

Perception des étudiants algériens de la notion de "modèle" dans leurs études en physique

Houatis Djamel ^{1,*}

houatis@gmail.com

Université Yahia Fares de Médéa, (Algeria)

Faculté des sciences, Département science de la matière

Laboratoire de physique des techniques expérimentales et ses applications.

Oldache Mustapha ²

musoldache@gmail.com

Ecole Normale Supérieure, Kouba, (Algeria)

Département de physique

Laboratoire de didactique des sciences

Receipt date: 02/11/2019; Acceptance date: 19/01/2020; Publishing Date: 28/02/2023

Abstract. In this article, we will focus on the interaction of Algerian university students with the concept "model". We will identify the distinctive features of their epistemological views on the notion of "model", soliciting them by interviewing students from Yahia Fares University of Medea. It seems to us that the results of this study can be taken into account in the design of the programs so as to put the students in favorable conditions when integrating the model into teaching physics.

Keywords. Model, modeling, learning, physics, epistemology.

Résumé. Dans cet article, nous allons porter notre attention sur l'interaction des étudiants universitaires algériens avec le concept "modèle". Nous identifierons les traits distinctifs de leurs points de vue épistémologiques sur la notion de "modèle" en sollicitant par entretien des étudiants de l'université Yahia Fares de Médéa. Les résultats de cette étude pourraient, il nous semble, être pris en compte dans la conception des programmes afin de mettre les étudiants dans des conditions favorables lors de l'intégration du modèle dans l'enseignement de la physique.

Mots clés. Modèle, modélisation, apprentissage, physique, épistémologie.

*corresponding author

1 . Introduction

Certains chercheurs dans le domaine de l'éducation et de la didactique constatent qu'une grande majorité des étudiants universitaires prennent actuellement en aversion la pratique de l'enseignement des sciences exactes, en particulier la physique (Janosz, 2000; Jones, & Eick, 2007 ; Melhaoui et al., 2004). L'un des facteurs incriminés concerne la place des modèles et de la modélisation dans l'enseignement des disciplines scientifiques, étant donné que l'apprentissage de ces sciences, notamment la physique, s'appuie nécessairement sur une approche fréquemment basée sur un modèle scientifique (Morge, Doly, 2013).

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. De nombreux chercheurs ont contribué de manière significative à la réflexion sur les modèles et la modélisation dans les disciplines scientifiques, plus particulièrement en physique (Martinand, 1992, 1994; Tiberghien, 1994; Robardet & Guillaud, 1997; Halloun, 2004). Un consensus existe entre tous ces chercheurs scientifiques sur la place centrale occupée par les modèles en sciences (Damska, 1959; Canguilhem, 1994; Bunge, 1973; Walliser, 1977; S. Bachelard, 1979; Suarez, 1999; Bailer-Jones, 2002; Van Der Valk et al., 2007; Besson, 2010). L'analyse de l'élaboration des modèles, de leurs statuts et de leurs usages, notamment dans les sciences physiques, constitue un terrain d'investigation encore peu exploré, ce qui se reflétait négativement dans l'utilisation des modèles et des démarches de modélisation dans l'enseignement de la physique.

La question du modèle et de la modélisation est d'actualité. On parle en effet de la modélisation d'une force par un vecteur, d'un mobile par un point matériel, d'une lumière par un rayon lumineux, d'un modèle atomique, d'un modèle standard... La modélisation dans l'enseignement est l'utilisation des modèles dans la pratique scolaire selon une approche de construction qui implique des choix d'éléments en lien avec le problème traité. La modélisation permet la mise en relation de ces éléments. Elle est "l'essence même d'une pensée et d'un travail scientifique" (Harrison, 2001) dont les modèles sont les outils pour penser et mener le projet d'enseignement. L'importance que détiennent les modèles et les démarches de modélisation dans l'enseignement de 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. Ainsi, pour les étudiants, le modèle est avant tout un outil indispensable dans le processus d'acquisition des connaissances flexibles, transférables et applicables (Clement, 2000; Gilbert & Boulter, 2000).

Des recherches antérieures ont montré que les points de vue épistémologiques des élèves de l'enseignement primaire et secondaire sur la notion de "modèle" est très limitée et naïve (Chittleborough et al., 2005; Grosslight et al., 1991; Treagust et al., 2002, 2005). Nous allons porter notre attention ici sur l'interaction des étudiants universitaires algériens avec le concept "modèle" dans leurs études en physique et nous examinerons leurs points de vue sur les modèles en physique. Les résultats de cette étude serviront à identifier les critères utilisés par les étudiants pour classer les modèles et pour cerner les éléments permettant de mesurer leurs positions épistémologiques. Ils pourraient également, nous semble-t-il, être pris en compte dans la conception des programmes afin de mettre les étudiants dans des conditions favorables lors de l'intégration du modèle dans l'enseignement de la physique. Il s'avère que de telles recherches sont encore rares en ce qui concerne l'enseignement universitaire.

