



LE PROCESSUS DE LA MODELISATION DANS LES MANUELS SCOLAIRES DE LA PHYSIQUE DU SECONDAIRE QUALIFIANT AU MAROC

THE MODELING PROCESS IN PHYSICS TEXTBOOKS OF A HIGHER SECONDARY LEVEL IN MOROCCAN SCHOOLS

| Mostapha Ouahid ¹ | Khalid Fellaoui ^{1*} | Mohammed Benelyssaouia ² | Mohamed Latifi ² | et | Abdelhak Esegir ² |

¹. Centre de Formation des Inspecteurs de l'Enseignement | Département de Physique_chimie | Rabat | Maroc |

². Centre de Formation des Inspecteurs de l'Enseignement | Département des Mathématiques | Rabat | Maroc |

| Received July 15, 2020 |

| Accepted July 24, 2020 |

| Published August 01, 2020 |

| ID Article | Ouahid-Ref9-ajira150720 |

RÉSUMÉ

Contexte: Cet article présente les résultats d'analyse de la 3^{ème} partie (électricité) de deux manuels scolaires pour l'enseignement de la physique en deuxième année du baccalauréat (Lycée) (Options : sciences physiques et sciences mathématiques (A / B)). **Objectifs :** Chercher les étapes effectuées lors de la modélisation de l'évolution temporelle d'un système électrique en utilisant comme outils mathématique les équations différentielles. **Méthode :** Pour ce faire nous avons analysé deux manuels scolaires au niveau des exercices proposés, en particuliers ceux des trois premiers chapitres de la troisième partie de la physique (électricité). **Résultats :** Cette étude nous a permis de dire qu'il y a une imperfection dans les manuels scolaires concernant l'adoption réelle de la modélisation avec toutes ses composantes dans les chapitres qui contiennent des équations différentielles (électricité) dont on avait analysés. **Conclusion :** Certes la modélisation a un rôle basique dans la construction des concepts scientifiques, en particulier l'élaboration des modèles théorique en physique, ce qui nécessite l'introduction des tâches pertinentes dans les activités des manuels scolaires d'une part et dans les exercices d'autre part, afin d'aider l'apprenant à bien assimiler les connaissances scientifiques.

Mots-clés: physique-modélisation-outils mathématiques-équation différentielle -électricité-modèle théorique.

ABSTRACT

Context: This article presents the results an analysis of the third part (electricity) of two textbooks for teaching physics in the second year of the baccalaureate (High School) (Options: physical sciences and mathematical sciences (A / B)). **Objectives:** To see the steps carried out during the modeling of the temporal evolution of an electrical system using as mathematical tools the differential equations. **Method:** To do this we analyzed two textbooks at the level of the exercises offered, in particular those of the first three chapters of the third part of physics (electricity). **Results:** This study allowed us to say that there is an imperfection in the textbooks concerning the real adoption of modeling with all its components in the chapters which contain differential equations (electricity) and which we had analyzed. **Conclusion:** Certainly, modeling has a basic role in the construction of scientific concepts, in particular the development of theoretical models in physics, which requires the introduction of relevant tasks in the activities of textbooks on the one hand and in exercises on the other hand, in order to help the learner to assimilate scientific knowledge.

Keywords: physics-modeling-mathematical tools-differential equation -electricity-theoretical model.

1. INTRODUCTION

Personne ne peut nier le rôle primordial de la modélisation dans l'enseignement de la Physique_chimie [1,2,3,4,5,6]; en particulier en deuxième année du BAC (options : Sciences Physiques(SP) et Sciences Mathématiques(SM) (A/B). Les nouveaux programmes mis en place en 2008 au MAROC au niveau de l'enseignement secondaire, soulignent le rôle des mathématiques pour modéliser des phénomènes issus d'autres disciplines, telles que la physique, la chimie...

L'équation différentielle a toujours été considérée comme un des outils les plus puissants [7,8], car elle permet d'étudier des phénomènes évolutifs de nature très diverse : décroissance radioactive (Transformations nucléaires), circuits électriques (Électricité) et mouvements des corps (Mécanique), à travers le processus de modélisation.

