

## **Modélisation, informatique et multidisciplinarité dans l'enseignement des mathématiques : une expérience**



Philippe Etchecopar et Lucien Roy, *Cégep de Rimouski, Canada*  
Christian Héon, *Cégep de Victoriaville, Canada*

### **Résumé**

*L'avènement de l'informatique a bouleversé le monde des sciences et y a profondément transformé le rôle des mathématiques. Dans de nombreux domaines, il est de plus en plus fréquent de traduire un phénomène en un modèle mathématique et de l'étudier grâce à la puissance des ordinateurs. L'expérimentation informatique devient courante et les sciences se mathématisent de plus en plus. Or l'enseignement des mathématiques est interpellé. Les jeunes tendent à délaisser les filières scientifiques tandis que le rôle des mathématiques dans la formation des scientifiques est contesté. Il semble se développer un fossé entre la pratique et l'enseignement des mathématiques. C'est dans ce contexte que se situe une expérimentation menée en mathématiques dans le programme de Sciences pures du Cégep de Rimouski. Elle a pour objectif de doter les élèves d'une méthode de travail, la modélisation-simulation, dans une optique multidisciplinaire et intégrant l'informatique. En plus de les doter d'une méthode de travail rigoureuse proche de la démarche scientifique classique, cette méthode les prépare à l'utilisation qui est faite de l'informatique et des mathématiques dans un contexte multidisciplinaire. Le bilan de cette expérience, menée depuis une dizaine d'années, est positif. Les élèves retrouvent dans cette démarche l'utilité des mathématiques en sciences. La présentation portera d'abord sur une description de la méthode de modélisation à partir d'exemples concrets pris dans les cours. Elle portera aussi sur son volet multidisciplinaire, ici la physique, le rôle qu'elle y fait jouer aux mathématiques et son impact sur l'enseignement de cette discipline, analysé par des professeurs de Physique. La présentation se terminera sur quelques perspectives qu'elle ouvre.*

### **L'expérience menée en mathématiques au Cégep de Rimouski**

*Deux grandes notions derrière le bouleversement du monde des sciences par l'ordinateur :  
celle de modèle et celle de simulation.*

Amy Dahan Dalmedico  
Maître de conférence Polytechnique

L'introduction de l'informatique et de la modélisation qui va être présentée a débuté il y a d'une dizaine d'années dans tous les cours de mathématiques du programme de Sciences de la nature du Cégep de Rimouski. Ce programme est pré universitaire et prépare les élèves aux études scientifiques (Génie, médecine, sciences pures, etc.). Il s'étale sur deux ans et comporte trois cours obligatoires de 75 périodes chacun (5 périodes par semaine). Les élèves allant en sciences pures ou appliquées prennent généralement un quatrième cours, le cours de Calcul avancé. Les trois cours obligatoires sont les cours de Calcul différentiel, Calcul intégral et Algèbre et géométrie.

## **Les origines de l'expérience**

À l'origine de cette expérience qui a été menée aussi dans les disciplines de Sciences de la nature (mathématiques, biologie, chimie, philosophie et physique) ce fût la constatation que des ordinateurs assez puissants pour du travail scientifique devenaient accessibles à tous au début des années 90. Déjà on était témoin du changement des méthodes de travail que l'informatique impliquait en sciences, il a alors semblé utile à quelques professeurs de mathématiques de revoir dans cette optique nos méthodes d'enseignement.

## **L'enseignement des mathématiques**

À la même époque, l'enseignement des mathématiques était remis en cause, tant par le ministère qui s'interrogeait sur leur rôle dans la formation des élèves, que par les jeunes qui désertaient les filières scientifiques.

Cet enseignement était essentiellement magistral, axé sur les mathématiques dites pures et était basé, en fait, sur le couple mémorisation-exercices. La question la plus fréquente des élèves était : À quoi ça sert ?

À cela s'ajoutait une certaine culture de l'immédiateté des jeunes basée sur les clips, le zapping puis le surf, culture difficilement conciliable avec le travail en mathématiques...

## **Nouveau paradigme**

En observant l'évolution des méthodes de travail dans le domaine des sciences et en consultant les universités pour connaître leurs attentes, nous avons réorienté l'enseignement des mathématiques sur les éléments suivants :

- Intégration de l'informatique comme outil de travail usuel ;
- Accroissement majeur de la place des problèmes et méthode de résolution de problème ;
- Approche multidisciplinaire ;
- Intégration d'un volet de culture mathématique dans chaque cours ;
- Importance attribuée à des habiletés comme le travail d'équipe, la communication, l'esprit critique et l'autonomie ;

Plus généralement nous voulions intéresser les jeunes aux mathématiques et à la place qu'elles occupent dans notre société et les préparer aux nouvelles méthodes de travail !