2. Utilisation des modèles et de la modélisation dans l'apprentissage de la Physique.

Sur le plan théorique, nous nous sommes placés dans le cadre du schéma de Jean-Louis Martinand qui décrit l'activité de la modélisation dans la classe (Figure 1).

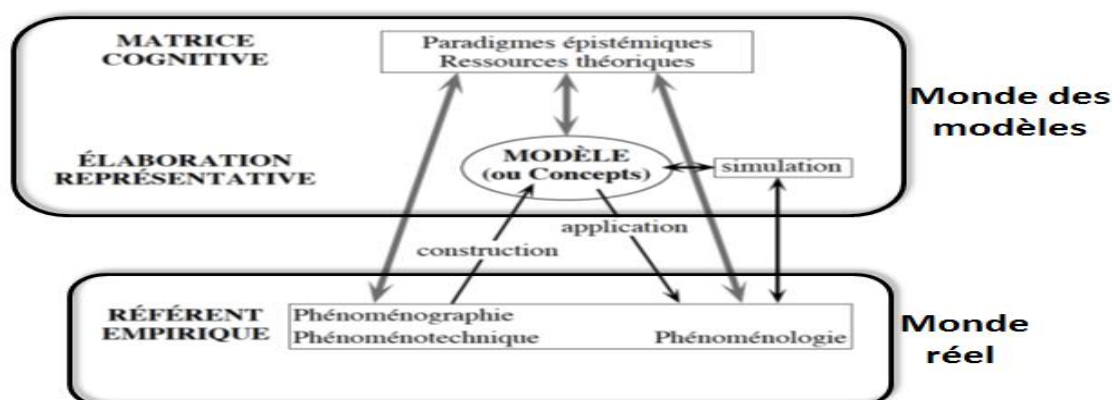


Figure (1):Schéma de la modélisation de Martinand

Source (MARTINAND, Jean-Louis, 1994)

Selon ce schéma, Martinand décrit l'activité de la modélisation dans la classe, précisant la tâche de l'apprenant durant l'apprentissage et permet de décrire les événements qui se déroulent dans la classe du point de vue de l'enseignant et de la Physique en tant que savoir enseigné. Elle consiste à établir des allers retours entre deux niveaux de modélisation ou entre deux mondes, « **le monde réel** » et « **le monde des modèles** » (Martinand, 1994). D'autres auteurs utilisent l'expression : la mise en relation ou les projections entre le « **registre empirique** » et le « **registre du modèle** » (Tiberghien, 1994; Becu-Robinault, 2002; Buty et al., 2004), et de repérer les liens entre eux dans une perspective dynamique de construction du savoir.

- **Le registre empirique:** Représente le réel que l'apprenant construit et tente de comprendre. Il est constitué d'objets, de phénomènes et d'actions sur ces objets et phénomènes, en plus de procédés pris en compte soit par expérience directe, soit par évocation et des premières connaissances d'ordre pratique qui leur sont associées comme : la phénoménographie (description première d'un phénomène impliquant déjà une construction conceptuelle antérieure), la phénoménotechnique (règles de montage, conditions de sécurité et savoir-faire instrumentaux) et phénoménologie (description seconde de phénomènes en termes de concepts, modèles, théories partagées par une communauté de scientifiques).

- **Le registre des modèles:** Représente le modèle qui permet d'interpréter et de représenter ce réel, comprenant des composantes sémantiques (une sémiographie commode pour représenter les éléments du modèle), syntaxiques (les relations qu'entretiennent les éléments du modèle entre eux et liées à son mode de construction) et pragmatiques (qui permettent de questionner, se représenter, prévoir, inventer et expliquer le référent empirique).

À ces deux registres, Martinand en ajoute un troisième qui est la matrice cognitive appelée aussi « **registre explicatif** » (Orange, 1997). Il comprend des paradigmes épistémiques, ainsi que des ressources théoriques et sémiotiques.

La matrice cognitive permet de décrire ce qui est disponible et mobilisable, ce qui doit être amené en conformité avec les exigences de la tâche et, réciproquement, ce qui restreint ou ouvre les problèmes envisageables.

Dans la gestion de modélisation en classe, le registre empirique représente les différents niveaux du réel construit par l'apprenant pour tenter de le comprendre. Il est

constitué d'éléments nombreux et divers : objets, phénomènes et connaissances pratiques. Par registre du modèle, on entend le modèle mobilisé dans une séquence d'enseignement permettant l'interprétation et la représentation de ce réel. Le registre explicatif ou la matrice cognitive représente les éléments théoriques qui appartiennent au système explicatif de l'apprenant. Ce registre comprend les types d'explications que l'apprenant est capable de mobiliser dans une situation donnée. Ces types d'explication sont des règles générales extérieures à la discipline et qui permettent à l'apprenant de construire ses propres propositions supposées vraies pour lui.

