et activité de modélisation en physique ». L'enseignant est invité à proposer un certain nombre de définitions possibles du modèle en physique pour stimuler la réflexion cognitive de l'étudiant sur cette question. Il montre aux apprenants que la physique, en tant qu'archétype des sciences empiriques, se caractérise par son recours systématique à l'élaboration des modèles, et que l'utilisation du modèle en physique est inévitable, puisqu'il permet de faire le lien entre la réalité et la connaissance, et que l'exercice de

modélisation du réel est sans doute la démarche la plus importante et la plus difficile dans la démarche scientifique.

Il présente ensuite les différents modèles employés en physique en montrant la variété des modèles dans les sciences physiques, et les nombreux phénomènes qu'ils peuvent expliquer. Il montre ensuite que le modèle est un "instrument théorique fonctionnelle" (**Robardet & Guillaud, 1997, p. 71**), il est du domaine de la théorie (**Halbwaches, 1974**) sa scientificité tient notamment à ce qu'il est explicatif tout comme les théories.

Étant donné que la distinction entre modèle et théorie n'est pas toujours très claire, l'enseignant est invité à la fin du chapitre à clarifier le terme théorie en mettant l'accent sur ce que le différencie du terme modèle. Il présente et explique les arguments suivants :

- Les théories sont plus générales que les modèles, elles interviennent à un niveau supérieur plus englobant (**Soler, 2000**).
- Un modèle est une représentation logico-mathématique d'un ensemble limité de phénomènes dans des conditions soigneusement définies; une théorie scientifique s'applique à un ensemble beaucoup plus vaste de phénomènes (**Marchive, 2003**).
- Le vocable "théorie" est donné à un ensemble de modèles, considérés comme des outils efficaces, reliés par des relations logiques et expérimentales qui assurent une certaine cohérence à l'ensemble (**Robardet & Guillaud, 1997, p. 72**).
- Un modèle est développé dans le prolongement d'une théorie, il est plus limité dans les situations auxquels il fait référence et son domaine d'application est plus réduit que la théorie dont il est issu.
- Un modèle est construit pour représenter un phénomène et reste explicitement lié aux choix d'un auteur (**Stengers, 1993**). Un modèle est directement en rapport avec la situation à étudier, son élaboration se fait en fonction de la question posée, il découle d'une théorie, et apparaît comme une partie concrète ou une composante "opératoire" de cette théorie.
- Dans la pratique scientifique, des théories différentes peuvent exploiter un même modèle de manière différente, et une même théorie peut s'appuyer sur deux modèles distincts voire incompatibles entre eux.

2-2-2 Le programme de didactique de la physique

Étant donné que la pratique expérimentale dans l'enseignement passe par un travail de modélisation, et que le développement de la science notamment la physique se fait par un va-et-vient entre l'observation et l'expérience d'un côté, la conceptualisation et la modélisation de l'autre, on a introduit explicitement la notion du modèle et l'activité de modélisation au deuxième chapitre intitulé « Rôle des travaux pratiques en classe de physique ».

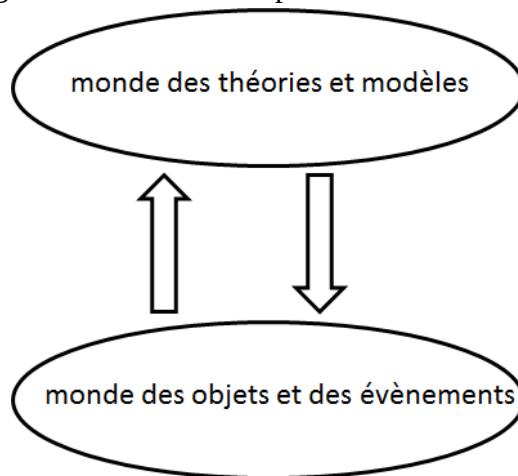
L'enseignant est invité dans un premier temps à expliquer le rôle de l'expérience dans l'acquisition des connaissances, puis le rôle didactique/systématique de l'expérience. L'enseignant amorce alors à l'activité de modélisation en montrant que "savoir élaborer un modèle relatif à un phénomène et le confronter à des résultats expérimentaux" est au cœur de la discipline physique, et que l'intégration du modèle à la méthode expérimentale assure une forte corrélation avec la réalité.