## **Expérience d'un enseignement incluant des éléments du nouveau paradigme la modélisation**

### *Objectif*

L'objectif poursuivi a été de développer une méthode de travail intégrant l'informatique, multidisciplinaire et actuelle.

L'enseignement de cette méthode travail, la modélisation, se fait en deux temps : d'abord l'apprentissage du logiciel Maple durant les premières semaines, puis la méthode de modélisation comme telle quelques semaines plus tard. Elle sera utilisée dans tous les cours de mathématiques subséquents.

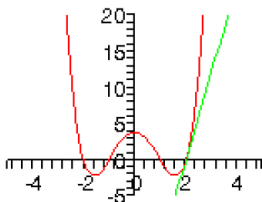
### L'introduction de l'informatique comme démarche algorithmique

L'informatique a été intégrée aux cours de mathématiques depuis une douzaine d'années. Dans chacun des cours, environ une période sur cinq se déroule en laboratoire et c'est le logiciel Maple qui est principalement utilisé.

L'apport de l'informatique est, dans un premier temps, la démarche algorithmique rigoureuse qu'elle impose aux élèves. Dans un second temps son apport sera de compléter la méthode de résolution de problème, la modélisation, notamment par les simulations.

La démarche algorithmique, c'est, pour reprendre le rapport Kahane sur l'enseignement des mathématiques, *décomposer une tâche complexe en tâches élémentaires, reconnaître les tâches qui se répètent ou qui ont déjà été traitées, ... sans oublier de vérifier que la succession d'opérations élémentaires produit bien le résultat escompté : c'est la démarche... de tout être rationnel*<sup>1</sup>.

Cette démarche algorithmique se traduit par des exigences sur l'utilisation du logiciel afin qu'il ne soit pas une boîte noire. Les exigences de base sont résumées par l'exemple suivant qui est présenté au tout début du premier cours. Il s'agit de déterminer, dans un cas général, l'équation de la tangente à une fonction en un point.

On entre :	On obtient :
<pre> &gt; restart; "Les donnees"; f:=x-&gt;x^4-5*x^2+4; a:=2; "La demarche"; m:=D(f)(a); b:=f(a)-m*a; tangente:=x-&gt;m*x+b; "Les resultats"; tangente(x); plot([f,tangente],-5..5,-5..20); </pre>	<pre> "Les donnees" f:=x -&gt; x<sup>4</sup> - 5 x<sup>2</sup> + 4 a := 2 "La demarche" m := 12 b := -24 tangente := x -&gt; m x + b "Les resultats" 12 x - 24 </pre> 

Tout problème traité avec Maple, doit être structuré selon la même démarche :

- Les données nécessaires pour traiter le problème;

1 L'enseignement des sciences mathématiques, sous la direction de Jean Pierre Kahane, Odile Jacob, p. 21

- La démarche selon la séquence adéquate des commandes de Maple ;
- Les résultats.

Ce sont les éléments de base de toute démarche scientifique que l'on retrouvera dans la démarche de modélisation.

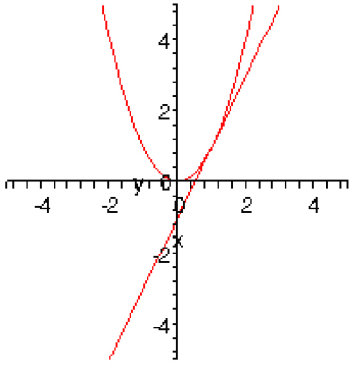
Un problème est posé sous la forme générale suivante :

*Déterminer une procédure permettant de calculer et de représenter la tangente à une fonction en un point et celle-ci.*

Chaque équipe peut choisir ses données, fonction et point, et doit commenter les résultats. C'est une initiation à la simulation.

Ce genre de procédure s'appliquant à des problèmes type est demandé durant les quatre cours. On remarquera que cette méthode de travail est transférable aux problèmes traditionnels, sans utilisation de l'ordinateur.