C'est donc la démarche de modélisation qui est censée être enseignée au niveau secondaire, pour montrer aux apprenants cet aspect utilitaire des Mathématiques que nous nous sommes attachés à caractériser dans cette étude. L'identification des phénomènes de transposition liés à l'objet « démarche de modélisation » est aussi un des centres d'intérêt de notre recherche.

Dans ce contexte, nous cherchons à suivre la démarche probable de modélisation par équation différentielle à travers l'analyse des deux manuels scolaires de physique pour la classe de la deuxième année du baccalauréat (options : Sciences Physiques(SP) et Sciences Mathématiques(SM) (A/B) (Programme mis en application lors de l'année scolaire 2007-2008).

2. MÉTHODE

En deuxième année BAC (options : SP-SM(A) et(B)) pour bien comprendre l'évolution des systèmes ; on introduit le paramètre temps et le taux de variation de certaines grandeurs physiques. Un taux de variation instantané est représenté par une dérivée, notion introduite dans le cours des mathématiques en classe de la première année du baccalauréat (séries : sciences expérimentales et sciences mathématiques).

S'interroger sur les paramètres qui influencent sur la dérivée d'une grandeur physique, c'est chercher à établir une équation différentielle. L'état d'un système à un instant donné dépend de son état aux instants antérieurs et des actions qui s'exercent sur lui. L'équation différentielle est l'objet mathématique qui va permettre de formaliser cette idée de déterminisme.

Notre objectif est d'essayer d'appréhender la démarche de modélisation par équation différentielle dans deux manuels cités auparavant en se basant sur la recherche des tâches bien déterminées que demande une modélisation.

2.1 Schémas de modélisation

Un schéma de modélisation résume les transitions qui existent entre les différentes étapes d'une démarche de modélisation. On utilise aussi le mot cycle ou processus de modélisation.

On peut distinguer plusieurs schémas de modélisation [9,10]. Dans notre travail nous avons adopté un schéma qu'on trouve très adéquat pour notre recherche car il est centré particulièrement sur les situations de départ (situation réelle), le modèle physique et le modèle mathématique [11].