Ce schéma pour la modélisation guide les enseignants à choisir une démarche appropriée d'enseignement-apprentissage permettant de conduire leurs apprenants à acquérir différents modèles scientifiques. Il a été mis à l'épreuve dans plusieurs recherches, en particulier en didactique des sciences physiques, il a permis d'alimenter la réflexion sur le choix de stratégies d'enseignement et sur les registres à travailler pour choisir des démarches des modélisations des situations expérimentales.

On dispose maintenant d'un ensemble de données et d'analyses permettant de connaître la manière dont on peut enseigner et faire apprendre en concevant, en construisant, en manipulant et en adaptant des objets (réels ou virtuels) dans un but de modélisation scientifique. Dans cette approche, différents travaux de modélisation ont été réalisés, parmi lesquels les processus de modélisation mettant en œuvre les grandeurs fondamentales de la mécanique (Weil-Barais, & Lemeignan, 1990; Lemeignan, & Weil-Barais, 1993a, 1993b), la modélisation particulière de la matière (Larcher, Chomat, 2000).

3. Les points de vue des étudiants sur les modèles en Sciences Physiques

3.1. Déroulement de l'entretien

Le guide d'entretien a été élaboré sur la base des travaux antérieurs sur la notion de modèles et de modélisation, du schéma de Martinand qui décrit l'activité de la modélisation dans la classe et de nos connaissances sur la notion de modèle. Il a pour objectif d'étudier la manière dont les étudiants conceptualisent les modèles et la modélisation. Cela se fait en répondant aux questions spécifiques suivantes:

- Les étudiants distinguent-ils le monde matériel du monde théorique en prenant en compte la notion de modèle dans le processus d'apprentissage ?
- Quel sens attribuent-ils à la notion de modèle ?

Des entretiens semi-dirigés d'une durée moyenne d'une heure et demie ont été menés auprès de 11 étudiants de la 2^{ème} année et de 16 étudiants de la 3^{ème} année Licence Physique. Il s'agit de 7 garçons et 20 filles âgés de 20 à 23 ans. Ces étudiants choisis au hasard ont été sollicités au début de second semestre (fin janvier-début février 2017) pour participer à une entrevue. Ils ont été divisés en petits groupes de cinq à six étudiants et interviewés dans une salle de TD. Nous avons commencé par rappeler le contexte et le but de l'entretien. Pour les mettre en confiance dès le début, nous les avons informés qu'ils étaient libres de ne pas répondre à des questions, de choisir, pour s'exprimer, soit la langue arabe, soit le français et qu'ils étaient libres de sortir à tout moment.

La grille de questions utilisée a été construite en lien avec les deux questions spécifiques de recherche. Elle est initiée par des questions générales très ouvertes pour se resserrer ensuite de sorte que nous puissions disposer d'informations nécessaires pour chaque variable soumise à l'investigation. Le guide d'entrevue comporte 05 questions :

Question N°01 : Traduire le terme "modèle" en arabe et indiquer dans quels niveaux scolaires il a été mentionné lors de vos études primaires, moyennes et secondaires.

Question N°02 : Citer un ou deux exemples de n'importe quelle matière scientifique qui permet(tent) d'illustrer un modèle scientifique. Expliquer.

Question N°03 : Voici quelques exemples en physique.

Exemple E1: Un point matériel se déplace à vitesse constante.

Exemple E2: Une voiture se déplace sur un sol horizontal.

Exemple E3: Le soleil émet de la lumière.

Exemple E4: Diagramme de vitesse d'un mouvement rectiligne.

Exemple E5: La réflexion d'un rayon lumineux arrivant sur un dioptre.

Exemple E6: La relation mathématique : $\vec{F} = m\vec{a}$.

Exemple E7: Analogie entre les systèmes électriques et mécaniques.

Exemple E8: Schéma d'un solide suspendu à un ressort vertical.

Exemple E9: L'équation horaire d'un mouvement rectiligne : $x = vt + x_0$.

Exemple E10: Un dispositif permettant l'étude de la chute libre.

- Lequel ou lesquels de ces exemples représente(nt)-t-il(s) un modèle ? Indiquer ce qui vous montre que c'est un modèle.
- Lequel ou lesquels de ces exemples ne représente(nt)-t-il(s) pas un modèle ? Indiquer ce qui vous montre que ce n'est pas un modèle.

Question N°04 : Que signifie pour vous un modèle scientifique ?

Question N°05 : Selon vous, pouvons-nous représenter un phénomène avec différents modèles ? Justifiez votre réponse.

3.2. Résultats et discussion de l'entretien

La procédure d'analyse choisie pour notre entretien consiste en une analyse thématique du contenu dont l'opération centrale est la localisation de tous les éléments qui caractérisent la relation de l'étudiant avec le modèle. Elle permet, en outre, l'identification des thèmes concernant les modèles scientifiques en lien avec les deux questions spécifiques d'enquête.