Ces règles de rédaction facilitent le passage à la programmation. Sous forme de programme, avec Maple, la procédure de la tangente devient :

On entre :	On obtient :
<pre> &gt; tangente:=proc(f, a, x1, x2, y1, y2)   local m, b, tg, g1, g2;   with(plots):   m:=D(f)(a);   b:=f(a)-m*a;   tg:=x-&gt;m*x+b;   g1:=plot(tg(x), x=x1..x2, y=y1..y2);   g2:=plot(f(x), x=x1..x2, y=y1..y2);   print(display(g1, g2));   RETURN(tg(x)); end;  tangente(x-&gt;x^2, 1, -5, 5, -5, 5); </pre>	

### La résolution de problème et le cycle de modélisation

Une fois assurée une maîtrise minimale de Maple après quelques semaines, les élèves sont initiés à la modélisation comme méthode de résolution de problème, méthode qu'ils utiliseront durant les quatre cours.

#### Présentation

La démarche de modélisation est calquée sur la démarche scientifique traditionnelle et initie les élèves à l'utilisation actuelle des mathématiques et de l'informatique.

Comme l'utilisation de la démarche algorithmique, elle vise à amener les élèves à penser en terme d'étapes plutôt qu'en une réponse à obtenir le plus vite possible. Elle demande surtout une compréhension générale d'un phénomène plutôt qu'une réponse numérique pour un cas particulier.

Durant les premiers cours, les problèmes présentés sont des problèmes fermés que l'élève peut facilement rattacher à une section du cours. Ces problèmes sont posés en deux temps :

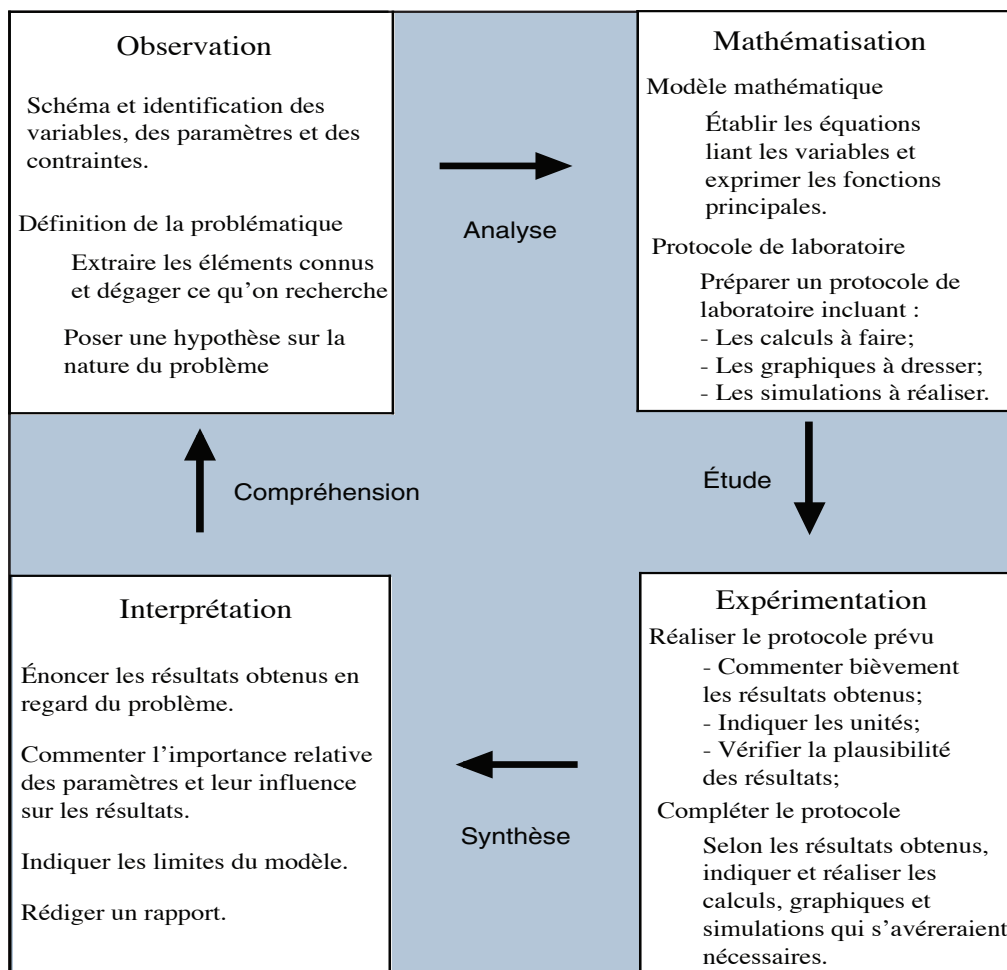
- Élaborer un modèle mathématique permettant de représenter et d'étudier un phénomène dans un cas général ;
- Étudier un cas particulier.