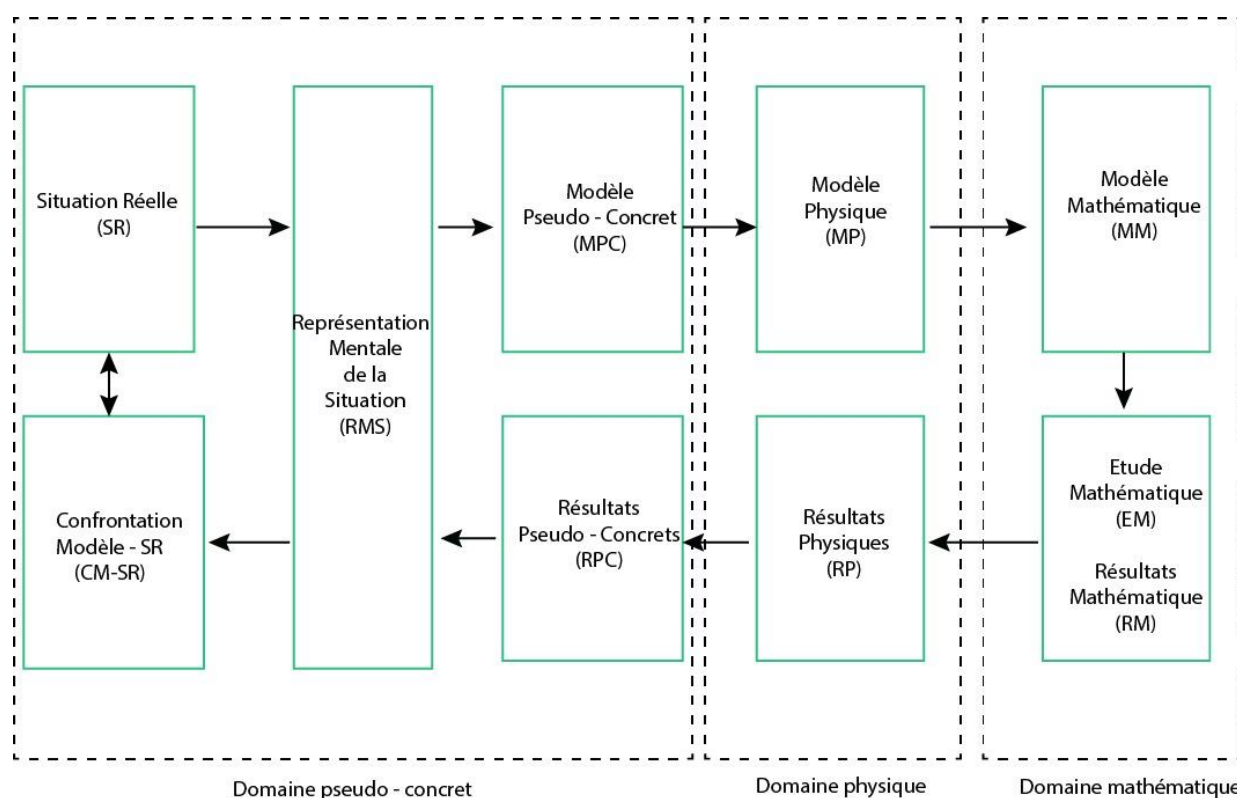


Figure1: La figure montre le schéma de modélisation.

Ce schéma de modélisation comporte 9 étapes :

Étape1 : Situation Réelle (SR) : on part d'une situation réelle et on fait une description simplifiée et précise du phénomène.

Étape2 : Représentation Mentale de la Situation (RMS) : dans cette étape on fait des hypothèses à l'aide d'un dessin, schéma, etc.

Étape3 : Modèle pseudo-concret (MPC) : c'est une phase intermédiaire où on fait la présentation du modèle en terme courant (énoncer les lois, les inconnues, les variables de confrontation des hypothèses ...).

Étape4 : Modèle Physique (MP) : cette étape se base sur l'utilisation des conventions et des codages propres au thème physique étudié.

Étape5 : Modèle Mathématique (MM) : dans cette étape on établit un ensemble d'équations ou des formalismes mathématiques qui représentent les propriétés du modèle et les hypothèses retenues.

Étape6 : Étude Mathématique (EM) : phase consacrée à un travail purement mathématique.

Étape7 : Résultats Physiques (RP) : étape où on traduit les résultats mathématiques en termes de la physique.

Étape8 : Résultats Pseudo-Concrets (RPC) : une étape durant laquelle on retraduit encore une fois les résultats physiques obtenues en termes pseudo-concrets, c'est-à-dire en termes qui interviennent lors de la description de la situation réelle.

Étape9 : Confrontation Modèle-SR (CM-SR) : c'est l'étape de confrontation du modèle à la situation réelle de départ.

2.2 Analyse des manuels scolaires

Dans cette étude, nous avons analysé deux manuels scolaires de physique pour la classe de la deuxième année du baccalauréat (options : sciences physiques et sciences mathématiques (A/B) (Programme mis en application lors de l'année scolaire 2007- 2008), dans le but de caractériser les différentes tâches demandées aux apprenants.

2.3 La structure des manuels

Les manuels de Physique que nous avons analysé sont :

- AL MASSAR [12].
- FADAE [13].

Chaque manuel est constitué de quatre parties sans oublier le chapitre introduction intitulé « Les questions qui se posent au (à la) physicien(ne) »

Parmi les questions possibles que le programme essaie d'y répondre, citons par exemple :

- ✓ Quelles sont les grandeurs pertinentes dont les variations témoignent de l'évolution du système?
- ✓ Quels sont les paramètres extérieurs qui pilotent cette évolution?
- ✓ L'évolution peut-elle être caractérisée par un ou plusieurs temps caractéristiques?
- ✓ Quel est le rôle des conditions initiales dans l'évolution du système?
- ✓ L'évolution est-elle lente, rapide, monotone, variée, oscillante, oscillante amortie?