À la question n° 01, les étudiants ont mis un bon moment pour traduire le terme modèle, ils ont rapporté une diversité de traductions en arabe comme : نوعية (Qualité), شكل (Forme, Format, Schéma), صورة (Image, Portrait) et نموذج (Modèle). 24 étudiants (88%) ont accepté le terme نموذج comme traduction du mot modèle (après qu'ils se soient souvenus du mot). Ils affirment avoir entendu ce terme plusieurs fois au cours de leur parcours scolaire. Parmi ceux-ci, environ la majorité des étudiants répondent qu'ils ont beaucoup utilisé ce terme au niveau primaire et moyen. 3 étudiants (12%) déclarent ne pas avoir appris le terme modèle.

À la question n° 02, dans leur très grande majorité, les étudiants exposent que le terme modèle est mentionné dans les domaines suivants en donnant les exemples suivants (Tableau 1):

Tableau (1) : Exemples de modèles donnés par les étudiants

Exemples	Niveau d'enseignement	Domaine	Nombre de fois
Les maquettes construites par l'enseignant et les élèves comme : Modèle du cube	primaire		24
Construction d'un cube ou d'un pavé en utilisant un patron.			
Exercices typiques (modèles) ou solutions types.	Tous les niveaux	Mathématique	24
L'enseignant demande aux élèves de reproduire avec une exactitude rigoureuse les modèles qu'on place sous ses yeux.	Tous les niveaux	physique	24
		Dessin	24
		Science naturelle	
Dessin d'un modèle vu au microscope.	Moyen	géographie	17
Un style modèle.	secondaire	Science naturelle	
	Moyen	Littérature Arabe	20
	secondaire		
Modèle atomique, Modèle de Lewis, Modèle de Bohr, Modèle de Rutherford	Tous les niveaux	Physique	18
		Chimie	

Les exemples renvoyant à des modèles physiques sont totalement absents. Cela est peut-être dû au fait que les enseignants de physique évitent de mentionner le terme "modèle" dans leurs cours. Les exemples proposés par les étudiants ne sont pas des modèles scientifiques à l'exception des modèles : atomique, de Bohr, de Lewis et de Rutherford. Cela est probablement dû au fait que ces modèles sont explicitement enseignés dans le curriculum en tant que tels. Ces résultats concernant le modèle en physique sont assez proches de ceux obtenus par Oldache (2014) et Pelissier et Venturini (2016). Selon eux, les représentations des étudiants questionnés relèvent de l'épistémologie moderne et la notion de modèle en elle-même est assez moderne.

À la question n°03, les exemples que nous avons proposé aux étudiants lors des entretiens préalables concernent le choix de différents modèles. Ainsi le premier thème de l'analyse porte sur la cohérence de leurs choix. Le second thème de l'analyse concerne les raisons, les justifications et les argumentations que les étudiants donnent pour expliquer ce choix.

On donne en annexe un tableau récapitulatif des choix des étudiants (Annexe 01). Le tableau 2 et la figure 2 montrent les résultats concernant la considération comme modèle parmi les exemples proposés.

Tableau (2) : Taux de considération d'un exemple comme modèle

E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
59 %	37 %	37 %	85 %	59 %	44 %	59 %	89 %	48 %	48 %