Plus tard ce sont des problèmes ouverts qui ne peuvent à première vue être rattachés à un domaine particulier et qui demandent une certaine recherche, voir de l'acquisition de matière nouvelle (APP).

### Le cycle de modélisation

Le cycle de modélisation est la démarche de résolution de problème que les élèves doivent suivre. Pour le premier cours, un gabarit leur est fourni. Chacune des étapes a la même importance.

Le cycle peut être résumé par le schéma ci-dessous.



### Étape 1 : l'observation

Cette première étape est celle où l'équipe définit la problématique et formule les bases sur lesquelles s'élaborera le modèle mathématique. Une grande importance est attachée à cette étape pour habituer les élèves à ne pas chercher tout de suite la bonne formule ou le bon exemple. Les éléments de cette étape sont définis précisément et les équipes doivent les suivre. Un gabarit leur est d'ailleurs fourni.

- (1) **Un schéma.** Après une lecture attentive de l'énoncé, les élèves doivent représenter la situation par un schéma d'au moins une demi-page, l'énoncé s'y prête généralement pour le premier cours.
- (2) **Variables et paramètres.** À partir de l'énoncé et du schéma, les élèves doivent énumérer les paramètres et les variables qui apparaissent, la distinction variable-paramètre est importante pour définir le traitement informatique et les simulations à l'étape suivante. Les élèves doivent aussi déterminer ce qui est connu et ce qui doit être étudié.
- (3) **Les contraintes.** À partir du schéma et de la liste des paramètres et variables, les élèves doivent relever les contraintes reliant les paramètres et variables entre elles. Sur une figure cela pourrait être la relation de Pythagore, cela pourrait aussi être des propriétés étudiées en cours.
- (4) **La problématique.** À ce stade, les équipes devraient être en mesure de déterminer dans quel cadre se situe le problème pour pouvoir proposer une hypothèse sur laquelle sera bâti le modèle mathématique. Par exemple, dans le premier cours, l'élève devra voir qu'il s'agit d'un problème d'optimisation, ou de taux liés, ou de mouvement rectiligne, etc. Durant le premier cours il s'agit de problèmes fermés où il est assez facile de rattacher le problème à une section particulière du cours.
- (5) **L'hypothèse.** À partir de ce qui précède, l'équipe indique les théorèmes ou les lois sur lesquelles va être élaboré le modèle mathématique. Les élèves doivent aussi identifier les éléments qui ont été jugés négligeables. Cette hypothèse devra être validée par l'expérimentation.

### Étape 2 : la modélisation mathématique

Cette étape comporte deux éléments : l'élaboration du modèle mathématique comme tel, puis, à partir du modèle, la rédaction d'un protocole de laboratoire.

- (1) **Le modèle mathématique.** Le modèle mathématique consiste, à partir des lois et théorèmes identifiés à l'étape précédente, à définir un système général et complet d'équations et de fonctions qui permettront de représenter et d'étudier le phénomène proposé. Soulignons que le modèle doit être composé d'équations et de fonctions aussi générales que possible et non de formules intermédiaires. Le modèle mathématique propose une formulation intégrante et transférable et non une juxtaposition de formules. Il faut aussi s'assurer qu'avec les contraintes, le modèle peut être amené sous une forme traitable de fonctions à une ou deux variables.
- (2) **Le protocole de laboratoire.** À partir du modèle mathématique et de l'énoncé du problème, l'équipe doit rédiger un protocole de laboratoire indiquant le travail qu'elle compte effectuer avec Maple pour comprendre le problème.

Le modèle mathématique est traduit en langage Maple pour être traitable en laboratoire. Le protocole comprend impérativement trois éléments.

- Les calculs à effectuer ;
- Les graphiques à dresser pour représenter le phénomène ;
- Les paramètres à simuler pour comprendre le phénomène. Le choix des paramètres doit être justifié.

Remarquons que la méthode de modélisation n'implique pas obligatoirement l'usage de l'ordinateur. Le protocole de laboratoire ne peut alors prévoir de simulations et l'étape suivante est celle des calculs classiques.