Il faut bien préciser que l'objectif de ce chapitre d'introduction semble être de présenter à l'apprenant une démarche de modélisation pratiquée par les physiciens et susceptible d'être enseignée aux apprenants.

Les quatre parties de chaque manuel sont :

Partie 1 : **LES ONDES**

Cette partie traite des ondes mécaniques et introduit le modèle ondulatoire de la lumière.

Partie 2 : **LES TRANSFORMATIONS NUCLÉAIRES**

Cette partie s'intéresse à l'évolution d'une population de noyaux radioactifs.

Partie 3 : **ÉLECTRICITÉ**

Le sujet de cette partie est l'étude de l'évolution temporelle des systèmes électriques.

Partie 4 : **MÉCANIQUE**

On trouve dans cette partie l'étude des systèmes mécaniques tels que la chute verticale et les oscillateurs mécanique. On trouve les équations différentielles comme outils de modélisation dans les trois parties 2, 3 et 4 :

Dans la partie 2 (les transformations nucléaires) on trouve l'équation différentielle du premier degré sous la forme :

$$\tau \cdot \frac{dN(t)}{dt} + N(t) = 0$$

Dans les parties 3 (électricité) et 4 (mécanique), on trouve l'équation différentielle du premier degré sous la forme :

$$A \cdot \frac{dg(t)}{dt} + g(t) = 0$$

Ou bien

$$A \cdot \frac{dg(t)}{dt} + g(t) = B$$

Avec τ , A et B des constantes à exprimer par la résolution de l'équation différentielle sans oublier les conditions initiales du système évolutif, et on trouve aussi l'équation différentielle du deuxième degré sous la forme :

$$\alpha \cdot \frac{d^2 f(t)}{dt^2} + f(t) = 0$$

Ou bien

$$\alpha \cdot \frac{d^2 f(t)}{dt^2} + \beta \cdot \frac{df(t)}{dt} + f(t) = 0$$

Avec α et β des constantes à exprimer par la résolution de l'équation différentielle sans oublier les conditions initiales du système évolutif.

2.4 La structure du chapitre dans le manuel scolaire

La structure générale de chaque chapitre est presque commune aux deux manuels, on y trouve :

- Une page d'introduction au chapitre ;
- Une ou deux pages d'activités introductives au contenu du chapitre ;
- Une section « Cours » ;
- Une section « L'essentiel » où les savoirs et savoir-faire les plus importants du chapitre sont présentés de façon synthétique ;
- Une section « TP » comportant des activités expérimentales à mettre en œuvre ;
- Un exercice résolu, traité et accompagné de sa résolution et de conseils pour réaliser les différentes tâches demandées ;
- Une section d'exercices divisée en trois catégories d'exercices :
 - Tester ses connaissances ;
 - Exercices d'application ;
 - Exercices de synthèse.

Les chapitres sur lesquels nous allons concentrer notre recherche sont intitulés « Dipôle RC », « Dipôle RL » et « Dipôle RLC ». Ce sont trois chapitres qui constituent la partie « Évolution des systèmes électriques ».

Le chapitre intitulé « Dipôle RC » est le premier des trois chapitres qui constituent la partie « Évolution des systèmes électriques ». Il faut signaler que la classe de la deuxième année est le lieu de la première rencontre de l'apprenant avec le domaine de l'évolution temporelle des grandeurs électriques (tension, charge électrique, intensité du courant), car dans les classes précédentes (Tronc commun scientifique et la première année du baccalauréat) l'apprenant avait étudié l'électrocinétique.

Une des nouveautés de cette partie est justement l'introduction de deux éléments nouveaux d'un circuit électrique: le condensateur et la bobine. C'est aussi la première fois que l'apprenant étudie l'évolution de l'intensité du courant i dans le circuit par rapport au temps (régime transitoire).