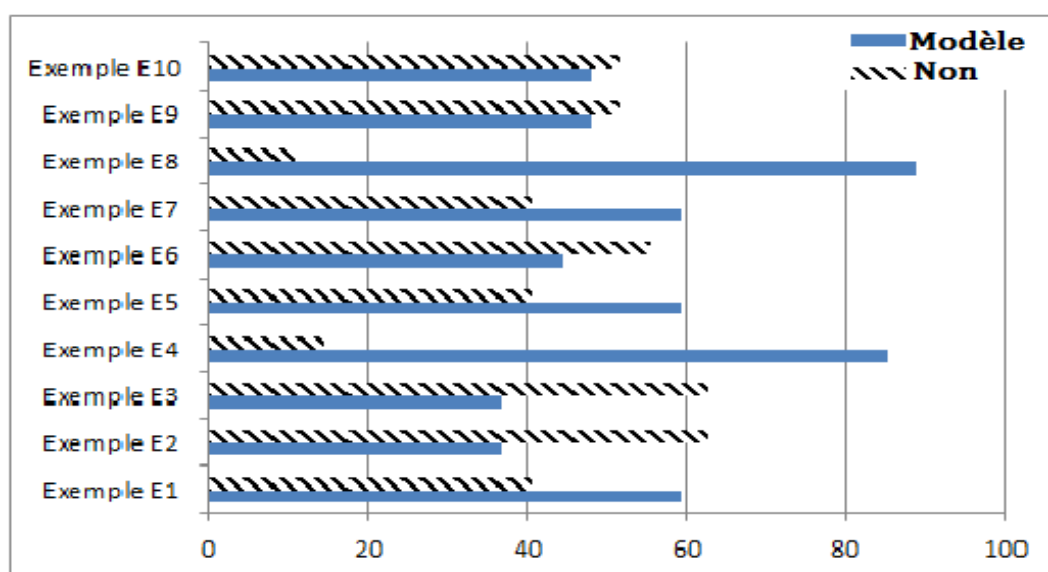


Figure (2): Taux de considération d'un exemple comme modèle ou pas

Les exemples E4 et E8 ont été les plus choisis en tant que modèles pour la majorité des étudiants (plus de 80%). Les étudiants justifient ce choix par la présence de schéma, de figure ou de diagramme qui permet de simplifier la réalité et qui mène à une meilleure compréhension. Ce résultat montre que les étudiants perçoivent donc les modèles comme des aides pédagogiques à la visualisation et à la simplification.

Ainsi un peu plus de la moitié des étudiants citent les exemples E1, E5 et E7 comme modèles (59%). Leurs justifications résident dans le point matériel et le rayon lumineux qui sont des moyens de représentation et permettent la simplification de l'étude de phénomènes.

Un étudiant déclare : "un point représente beaucoup de chose", un autre : "le rayon lumineux simplifie un grand phénomène". Le caractère simplification et visualisation est essentiel dans le choix des étudiants tandis que le caractère idéalisé et hypothétique est totalement absent. Le choix de l'exemple E7 est justifié par le mot analogie qui signifie modèle.

Cette divergence entre les choix des étudiants peut s'expliquer par la compréhension partielle du concept de modèle, de sa construction et des attributs permettant de l'identifier. Nos résultats sont conformes à ceux obtenus par des travaux antérieurs comme ceux de Van Driel et Verloop (1999, 2002) et Guerra-Ramos (2012) qui ont montrés que les élèves et leurs enseignants du secondaire ont en général une compréhension épistémologique limitée de la notion de modèle et de la modélisation.

Les résultats obtenus montrent également qu'il n'y a pas de stabilité et de cohérence de leurs différents points de vue, Seulement deux étudiants ont fait un choix comme les experts (P2 et P10). Ils ont choisi tous les exemples comme modèle à l'exception des exemples E2 et E3 qui sont des éléments du monde des objets et des événements. Un nombre de 17 étudiants (63%) ont choisis les exemples E2 ou E3. Leurs justifications résident généralement dans la voiture qui est un bon modèle de mouvement horizontal et le soleil comme un grand modèle de la lumière. Cette incohérence indique que ces étudiants ne disposent pas d'une méthode leur permettant de distinguer les champs empiriques des champs théoriques ni de considérer le modèle comme objet intermédiaire.

Pour estimer la stabilité et la cohérence de leurs différents points de vue nous comparons les choix des étudiants aux exemples E1 et E5. Voir (Tableau 3) et (Figure 3).

Tableau (3) : Cohérence des choix de modèle

E1 (sans E5)	E5 (sans E1)	E1 et E5	E1 ou E5
05	05	11	21
24 %	24 %	52 %	100 %

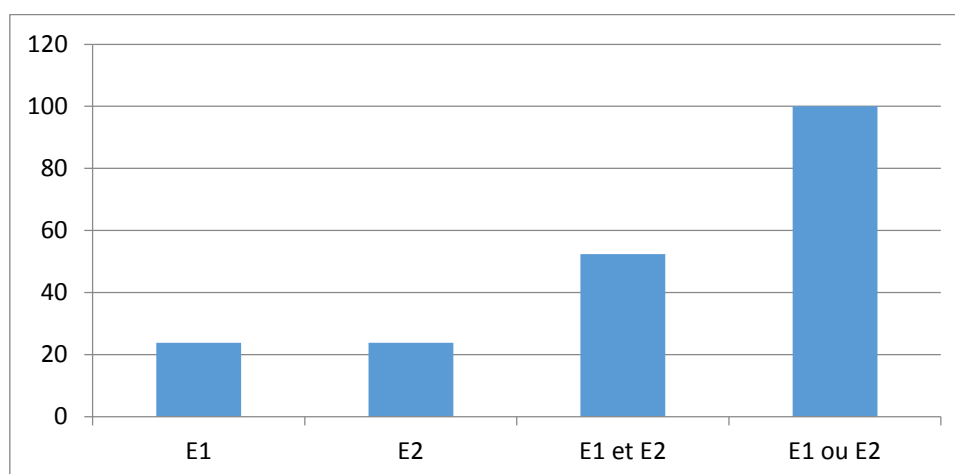


Figure (1):Cohérence des choix de modèle

Ces résultats montrent que, parmi les 21 étudiants qui ont fait ce choix, 10 étudiants (la moitié 48%) n'appliquent pas l'argument ou les critères qu'ils utilisent pour choisir un modèle, ce qui justifie l'absence de compétence pour appliquer une telle approche de modélisation.