### Étape 3 : l'expérimentation informatique

L'expérimentation informatique consiste à suivre le protocole établi selon les principes algorithmiques vus précédemment pour comprendre le phénomène, particulièrement par les simulations.

Les instructions doivent suivre la démarche Données-Traitement-Résultats et chaque résultat doit être commenté, les élèves prenant pour acquis tout ce qui apparaît à l'écran sans message d'erreur. Les élèves doivent identifier les réponses non plausibles ou insuffisantes et ajouter un traitement non prévu dans le protocole. Ils peuvent attribuer des valeurs plausibles aux paramètres.

### Étape 4 : la synthèse

La synthèse doit reprendre les principaux résultats obtenus et expliquer le phénomène en général. Elle doit ensuite valider l'hypothèse. Elle doit surtout indiquer les limites du modèle et l'importance relative des éléments négligés. À partir de là, la synthèse doit donner des pistes pour améliorer le modèle.

### *La modélisation dans les cours*

Les situations problème portent sur l'optimisation, taux de variation liés, mouvements rectilignes, circulaires et dans le plan en Calcul différentiel, le mouvement, la dynamique, les équations différentielles en Calcul intégral,

la programmation linéaire en algèbre et : l'optimisation sous contrainte et les équations différentielles en Calcul avancé.

En Activité de Synthèse quatre situations sont proposées : équations différentielles d'ordre 2, linéaires et à coefficients constants.

Par ailleurs il a fallu rédiger des manuels pour les quatre cours pour inclure l'informatique, la modélisation et une démarche algorithmique dans les explications et les exemples. Pour l'élève l'important c'est de penser tout travail, démonstration et même exercice, en terme d'étapes plutôt qu'en terme de résultat à aller chercher.

*Deux exemples*

En annexe deux exemples sont présentés.

D'abord un problème fermé d'optimisation proposé en Calcul différentiel comme un des exemples de la méthode de modélisation.

Puis un problème ouvert de dynamique, la planche à neige, proposé en Calcul intégral autour des équations différentielles.

*Modélisation et les problèmes ouverts et les projets*

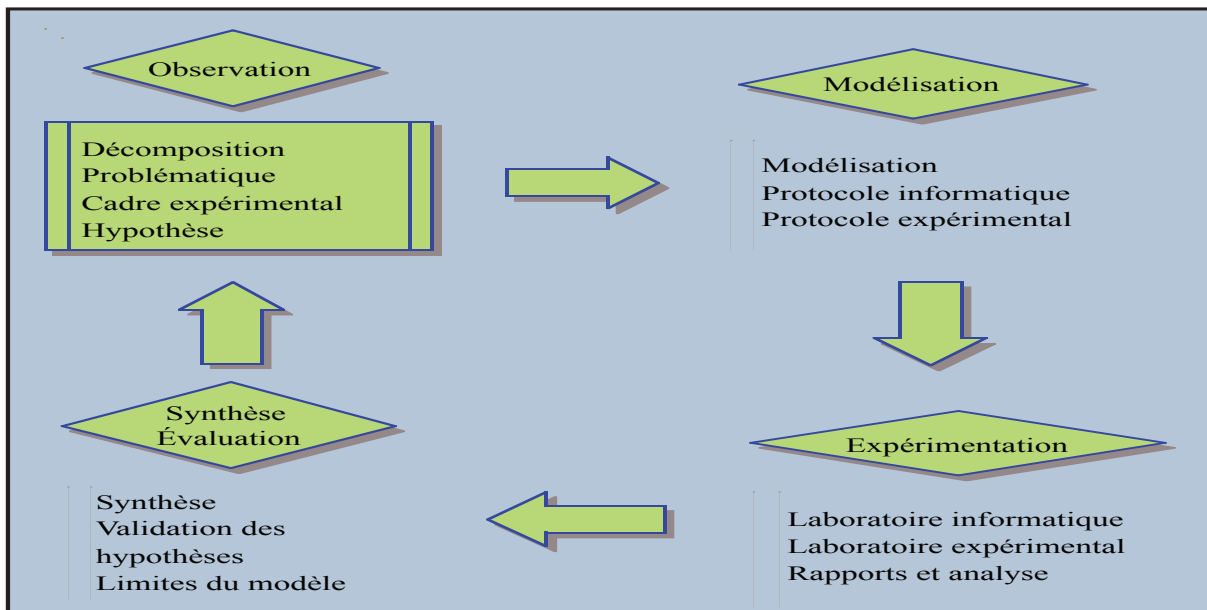
Le cycle de modélisation tel que nous venons de le décrire doit être adapté pour les problèmes ouverts.