L'enseignant doit permettre à l'apprenant de comprendre que passer du concret à l'abstrait, de l'observation à sa traduction formalisée demande que l'on soit capable d'extraire du monde réel une représentation abstraite simplifiée d'un phénomène, et que connaître une situation c'est la représenter par un modèle (**Halbwaches, 1974**). La notion de modèle et l'activité de modélisation

sont donc continuellement présentes dans la pratique scientifique notamment dans les discours des physiciens.

L'enseignant explique l'activité de modélisation comme étant une réalisation d'articulation du concret de l'expérience avec l'abstrait de la théorie. La distinction entre le « monde des objets et des événements » et « le monde des théories et modèles » est fondamentale pour comprendre la démarche de modélisation (Figure -1-), elle explique les raisons pour lesquelles une situation donnée est modélisée d'une manière ou d'une autre, et ce qui devrait être choisi comme paramètres très pertinents et ceux qui sont négligeables dans cette situation.

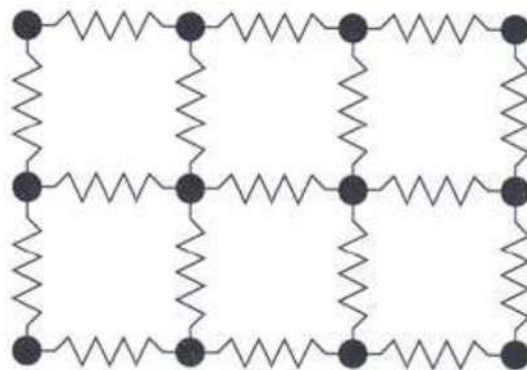
Figure -1-: Schéma simplifié de la modélisation



Source: (Martinand, 2010)

L'enseignement de la modélisation nécessite la prise en charge de contenus scientifiques, l'enseignant doit introduire la notion de modèle sur certains exemples de la physique. Un point matériel auquel on attribue une masse et une vitesse est un bon modèle pour étudier le mouvement de n'importe quel objet. Pour définir le mouvement de ce point on applique le principe fondamental de la dynamique, à partir de ce modèle simple, le mouvement de notre objet pourra être évalué dans la limite de la modélisation. L'enseignant doit définir quelles sont les variables intéressantes et pertinentes qu'on veut modéliser et celles qui ne le sont pas et que l'on néglige. On procède de la même manière avec un rayon lumineux pour modéliser les phénomènes optiques, ou le modèle planétaire pour modéliser l'atome, ou le modèle masse-ressort pour modéliser la matière (Figure-2-)

Figure -2- : Des masses ponctuelles modélisent les particules, et des ressorts modélisent les interactions (Modèle masse-ressort)



Enfin, l'enseignant montre que pour réaliser une activité de la modélisation il faut avoir certaines compétences comme :

- Sélectionner certains aspects du réel à travers des données d'expériences ou d'observation directe ou instrumentées de phénomène physiques.
- Choisir les éléments en lien avec le problème traité. Autrement dit séparer le pertinent du non pertinent par rapport à la problématique considérée.
- Recherche d'analogies entre deux catégories distinctes de phénomènes.
- Choisir des modèles adéquats pour illustrer un sujet.
- Entreprendre une expérimentation selon le modèle préconçu.
- Utiliser les instruments de modélisation (symbolisation, mathématisation, théorisation, schématisation, ...).
- Faire la différenciation entre le modèle et la réalité.
- Soumettre le modèle à des vérifications empiriques.

Conclusion

La question de modèle et de la modélisation relève actuellement sur le terrain de l'appréciation individuelle de chaque enseignant pour être adaptée aux nouvelles missions de l'enseignement supérieur notamment l'application du système L.M.D. Une réflexion épistémologique sur la notion de modèle s'impose et une approche didactique est nécessaire dont l'objectif de proposer une transposition didactique des modèles et l'activité de modélisation qui fera du savoir savant sur le modèle et de la modélisation apte à être utilisé et enseigné.

L'une des principales causes de l'abstention de l'utilisation des modèles et de la modélisation dans la pratique scolaire est la difficulté des enseignants à mettre en œuvre cette approche. Les épistémologues et les didacticiens des sciences doivent donc prendre au sérieux cette démarche et en faire un thème central de l'enseignement des sciences notamment la physique et améliorer les connaissances de la modélisation.