Quant aux exemples qui ne représentent pas un modèle, les étudiants ont choisis E2, E3, E6, E9 et E10. Ce qui attire l'attention c'est l'exemple E10 qui représente le premier niveau de la perception d'un modèle. Les justifications de ceux qui l'ont choisi comme

modèle sont : c'est une réduction de la réalité, une copie de celle-ci, une matérialisation de celle-ci. Sa position en dernier peut avoir influencé leur sélection.

Les exemples E6 et E9 montrent que les modèles mathématiques sont exclus des modèles scientifiques. Ils sont considérés par ces étudiants comme un outil de calcul pour trouver des inconnues et expliquer les phénomènes. Cette considération représente la justification donnée par les étudiants pour argumenter ce même choix en tant que modèle.

À la question n°04, les étudiants ont donné diverses significations en référence au concept de modèle. Le tableau 4 contient les suggestions les plus citées. Dans cette étape de l'entretien, nous constatons une certaine motivation vis-à-vis des modèles apparus chez les étudiants. Les significations données par eux sont inspirées des exemples proposés.

Tableau (4) : Significations du modèle chez les étudiants

Significations du modèle	Nombre d'étudiants
1- Représenter quelque chose par quelque chose.	18
2- Un modèle est une représentation concrète d'un phénomène.	7
3- le modèle est une copie de la réalité.	16
4- Un modèle est une matérialisation de la réalité.	10
5- Le modèle est une représentation simplifiée de la réalité.	16
6- Le modèle est ce que nous extrayons de l'original.	7
7- Le modèle est la représentation de quelque chose difficile à étudier dans la réalité.	4
8- Le modèle est un outil d'explication.	10

La majorité des étudiants conçoivent les modèles comme outil de représentation, de simplification et de matérialisation. Les modèles sont reconnus pour servir à la visualisation et à l'explication, ce qui reflète une compréhension simple et limitée des modèles scientifiques et qui est moins élaborée que les conceptions scientifiques. Cela rejoint les avis de Chittleborough, Treagust, Mamiala, & Mocerino (2002, 2005) et Becu-Robinault (2002) qui ont montré dans des recherches identiques sur des échantillons d'étudiants australiens et français que l'appréciation des modèles par ces étudiants est très limitée et naïve. Cependant, les modèles en tant qu'objets intermédiaires entre théorie et le phénomène ou en tant qu'outils d'investigation scientifique ou en tant qu'outils pour générer de nouvelles idées, hypothèses ou expériences sont loin d'être acquis. On note que dans les savoirs scolaires au niveau secondaire, les didacticiens qui suivent l'approche épistémologique comme Tiberghien, Vince (2005) et Henze, van Driel, Verloop, (2007) soulignent que les difficultés des élèves portent majoritairement sur l'établissement des liens entre le monde des objets et des événements et le monde de la théorie et des modèles.

À la question n°05, seuls 08 étudiants (30%) considèrent qu'un phénomène peut être représenté par différents modèles, 03 étudiants ont cité l'aspect corpusculaire et ondulatoire de la lumière comme exemple. D'autres justifient cette pluralité par l'existence de différents types de modèles comme schéma, relation mathématique et dispositif. 19 étudiants (soit 70%) ont déclaré qu'un phénomène est représenté par un seul modèle. Certains s'appuient sur l'argument de l'existence d'une copie unique de l'originale et d'autres ont justifié par le fait que le modèle représentatif est un modèle correct et étudié en classe. Ces résultats montrent que la majorité des étudiants ignorent la nature hypothétique, provisoire et transformable des modèles. Martinand (1994) considère ces caractéristiques comme essentielles dans la construction, l'adaptation et l'utilisation de modèles en classe. Certains auteurs comme

Halbwaches (1974, p.42) et Grosslight (1991) pensent que ce point de vue découle probablement du réalisme naïf qu'une majorité d'entre eux manifeste à l'égard de la conception de la science. Ils proposent, pour résoudre ce problème, l'apprentissage progressif, actif et épistémologique de la notion de modèle.

4. Conclusion et recommandations

La majorité des étudiants conçoivent les modèles comme outil de représentation, de simplification et de matérialisation. Ils sont conçus comme des instruments pour faciliter la visualisation et l'explication, ce qui reflète une compréhension simple et limitée des modèles, moins élaborée que les conceptions des scientifiques.

Cependant, les modèles en tant qu'objets intermédiaires entre théorie et le phénomène; ou en tant qu'outils d'investigation scientifique ou en tant qu'outils pour générer de nouvelles idées ou de nouvelles hypothèses ou expériences sont loin d'être acquis.

L'instabilité et l'incohérence des choix des étudiants indiquent l'absence d'une part, des critères leur permettant la classification des modèles et, d'autre part, d'une méthode permettant la distinction entre les champs empiriques des champs théoriques et la prise en compte du modèle en tant qu'objet intermédiaire.