Un problème ouvert est l'étude d'un phénomène dont le contexte n'est pas identifiable tandis que dans un projet il y a souvent un volet expérimental.

Il faut alors prévoir une recherche documentaire puis la décomposition du phénomène en sous problèmes ainsi que l'établissement d'un cadre expérimental avant de formuler une hypothèse. La modélisation, plus complexe, peut demander des modèles intermédiaires (figures, analogies, etc.) avant d'en arriver à la modélisation mathématique.

Il faut aussi ajouter un protocole expérimental et comparer ses résultats avec ceux obtenus du modèle mathématique par l'expérimentation informatique qui ne porte que sur la représentation simplifiée de la réalité qu'est le modèle mathématique.

Le cycle de modélisation pourrait alors être représenté par le schéma suivant.





## La modélisation dans une approche multidisciplinaire

Aujourd'hui la modélisation est omni présente. Pas un bulletin d'information où il n'est fait mention d'un modèle, météo, finance, etc. Elle transforme un grand nombre de disciplines et les rapports des mathématiques avec elles.

### *La modélisation comme dialogue interdisciplinaire et ses limites*

La méthode de modélisation permet à de nombreuses disciplines d'explorer le réel par une représentation simplifiée qu'est le modèle mathématique. Pour Nicolas Bouleau, prenant le cas du Génie, la modélisation est un outil de dialogue.

*L'avantage d'avoir un tel modèle est qu'on peut maintenant faire varier les paramètres constitutifs du corps étudié [...] On est alors dans la fiction pure. Mais le dialogue peut s'engager [...] Le langage de la science par les exigences qu'il impose d'objectivité, de rigueur est trop rigide pour que la discussion soit possible [...] Le scientifique doit accepter que la vérité soit trahie par les mi mensonges mi vérités que sont les modèles pour qu'une zone d'ambiguïté laisse place à des motivations et que du sens apparaisse.<sup>2</sup>*

Les mathématiciens confirment ce dialogue interdisciplinaire que permet la modélisation :

*Tout mouvement de modélisation du réel est par essence dialectique : le réel doit en permanence informer la théorie faute de quoi celle-ci se fige en prises de position caricaturales<sup>3</sup> [...]*

Pour le physicien c'est un des points essentiels des échanges avec mathématiques. Il évalue quand la caricature est pertinente et utile. Énoncer un problème de math-physique c'est engager une discussion dialectique entre le mathématicien et le physicien.

Ils soulignent aussi les limites de la modélisation :

*Les limites (à la modélisation) se sont multipliées, limites de principe d'abord, mais surtout limites techniques. La mathématisation n'adhère jamais assez au réel pour que celui-ci s'y restreigne. Il suffit de pousser assez loin le calcul pour que celui-ci fasse surgir des contraintes insoupçonnées, qui invalident d'autant la pertinence d'une mise en équations brutale.<sup>4</sup>*

## Quelques pistes sur la modélisation en physique selon des physiciens

Au niveau collégial, la modélisation peut être utile dans toutes les disciplines de sciences : biologie (les modèles démographiques, propagation des épidémies, etc.), chimie et physique. Comme c'est cette discipline qui a les liens les plus étroits avec le calcul différentiel et intégral, c'est sur ses rapports avec les mathématiques via la modélisation que nous nous attarderons un peu.

Le programme de sciences de la nature comporte trois cours obligatoires de physique de 75 périodes chacun : mécanique, électricité et ondes et physique moderne.

---

2 La modélisation et les sciences de l'ingénieur par Nicolas Bouleau in Enquête sur le concept de modèle, p. 110, PUF.

3 La pensée mathématique contemporaine, Frédéric Patras PUF p. 177.

4 *Ibid.*, p171

Ici, nous ne dégagerons que quelques pistes de réflexion.

### D'abord le dialogue interdisciplinaire

Lorsqu'on élabore et traite le modèle d'un phénomène physique, nous avons vu qu'il s'établit entre la vision mathématique et la vision physique du phénomène un dialogue qui par un aller-retour théorie pratique permet une progression de la compréhension de ce phénomène.