En attendant que cela se produise, le rapport au modèle dans les offres de formation licence et master provient essentiellement dans l'inclusion des matières suivantes : histoire des sciences, histoire de la physique, épistémologie et didactique. Nous avons montré que les contenus de ces programmes peuvent être utilisés en faveur du modèle et de la modélisation, ils amènent les apprenants à s'approprier les différentes facettes que recouvre le modèle, appréhender la place spécifique de la modélisation dans la recherche scientifique et comprendre que l'activité essentielle d'un scientifique réside dans la mise en relation entre fait et idée ou matérialité et théorie via des modèles.

L'enseignement de manière explicite de la notion de modèle dans la matière épistémologie permet à l'apprenant d'aborder et de mieux comprendre tous ses enjeux épistémologiques, ainsi de les percevoir comme essentiels pour faire de la science et connaître d'importantes facettes et fonctions des modèles scientifiques. Il permette à l'apprenant d'acquérir une compétence et avoir plus d'opportunité d'utiliser efficacement les modèles et leurs applications en classe.

Ces matières permettent de placer les étudiants dans les conditions favorables à la construction de la notion de modèle et à l'apprentissage de la modélisation, ce qui est indispensable à la compréhension des concepts scientifiques.

Bibliographie

- Canguilhem, G. (1983). *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris: Librairie philosophique.
- Crawford, B. A., & Cullin, M. J. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modeling in science. *International Journal of Science Education*, 11(26), 1379-1401.
- Halbwaches, F. (1974). *La Pensée physique chez l'enfant et le savant*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Henze, I., Van Driel, J., & Verloop, N. (2007). Science teachers' knowledge about teaching models and modelling in the context of a new syllabus on public understanding of science. *Research in Science Education*, 2(37), 99-122.
- Hulin, N. (1997). L'histoire des sciences et son inscription institutionnelle. Dans J. Rosmorduc, *Histoire des sciences et des techniques* (pp. 39-69). Rennes: CRDP.
- Jacob, F. (1970). *La logique du vivant*. Paris: Gallimard.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 12(24), 1273-1292.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 11(25), 1369-1386.
- Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Müller, R. (2006). *The concept of model: Definition and types*. Consulté le 07 juillet 2017, sur Mueller Science: <http://www.muellerscience.com/ENGLISH/Theconceptofmodeldefinitions.htm>
- Marchive, A. (2003). La modélisation dans la formation des enseignants : De la leçon modèle au modèle de la leçon. *Recherche et Formation*(42), 143-159.
- Martinand, J.-L. (2010). Schémas didactiques pour la modélisation en sciences et technologies. *Spectre*, 1(40), 20-24.
- Mathy, P. (1992). *Les théories de l'évolution dans les manuels scolaires, analyse critique historico-épistémologique et propositions d'alternatives*. Namur: Sociétés des Facultés Universitaires de Namur.
- Morge, L., & Doly, A.-M. (2013). L'enseignement de notion de modèle : quels modèles pour faire comprendre la distinction entre modèle et réalité? *Revue de recherches en éducation*(52), 149-175.
- Niemeyer, K. (2007). A contribution to model theory. *Scientific Support for the Decision Making in the Security Sector*, 12, 28.
- Oldache, M. (2014). *Problématique de la relation entre le perçu et le réel en physique moderne et son impact sur l'enseignement*. ENS/Kouba. Alger: Département de Physique.
- Oldache, M., Khiari, C., & Belarbi, T. (2013, Juin). Student's representations about the role of experiment, law, model and theory in physics. *Latin-American Journal of Physics Education*, 7(2).

- Robardet, G., & Guillaud, J.-C. (1997). *Éléments de didactique des sciences physiques. De la recherche à la pratique : théorie, modèle, conceptions et raisonnement spontané*. Paris: PUF.
- Smit, j., & Finegold, M. (1995). Models in physics : Perceptions held by final-year prospective physical science teachers studying at South African universities. *International Journal of Science Education*, 5(17), 621-634.
- Soler, L. (2000). *Introduction à l'épistémologie*. Paris : Ellipses.
- Stengers, I. (1992). Le rôle possible de l'histoire des sciences dans l'enseignement. *Séminaire sur la représentation(N°65)*. (CIRADE, Éd.) Montréal, Canada: Université du Québec.
- Stengers, I. (1993). *L'invention des sciences modernes*. Paris: La Découverte.
- Van Driel, J. H., & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 11(21), 1141-1153.
- Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, 12(24), 1255-1272.