Les résultats de cette enquête montrent aussi que, pour la majorité des étudiants, les modèles mathématiques sont exclus des modèles scientifiques.

La nécessité de modèles multiples n'est pas reconnue par la plupart des étudiants. Ainsi, la nature provisoire et transformable des modèles scientifiques, qui est au centre de la compréhension épistémologique de la notion de modèle, est bien éloignée de la perception des apprenants.

Les résultats indiquent que de nombreux étudiants n'appréhendent pas pleinement les modèles scientifiques. Cela constitue un obstacle didactique à leurs utilisations et leurs applications efficaces en classe, les enseignants n'étant pas généralement dans les meilleures conditions pour clarifier la notion de modèle. En effet, il apparaît nécessaire de s'appuyer sur des telles études pour articuler un cadre didactique et un cadre épistémologique permettant de créer des environnement d'apprentissage favorisant la construction, l'adaptation et l'utilisation des modèles scientifiques.

Ces résultats de recherche pourraient être pris en compte dans la conception des programmes visant à surmonter ces problèmes en accompagnant l'étudiant pour lui permettre de construire la notion de modèles et de comprendre leurs fonctions et leurs évolutions et d'identifier l'activité de la modélisation dans la démarche scientifique.

L'introduction des matières telles que l'histoire des sciences, l'histoire de la physique, l'épistémologie et la didactique dans les offres de formation licence et master, ainsi que l'enseignement de manière explicite de la notion de modèle et de la modélisation peuvent combler ces lacunes. Ces matières sont, à notre avis, propices à placer les étudiants dans les conditions favorables à la construction de la notion de modèle et à l'apprentissage de la modélisation.

Références

- Bachelard, S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. Dans Delattre, P. & Thellier, M. (dir.), *Élaboration et justification des modèles*, pp.09–20. Paris :Maloine.
- Bailer-Jones, D. M. (2002). Scientists' thoughts on scientific models. *Perspectives on Science*, 10(3), pp.275–301.

- Becu-Robinault, K. (2002). Modelling activities of students during a traditional labwork. In Psillos, D. & Niedderer, H. (eds.), *Teaching and learning in the science laboratory*, pp.51–64. Dordrecht, Holland : Kluwer Academic Publishers,
- Besson, U. (2010). Calculating and understanding: Formal models and causal explanations in science, common reasoning and physics teaching. *Science & Education*, 19(3), pp.225–257.
- Bunge, M. (1973). *Method, model, and matter*. Dordrecht, NL : Reidel.
- Buty, C., Tiberghien, A., & Le Marechal, J.-F. (2004). Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 26, pp.579–604.
- Canguilhem, G. (1994). Modèles et analogies dans la découverte en biologie. Dans Canguilhem, G. (dir.), *Études d'histoire et de philosophie des sciences concernant les vivants et la vie* pp.305–318. Paris : Vrin.
- Chittleborough, G. D., Treagust, D. F., Mamiala, T. L., & Mocerino, M. (2005). Students' perceptions of the role of models in the process of science and in the process of learning. *Research in Science & Technological Education*, 23(2), pp.195–212.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), pp.1041–1053.
- Damska, I. (1959). Le concept de modèle et son rôle dans les sciences. *Revue de synthèse*, 30, pp.39–51.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. (Eds.) (2000). *Developing models in science education*. Dordrecht, Holland : Kluwer Academic Publishers.
- Grosslight, L., Unger, C., & Jay, E. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), pp.799–822.
- Guerra-Ramos, M. T. (2012). Teachers' Ideas About the Nature of Science: A Critical Analysis of Research Approaches and Their Contribution to Pedagogical Practice. *Science & Education* 21(5), pp.631–655.
- Halbwaches, F. (1974). *La Pensée physique chez l'enfant et le savant*, Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Halloun, I. A. (2004). *Modeling theory in science education*, Dordrecht, Holland : Kluwer Academic Publishers.
- Harrison, A. G. (2001). Thinking and Working Scientifically : The role of Analogical and Mental Models. Paper presented at the *AARE annual meeting of the Australian Association for Research in Education*, Fremantle. 2-6 December 2001. OnLine : <https://www.aare.edu.au/data/publications/2001/har01126.pdf> (Visited 21/02/2019)
- Henze, I., Van Driel, J. & H., 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*, 37(2), pp.99–122.
- Janosz, M. (2000). L'abandon scolaire chez les adolescents : perspective nord-américaine. *Enjeux*, 122, pp.105–127.
- Jones, M., Eick, C. (2007). Implementing inquiry kit curriculum: Obstacles, adaptations, and practical knowledge development in two middle school science teachers. *Science Education*, 91(3), pp.492–513.
- Larcher, C., Chomat, A. (2000). Modélisation de la matière en cycle central du collège. *Bulletin de l'union des Physiciens*, 826, pp.1341–1367.
- Lemeignan, G., Weil-Barais, A. (1993a). Gestion d'activités de modélisation en classe. *Aster*, 7, pp.121–141.
- Lemeignan, G., Weil-Barais, A. (1993b). *Construire des concepts en Physique*. Paris : Hachette.
- Martinand, J.-L. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- Martinand, J.-L. (1994). Introduction à la modélisation. *Actes du Séminaire de didactique des disciplines technologiques*, Cachan, pp.7–19. Paris : Tour 123. OnLine : <http://artheque.ens-cachan.fr/archive/files/e79e82eaf420a12e6e05a941554cbf8e.pdf> (Visited 09/07/2018)