### Une utilisation efficace des mathématiques

La physique utilise abondamment des outils mathématiques mais surtout pour faire des calculs. Dans le cas de la modélisation, les fonctions et équations décrivent le phénomène comme tel et servent d'axe d'intégration au problème. L'élève ne voit alors plus les mathématiques comme une collection de formules mais comme cet axe intégrateur. De plus l'utilisation de l'ordinateur permet à l'élève, à partir de cet axe intégrateur, de traiter des problèmes sans la barrière des calculs.

Une des choses que déplore le professeur de physique c'est que dans les manuels on n'y traite souvent que des problèmes ayant une solution simple mais sans grand intérêt. Même au laboratoire cette simplification exagérée a un impact. Par exemple, pour étudier le mouvement sur un plan incliné, on utilise des rails à coussin d'air sur lequel circule un objet ne ressemblant à aucun véhicule existant. L'expérience est utile pour démontrer le concept théorique mais elle ressemble tellement au modèle théorique que lorsque l'élève quitte la salle de classe, il est incapable d'appliquer ce concept à la réalité. Il n'a jamais vu de véhicule ressemblant à l'engin bizarre utilisé en laboratoire. Malgré l'activité de laboratoire l'élève ne peut « réifier » le concept théorique.

Par contre avec un problème complexe, l'élève peut mieux appréhender le réel. Exemple : la sonde spatiale et la gravité. Prenons la solution des équations du mouvement pour deux corps orbitant l'un autour de l'autre. Il est facile de montrer que l'orbite a la forme d'une ellipse. Cependant, il n'existe pas de fonction simple donnant la position d'un corps en fonction du temps (sauf pour les orbites circulaires). Pourtant, c'est ce qu'on avait avec le mouvement rectiligne uniforme ou le mouvement des projectiles. Si on veut des problèmes vraiment intéressants en gravitation, il faut pouvoir décrire dans le temps le mouvement, des satellites ou autre. Pourtant les manuels ne traitent jamais de ce problème parce que la solution est trop complexe. Le problème le plus intéressant de gravité est escamoté parce qu'on tient seulement à traiter des problèmes simples. Mais si on utilise l'ordinateur, on peut alors très facilement résoudre le problème avec des méthodes mathématiques numériques à partir des lois fondamentales. L'étudiant n'y perd rien en généralité et les problèmes sont plus pertinents et intéressants. L'élève peut même sortir le soir et vérifier lui-même visuellement le passage du satellite à l'heure prévue. Enfin un véhicule réel qu'il peut observer à l'extérieur du laboratoire !

Il est donc possible, en utilisant la modélisation, de résoudre des problèmes beaucoup plus intéressants et pertinents, tant au niveau théorique qu'expérimental.

## La modélisation et l'expérience

La modélisation permet une expérimentation informatique simple pour faire avancer la compréhension du problème. Mais les résultats informatiques doivent être comparés aux résultats expérimentaux pour les valider, ils ne peuvent représenter la réalité. Les différences entre les résultats informatiques et expérimentaux permettent une meilleure compréhension du phénomène et facilitent une étude plus poussée.

Pour le physicien, l'avantage de la modélisation informatique est de permettre la distinction entre le modèle imparfait de la réalité et la mesure imparfaite de la réalité. Les élèves traitant toujours expérimentalement de problèmes simples auront l'impression que le modèle est parfait et que c'est toujours leur mesure de la réalité qui est défectueuse. Dans un problème complexe, ils sont obligés d'évaluer la validité du modèle. Cela permet une meilleure compréhension des phénomènes mais aussi du caractère imparfait des connaissances scientifiques. Les expressions mathématiques des lois physiques ne sont plus des dogmes.

## Mathématisation et compréhension d'un phénomène ?

Ce qui précède soulève un danger auquel il faut sensibiliser les élèves : un modèle n'est pas l'Évangile puisqu'il a arbitrairement simplifié le phénomène. Ils ont malheureusement tendance à croire que tout ce qui porte le label *mathématique* est indiscutable. Il y a un risque à ce qu'une mathématisation excessive fasse perdre de vue la réalité décrite.

L'élève ne peut plus simplement « remplir » une formule avec des données et s'attendre à obtenir automatiquement une solution pertinente. Il construit maintenant ses connaissances plutôt que de les subir. De spectateur il est devenu acteur.