ANNEXE A

Le programme pédagogique de la matière

"Histoire des Sciences" adoptée par le CNPD-SM

Le 30 avril 2018

Socle Commun L1 : Sciences de la Matière

Semestre : 2

UE : Découverte

Matière : Histoire des Sciences

D212 : Histoire des Sciences (1 cours/semaine)

L'objectif de ce module est de comprendre les civilisations et l'évolution de l'esprit humain à travers les âges, de suivre les différentes étapes de la formation des concepts scientifiques et d'améliorer le contenu du savoir et sa transmission vers les apprenants.

I. Apparition de la science, ses caractéristiques

- a) Naissance et développement des activités scientifiques
- b) Interaction entre science et société

II. Les sciences dans les civilisations anciennes

- a) Contenu des sciences dans la civilisation babylonienne (médecine, astronomie, mathématiques, botanique)
- b) Contenu des sciences dans l'ancienne civilisation égyptienne (médecine, astronomie, mathématiques, architecture, chimie)
- c) Quelques aspects de la civilisation indienne et chinoise.

III. Les sciences dans la civilisation grecque

- a) Ecoles philosophiques grecques
- b) Euclide et le livre des éléments
- c) Diophante et la science du nombre
- d) Ptolémée et l'astronomie
- e) Archimède et la méthode infinitésimale
- f) Apollonius et les coniques
- g) Hippocrate et les sciences médicales

IV. Les sciences dans la civilisation arabe

- a) Traduction en arabe d'ouvrages scientifiques écrits dans diverses langues
- b) L'algèbre ou la naissance d'une nouvelle discipline
- c) Les sciences expérimentales chez les arabes (mécanique, optique, chimie, botanique, agriculture, médecine...)

V. Les sciences dans la civilisation européenne

- a) Traduction en latin d'ouvrages scientifiques arabes et circulation des sciences grecques et arabes en Europe.
- b) Introduction à la période de la renaissance en Europe (Fibonacci, Léonard de Vinci, Cardan, Galilée, Copernic)
- c) Introduction à la période de la révolution scientifique en Europe (Pascal, Descartes, Leibniz, Newton).

ANNEXE B

Le programme pédagogique de la matière

"Histoire de la Physique" adoptée par le CNPD-SM

Le 11 février 2014

UED12 (1 Matière au choix)

D121 : Probabilités & Statistiques

D122 : Cristallographie physique

D123 : Histoire de la Physique

D124 : Chimie Minérale

(1h30' Cours/ semaine) ; 22h30'/Semestre

Histoire de la Physique (D122)

1- La physique ancienne

1.1 Origine de la physique

1.2 La physique avant Aristote: Thales, Pythagore, Empédocle

1.3 Les atomistes : Leucippe, Démocrite...

1.4 La physique à l'époque d'Aristote : Théophraste, Straton, Épicure, Zénon

1.5 Ecole d'Alexandrie & la Physique : Euclide, Archimède, Eratosthène, Ptolémée

2- La contribution de la civilisation islamique à l'évolution de la physique

2.1 Contribution aux progrès de l'astronomie (al-Khawarizmi, Habash al Hasib, al-Battani, les frères Banou Moussa, al-Sufi, ibn Yunus et al-Biruni, al-Zarqali)

2.2 Contribution aux progrès de l'optique : al-Kindi, ibn Sahl, al Hazen

2.3 Contribution aux progrès de la mécanique : (al-Fārābī, al-Khāzinī, al-Jāzārī, al-Baghdādī, al-Rāzī, al-Ṭūsī)

2.4 Contribution aux progrès sur la constitution de la matière.

2.5 Contribution aux progrès du magnétisme.

3- La mécanique newtonienne et la théorie électromagnétique

3.1 Copernic, Kepler, Galilée, Newton

3.2 Le XVIIIe siècle : le triomphe de la mécanique : Christiaan Huygens, les frères Jacques et Jean Bernoulli, Leonhard Euler, Jean Le Rond d'Alembert, Louis de Lagrange