- Melhaoui, M., El Hafid, L., Amamou, B., & Hammouti, A. (2004). L'échec à l'université Marocaine : bilan des principales causes et attentes de la pédagogie universitaire. Dans *AIPU, actes du 21^{ème} Congrès international de l'AIPU du 3 au 7 mai*, pp.22–23. Maroc : Publication de l'université Cadi Ayyad, Marrakech.
- 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, pp.149–175.
- Oldache, M. (2014). *Problématique de la relation entre le perçu et le réel en physique moderne et son impact sur l'enseignement* (thèse de Doctorat, École Normale Supérieure de Kouba, Département de Physique. Alger).
- Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie : quels apprentissages pour le lycée ?* Paris : PUF.
- Pelissier, L., Venturini, P. (2016). Analyse praxéologique de l'enseignement de l'épistémologie de la physique : le cas de la notion de modèle. *Education & Didactique*, 10(2), pp.63–90.
- 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.
- Suarez, M. (1999). Theories, models, and representations. Dans L. Magnani, N. J. Nersessian et P. Thagard (dir.), *Model-based reasoning in scientific discovery*, pp.75–99. New York : Kluwer Academic/Plenum Press.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and instructions*, 4, pp.71–87.
- Tiberghien, A., Vince, J. (2005). Étude de l'activité des élèves de lycée en situation d'enseignement de la physique. *Cahiers du Français Contemporain*, 10, pp.153–176.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, pp. 357–368.
- Van Der Valk, T., Van Driel, J. H., & de Vos, W. (2007). Common characteristics of models in present-day scientific practice. *Research in Science Education*, 37(4), pp.469–488.
- Van Driel, J. H., Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), pp.1141–53.
- 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*, 24(12), pp.1255–72.
- Walliser, B. (1977). *Système et modèles*. Paris : Seuil.
- Weil-Barais, A., Lemeignan, G. (1990). Apprentissage de concepts en mécanique et modélisation de situations expérimentales. *European Journal of Psychology of Education*, 5(4), pp.391–415.

ANNEXE 01 :Tableau récapitulatif des choix des étudiants

Exemple/étudiants	01	02	03	04	05	06	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Σ
1. Un point matériel se déplace à vitesse constante	x	•	x	x	x	x	•	•	•	•	•	x	•	x	•	•	x	x	•	x	•	•	•	•	•	•	16
2. Une voiture se déplace sur un sol horizontal	x	x	x	x	•	x	•	x	•	x	x	•	x	x	•	•	•	o	•	•	x	x	x	x	•	o	10
3. Le soleil émet de la lumière	x	x	•	•	•	•	x	x	x	x	x	•	x	•	x	x	x	•	x	•	x	•	x	x	x	•	10
4. Diagramme de vitesse d'un mouvement rectiligne	•	•	•	•	x	•	•	•	•	•	•	•	•	x	•	•	•	•	•	x	•	•	•	•	•	•	23
5. La réflexion d'un rayon lumineux arrivant sur un dioptre	•	•	o	•	x	•	•	•	x	x	•	x	x	•	x	•	•	x	•	x	•	•	•	•	•	x	16
6. La relation mathématique : $\vec{F} = m\vec{a}$	x	•	•	x	•	x	x	•	•	•	o	•	x	•	x	x	x	•	•	•	x	x	x	x	•	x	12
7. Analogie entre les systèmes électriques et mécaniques	•	•	•	•	•	•	•	•	•	x	•	x	x	•	•	x	•	x	x	x	x	x	x	x	•	•	16
8. Schéma d'un solide suspendu à un ressort vertical	•	•	•	•	•	•	•	•	•	x	•	•	•	x	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	24
9. L'équation horaire d'un mouvement rectiligne : $x = vt + x_0$	•	•	•	x	•	x	x	•	x	•	•	•	x	•	x	x	x	•	o	•	•	x	x	x	•	x	13
10. Un dispositif permettant l'étude de la chute libre	x	•	•	x	•	•	x	•	•	•	x	x	•	•	x	x	•	•	x	x	x	•	x	x	x	•	13

• Exemple considéré comme modèle x Exemple n'est pas considéré comme modèle o pas de réponse