Sur le plan expérimental, observer une évolution c'est mesurer le taux de variation de certaines grandeurs physiques. Qu'il s'agisse de la propagation d'une perturbation dans un milieu, du taux de désintégration d'un noyau radioactif (étude théorique), de l'établissement du courant dans un circuit électrique, du mouvement d'un mobile ou d'un satellite (étude théorique), c'est à des taux de variation que l'on s'intéresse. On s'interrogera sur les paramètres qui pilotent ces évolutions.

Le programme signale aussi que du point de vue théorique, un taux de variation instantané est représenté par une dérivée, notion introduite dans le cours de mathématiques en classe de première année du baccalauréat. Étudier les variations temporelles nécessitent d'introduire la variable temps dans le formalisme. S'interroger sur les paramètres qui influent sur la dérivée d'une grandeur physique, c'est chercher à établir une équation différentielle. La résoudre permet d'anticiper l'évolution d'un système.

Il faudra souligner aussi l'importance que donne le programme à la résolution d'une équation différentielle préalablement établie ; le travail mathématique à faire sur un outil de modélisation reste important, même au programme de la physique. Ces extraits du programme de la deuxième année du baccalauréat (options : sciences physiques et sciences mathématiques (A/B) permettent d'identifier la grande place occupée par le processus de modélisation auprès des apprenants de cette discipline. D'une manière très générale, il est déjà établi que l'apprenant de ce niveau doit décider des paramètres qui interviennent dans l'évolution d'un système (passage d'une « Situation Réelle » à un « Modèle Pseudo Concret »), chercher à établir une équation différentielle (passage du « Modèle Pseudo-Concret » au « Modèle Mathématique ») ; et puis résoudre cette équation pour pouvoir anticiper l'évolution du système (étape d' « Étude Mathématique » sur le modèle et une sorte de retour à la « Situation Réelle » de départ.

Par ailleurs, le programme signale que :

Au cours de leur dernière année de lycée, les apprenants ont pour la première fois la possibilité de toucher du doigt le double mouvement de l'activité scientifique dans le domaine de la physique :

- confronter les prédictions d'un modèle théorique à des résultats expérimentaux ;
- utiliser des résultats expérimentaux pour affiner un modèle théorique.

2.5 Détermination des types de tâches

Dans notre étude, nous avons, d'une part choisi cinq tâches (les plus pertinentes) à partir du schéma de modélisation qu'on a adopté précédemment, et dont l'objectif est la détermination d'un modèle symbolique ou graphique d'une situation et d'autre part nous avons cherché la présence de ces tâches dans l'exercice résolu et la partie des exercices de chaque chapitre (Les trois chapitres de l'électricité).

Dans le processus de la modélisation, on effectue successivement cinq tâches : T1, T2, T3, T4, T5, qu'on définit comme suit :

- T1 : tâche qui permet de passer d'un domaine de situation réelle à un domaine pseudo-concret.
- T2 : tâche qui permet de passer d'un domaine pseudo-concret à un domaine physique (établir un modèle physique à titre d'exemple un circuit qui modélise une situation déterminée).
- T3 : tâche qui permet de passer du domaine de la physique (étape Modèle Physique) au domaine mathématique (L'établissement de l'ED qui modélise le circuit électrique).
- T4 : tâche qui a pour sujet l'étude mathématique (Résolution de l'équation différentielle, détermination des constantes, détermination graphique et analytique de la constante de temps τ , analyse dimensionnelle de τ).
- T5 : tâche qui permet de valider le modèle (comparaison avec l'expérience).

3. RESULTATS : Bilan des tâches dans les deux manuels (AL MASSAR et FADAE)

Après avoir défini les cinq tâches pertinentes, on a cherché ces tâches dans les deux manuels scolaires au niveau des exercices proposés dans les trois premiers chapitres de la partie « électricité » : le dipôle RC, le dipôle RL et le circuit série RLC.

3.1 La tâche T1

Il y'a une absence totale de la tâche T1 dans tous les exercices des chapitres (RC, RL, RLC) du manuel AL MASSAR, cela signifie qu'on ne rencontre aucune situation problème originale dans ces chapitres.