3.3 Le XIXe siècle : l'électromagnétisme : François Arago, Hans Christian Oersted, Michael Faraday, James Clerk Maxwell

3.4 L'optique : d'une vision corpusculaire à une vision ondulatoire.

3.5 La crise autour de 1900.

4- La mécanique quantique

4.1 La constante de Planck

4.2 Schrödinger et son équation

4.3 Heisenberg et la relation d'incertitude

4.4 Pauli et le principe d'exclusion

4.5 L'atome de Bohr

4.6 Dirac et ses contributions à la physique quantique

5- La théorie de la relativité

5.1 La théorie de la relativité restreinte

5.2 L'équivalence masse-énergie

5.3 Application : énergie nucléaire (fission, fusion)

5.4 La théorie de la relativité générale

5.5 La courbure de l'espace-temps

5.6 Application : Expansion de l'univers, modèle standard de la cosmologie

ANNEXE C

Le programme pédagogique de la matière "Épistémologie" adoptée par le comité pédagogique dans le cadre de l'harmonisation de l'offre de formations master en 2016-2017

Intitulé du Master : Physique Théorique/ Physique des matériaux

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : Unité Transversale UET1.1

Intitulé de la Matière : Epistémologie

Volume Horaire Hebdomadaire : 1h 30 Cours

Crédits : 1

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement : Présenter les bases de l'épistémologie, particulièrement l'épistémologie des sciences dites empiriques. Développer des capacités d'analyse, de synthèse, et de discussion critique à partir d'un texte choisi de philosophie des sciences.

Connaissances préalables recommandées : Les bases fondamentales de la physique et ces grands concepts.

Contenu de la matière : En présentiel, sauf pour les paragraphes §I.5, §II.7, §II.8, §III.5 et §IV.3 en travail personnel.

I. Introduction à l'épistémologie

1. Définition de l'épistémologie
2. Nécessité de l'épistémologie
3. Principaux courants épistémologiques
4. Rationalisme – Empirisme – Positivisme - Constructivisme –Réalisme
5. Les rapports de l'histoire des sciences et de l'épistémologie

II. Généralité sur les théories physiques

1. Définition : Théorie, hypothèse, Axiome
2. Définition : concept de base, concept dérivé, dépendance, principe, loi
3. La causalité rationnelle et la causalité empirique
4. Déterminisme et Indéterminisme
5. Continuité et Discontinuité
6. Physique et expérimentation
7. Physique et mathématique
8. Physique et technique

III. Nature des théories et des raisonnements en physique

1. Science, perception et la raison
2. Sciences rationnelles – jugement rationnel et la déduction
3. Sciences empiriques – jugement empirique et l'induction
4. Le fondement empirique et la nature de l'observation
5. La dynamique des théories scientifiques et la croissance de la connaissance

IV. La notion de modèle et modélisation en sciences

1. Définition de concept modèle
2. Les différents types de modèle en science
3. Modèles et explications scientifiques
4. Théorie et modèle

Mode d'évaluation : Contrôle continu, examen.

ANNEXE D

Le programme pédagogique de la matière

" Didactique de la physique " adoptée par le comité pédagogique dans le cadre de l'harmonisation de l'offre de formations master en 2016-2017

Intitulé du Master : Physique Théorique/ Physique des matériaux

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Unité Transversale UET2.1

Intitulé de la Matière : Didactique de la physique

Volume Horaire Hebdomadaire : 1h 30 Cours

Crédits : 1

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement : Maîtriser les concepts fondamentaux de la didactique des sciences physiques et explorer de nouvelles approches et outils pédagogiques.

Connaissances préalables recommandées : Le contenu de la matière didactique et procédés didactique de la licence en plus les grands concepts de la physique

Contenu de la matière : En présentiel, sauf pour les paragraphes §I.6, §II.1, §III.1 et §III.4 en travail personnel.

I. Les concepts fondamentaux de la didactique de la physique

1. Définition de la didactique de la physique
2. Les Concepts et les méthodes en didactique de la physique
3. Objet et utilité de la didactique de la physique
4. Spécificités de la didactique de la physique
5. Les problèmes d'enseignement-apprentissage de la physique

II. Rôle des travaux pratiques en classe de physique

1. Rôle de l'expérience dans l'acquisition des connaissances
2. Rôle didactique/systématique de l'expérience
3. Des mesures au modèles quelles articulation dans la classe ?
4. Etude des processus de conceptualisation et de modélisation en physique
5. Modélisation. Observation et Expérimentation.

III. L'approche par compétences dans l'enseignement des sciences physiques

1. L'approche par les objectifs
2. L'approche par les compétences
 - 2.1. Le concept de compétence
 - 2.2. L'approche par les compétences et la méthode de situation problème
3. Evaluation par compétences
4. Comment le développement des compétences peut-il être pris en charge par l'enseignant ?