On cite les mêmes remarques que précédemment, le manuel FADAE ne s'intéresse pas aux vraies situations problèmes concernant les exercices des chapitres (RC, RL, RLC). Il faut signaler aussi qu'il était possible de poser une situation problème adéquate pour l'exercice 5 page 110 (Flash d'appareil photo), mais malheureusement le traitement des questions n'a pas été choisi de la bonne façon.

3.2 La tâche T2

Dans le manuel AL MASSAR, 2 exercices sur un total de 29 des trois chapitres (RC, RL, RLC) qui traitent la tâche T2, c'est-à-dire 7% du total de ces exercices, et si on calcule le pourcentage concernant chaque chapitre on trouve 0% pour RC, et 10% pour RL et RLC.

Donc, la plupart des exercices proposés dans ces chapitres donne d'une façon directe le schéma d'un circuit électrique et laisse peu de chance aux apprenants de schématiser ce circuit en utilisant des symboles physiques, d'où les apprenants n'auront pas la compétence de passer d'une situation réelle ou pseudo-concrète au modèle physique.

Dans le manuel FADAE, 3 exercices sur 26 des trois chapitres (RC, RL, RLC) qui abordent la tâche T2, c'est-à-dire 12 % du total de ces exercices, et si on calcule le pourcentage concernant chaque chapitre on trouve 0% pour RC, et 10% pour RL et RLC.

On peut dire que nous sommes devant la même situation avec une petite différence du pourcentage total qui passe de 7 % à 12 %, mais d'une façon générale ce manuel aussi néglige l'importance de cette tâche qui permet à l'apprenant de passer d'une situation réelle ou pseudo-concrète au modèle physique.

3.3 La tâche T3

Dans le manuel AL MASSAR, 11 exercices sur 29 qui traitent la tâche T3, c'est-à-dire 38 % du total des exercices des chapitres étudiés avec des fluctuations si on prend le pourcentage selon chaque chapitre (44 % RC, 30% RL et 40% RLC), on peut dire que c'est vraiment satisfaisant puisqu'on considère que cette tâche est très importante parce qu'il permet à l'apprenant l'utilisation des lois de la physique pour aboutir à l'équation différentielle qui est une modélisation mathématique du problème étudié.

Dans le manuel FADAE, 6 exercices sur 26 qui abordent la tâche T3, c'est-à-dire 23 % du total des exercices des chapitres étudiés avec des fluctuations lorsqu'on prend le pourcentage selon chaque chapitre (29 % RC, 30% RL et 10% RLC). On voit bien une diminution de 15% de l'apparition de cette tâche sur les exercices des chapitres étudiés par rapport au manuel AL MASSAR et de 30% si on compare les exercices de RLC des deux manuels, ce qui peut perturber l'apprentissage des apprenants car l'établissement de l'équation différentielle demande une mobilisation des ressources que possède l'apprenant tels que la loi d'additivité des tensions, la loi d'Ohm ainsi que l'expression de l'intensité du courant électrique i en fonction de la charge q du condensateur...

3.4 La tâche T4

Dans le manuel AL MASSAR, 14 exercices sur 29 abordent la tâche T4, c'est-à-dire presque 50 % du total des exercices des chapitres étudiés avec presque les mêmes pourcentages selon chaque chapitre.

C'est vrai que la solution de l'équation différentielle est d'une grande importance, mais le plus important que cette solution même, est de chercher l'interprétation physique des expressions mathématiques trouvées, c'est-à-dire l'aller-retour entre le modèle mathématique et le modèle physique, ce qui est absent malheureusement dans ce manuel.

Dans le manuel FADAE, 10 exercices sur 26 abordent la tâche T4, c'est-à-dire 38 % du total des exercices des chapitres étudiés avec des fluctuations lorsqu'on prend le pourcentage selon chaque chapitre (71 % RC, 40% RL et 11% RLC). On voit clairement qu'il n'y a pas une stratégie unique concernant la tâche T4 pour les trois chapitres, et on garde les mêmes remarques que pour le manuel AL MASSAR, il n'y a que l'aspect mathématique dans ces exercices et presque une absence des significations physiques.

3.5 La tâche T5

On remarque une absence totale de la tâche T5 dans tous les exercices des trois chapitres (RC, RL, RLC) du manuel AL MASSAR. Cela veut dire tout simplement que ce manuel n'utilise aucun outil ou guide pour valider la modélisation faite par les équations différentielles.

On voit une absence totale de la tâche T5 dans tous les exercices des trois chapitres (RC, RL, RLC) du manuel FADAE c'est-à-dire qu'il n'y a pas une stratégie bien déterminée de la modélisation à partir des équations différentielles, on ne dépasse pas les limites de ce qui est mathématique pur sans prendre en compte l'aller-retour qui doit se produire entre le modèle physique et le modèle mathématique.

4. DISCUSSION

Il faut souligner que le programme de la physique mis en place pour la classe de la deuxième année du baccalauréat (options sciences physiques et sciences mathématiques (A/B)), a pour but une compréhension plus fine de l'évolution des systèmes, une étude qualitative tant sur le plan expérimental que théorique. C'est justement à cette étude quantitative théorique que nous nous sommes intéressés de manière plus précise.

Sur le plan expérimental, observer une évolution c'est mesurer le taux de variation de certaines grandeurs physiques. Qu'il s'agisse de la propagation d'une perturbation dans un milieu, du taux de désintégration d'un noyau radioactif, de l'établissement du courant dans un circuit électrique, du mouvement d'un mobile ou d'un satellite, c'est à des taux de variation que l'on s'intéresse. On s'interrogera sur les paramètres qui pilotent ces évolutions.

Il faut signaler que le programme de sciences physiques en deuxième année du Baccalauréat (options sciences physiques et sciences mathématiques (A/B)) a pour trame l'évolution temporelle des systèmes tels que la propagation d'une perturbation dans un milieu, du taux de désintégration d'un noyau radioactif, de l'établissement du courant dans un circuit électrique, du mouvement d'un mobile. Théoriquement l'étude des variations temporelles des différents systèmes nécessite l'introduction de la variable temps, ce qui mène à l'introduction de l'équation différentielle comme outil mathématique, pour étudier des évolutions de grandeurs de différente nature.

Les situations traitées sont prises dans différents domaines de la Physique, et elles sont, à chaque fois que possible, introduites par des situations expérimentales.

Il faut bien prendre en compte que l'objet d'étude est relatif au processus de modélisation par l'apprenant en classe de la deuxième année du baccalauréat (options sciences physiques et sciences mathématiques (A/B)), de certains phénomènes physiques à l'aide d'outils mathématiques précis.

Lors de l'opération enseignement-apprentissage de la physique, il faut faire le lien entre la modélisation établie en physique et l'introduction d'un objet mathématique comme l'équation différentielle, pour étudier des évolutions de grandeurs de différente nature.

On trouve bien les deux mots « modèle » et « modélisation » dans les manuels scolaires analysés, mais les tâches nécessaires pour aboutir à un modèle ne figurent pas dans ces documents, chose qui va influencer d'une façon négative lors de la procédure de la modélisation.

Ces documents ne donnent pas l'importance à la grande place occupée par le processus de modélisation auprès des apprenants de cette discipline. D'une manière très générale, à ce niveau l'apprenant doit décider des paramètres qui interviennent dans l'évolution d'un système (passage d'une « Situation Réelle » à un « Modèle Pseudo- Concret »), chercher à établir une équation différentielle (passage du « Modèle Pseudo-Concret » au « Modèle Mathématique ») ; et puis résoudre cette équation pour pouvoir anticiper l'évolution du système.

Cela signifie que l'apprenant devra rencontrer au moins une fois la question de la confrontation entre modèle et réalité, mais aussi une modification possible du modèle théorique proposé grâce à des résultats expérimentaux obtenus.

5. CONCLUSION

- ✓ Il y a une imperfection dans les manuels scolaires concernant l'adoption réelle de la modélisation avec toutes ses composantes dans les leçons qui contiennent des équations différentielles.
- ✓ Difficulté de modélisation par équations différentielles en se basant sur les deux manuels de physique (AL MASSAR et FADAE).
- ✓ Ce manque des tâches du processus de la modélisation dans les manuels scolaires analysés engendra certainement des difficultés chez les apprenants lors de la construction des concepts physiques.

6. REFERENCES

1. Weil-Barais, A., & Lemeignan, G. Apprentissage de concepts en mécanique et modélisation de situations expérimentales. *European Journal of Psychology of Education*. 1990; 5(4): 391-415. Available on: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03173129>
2. ROBARDET, G. Situations-problèmes et modélisation; l'enseignement en lycée d'un modèle newtonien de la mécanique. Didaskalia (Paris). 1995. Available on: <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/23771>
3. Decker, G., Guernion, C., Julo, J., Lazar, B., Le Roux, C., & Zougagh, A. Approches de la modélisation au lycée. Quelques activités entre mathématiques et sciences physiques. 2009. Available on: <http://publimath.irem.univ-mrs.fr/biblio/IRN02009.htm>
4. Zaid, A. Étude de l'interaction enseignant-élèves en physique au lycée. Enseigner comme agir sur les performances didactiques des élèves. *Éducation et didactique*. 2012; 6(3): 125-146. Available on: <https://journals.openedition.org/educationdidactique/1627>
5. Jouin, B. Les sciences physiques en lycée professionnel, discipline de service par rapport à la technologie. *Aster*. 2002. Available on: <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/8786>
6. Barlet, R., & Plouin, D. L'équation-bilan en chimie un concept intégrateur source de difficultés persistantes. *Aster*. 1994. Available on: <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/8597>
7. Cabot, C., & Beaufils, D. Actes du colloque DIDIREM. Approches plurielles en didactique des mathématiques. Interaction forte entre mathématiques et physique dans la transition lycée-université: des équations différentielles du premier ordre dans un enseignement de physique Eléments d'analyse en termes de registres sémiotiques. 2009; p. 255-275. Available on: <https://publimath.irem.univ-mrs.fr/biblio/IPS09019.htm>
8. Saglam, A. (2004). Les équations différentielles en Mathématiques et en Physique. . Ecole Doctorale de Mathématiques et Informatique-Sciences de Technologies de l'Information, Université Joseph Fourier, Grenoble, France. 1990.). Available on: <https://pdfs.semanticscholar.org/b177/528123d625f5fe19d4179bac38b1feead6fd.pdf>
9. Ferri, R. B. Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *ZDM*. 2006;38(2): 86-95. Available on: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02655883>
10. Chevallard, Y. "Le passage de l'arithmétique à l'algébrique dans l'enseignement des mathématiques au collège, Petit X. 1989; 19, pp. 43-7. Available on: <http://numerisation.univ-irem.fr/PX/IGR89002/IGR89002.pdf>
11. Rodriguez, R. Les équations différentielles comme outil de modélisation mathématique en classe de physique et de mathématiques au lycée: une étude de manuels et de processus de modélisation d'apprenants en Terminale S, Thèse doctorat, université Joseph Fourier, p.135; 2007.
12. Ben saddik, A. et al. AL MASSAR, physique (Manuel en arabe). Maroc : Nadia édition, Rabat; 2007.
13. Bouaouad, A. et al. FADAE, physique (Manuel en arabe). Maroc: Imprimerie EL MAARIF ALJADIDA Rabat; 2008.



Cite this article: **Mostapha Ouahid, Khalid Fellaoui, Mohamed Belaisaouia, Mohamed Latifi, et Abdelhak Esegir.** LE PROCESSUS DE LA MODELISATION DANS LES MANUELS SCOLAIRES DE LA PHYSIQUE DU SECONDAIRE QUALIFIANT AU MAROC. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. 2020; 11(2): 74-80.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>