## La modélisation permet (implique) une approche qualitative

Lorsque modèle est validé expérimentalement, soit par une expérience directe ou par la reproduction de résultats déjà connus, il permet une exploration plus complète des phénomènes. On peut varier les conditions et en déduire des comportements qualitatifs importants. Le modèle permet de développer rapidement la compréhension intuitive des phénomènes physiques. C'est très important parce que l'apprentissage de la physique est difficile lorsqu'on a aucune idée de ce qui se passe réellement. Cette connaissance qualitative des phénomènes s'acquiert habituellement au laboratoire et on pourrait dire que la modélisation amplifie ce travail. Elle permet d'explorer des conditions qu'on ne pourrait pas, pour des raisons techniques ou autres, expérimenter au laboratoire.

La modélisation permet aussi à la physique d'accorder une place plus importante à une approche intuitive du phénomène, ce que ne peuvent pas faire les équations. De plus, en programmant les calculs marathons à l'ordinateur, l'élève peut se concentrer sur la compréhension. On retrouve l'idée du dialogue mentionnée par Nicolas Bouleau.

## **Bilan et perspectives**

### *Du côté des élèves*

#### Les apports

Le bilan de cette intégration de l'informatique et de la modélisation comme méthode de résolution de problèmes est largement positif et apprécié des élèves.

Après un an d'université, en 2003 un sondage demandait aux anciens élèves de la filière math-physique : *Dans ce que vous avez pu connaître de la formation mathématique dispensée dans les autres cégeps, celle dispensée au Cégep de Rimouski vous semble... ?* À cette question 31% des anciens élèves ont répondu *Beaucoup plus complète*, 63% ont répondu *Plus complète* et 6% *Nettement moins complète*.

Un sondage auprès des finissants proposait quatre réponses : 1 Tout à fait d'accord, 2 Plutôt d'accord, 3 Plus ou moins d'accord, 4 Tout à fait en désaccord.

Pour le premier cours les moyennes des évaluations ont été les suivantes :

*J'ai appris beaucoup* : 1, 5 ;

*Je suis satisfait* : 1,6.

Pour le dernier cours :

*J'ai appris beaucoup* : 1 ;

*Je suis satisfait* : 1,2.

Un bon nombre d'élèves demande même à utiliser cette méthode dans d'autres disciplines.

Les élèves apprécient avoir une méthode qui leur épargne le syndrome de la feuille blanche. Ils apprécient ce côté expérimental en mathématique. La démarche de modélisation et les simulations rejoignent aussi certains éléments de leur culture comme le recours aux essais-erreurs ou même certains jeux informatiques. Ils apprécient aussi qu'ils puissent avoir une approche personnelle.

#### Les difficultés

Leur difficulté, c'est d'avoir à résister à la tentation d'obtenir tout de suite une réponse en cherchant la bonne formule ou le bon exemple. Ils manquent aussi d'esprit critique et se satisfont d'une réponse de l'ordinateur sans message d'erreur. La culture de l'immédiat, du zapping ou du clip est un obstacle lors de l'apprentissage de cette méthode.

## **La conception et l'enseignement des mathématiques**

La démarche de modélisation en mathématiques tranche avec l'enseignement formel. Certains la jugent comme relevant des mathématiques appliquées, voire de la physique. Elle se situe davantage dans une démarche constructiviste que traditionnelle. Le développement des mathématiques s'étant fait en partie en cherchant des solutions à des problèmes naturels, il nous semble que s'est dans cette optique que devrait être enseigné le calcul différentiel et intégral à de futurs scientifiques.

### *Les apports*

La démarche de modélisation met en valeur la nature même des mathématiques à généraliser et à abstraire. Une même équation mathématique, par exemple l'équation différentielle  $ax'' + bx' + cx = A\cos(\omega t)$  décrit aussi bien un phénomène de vibration dans deux branches de la physique, la mécanique et l'électricité. Cela montre les liens entre les mathématiques et le monde réel. On peut s'interroger sur le degré de réalité du modèle, Platon n'est pas loin !

Depuis le développement de l'informatique les mathématiques se diversifient et se multiplient. Les élèves qui se destinent à des études universitaires en sciences doivent le savoir.

### Les difficultés et les limites

Il nous resterait à développer une méthode de même type, incluant l'ordinateur, pour les preuves et les démonstrations !

### **Perspectives**

D'après ce qui précède, la modélisation nous semble être une méthode de résolution de problèmes efficace et d'actualité pour des futurs scientifiques. Il existe cependant deux obstacles majeurs : la formation des professeurs et la résistance au changement.

#### *Formation des professeurs*

La formation des professeurs de sciences devrait avoir une composante multidisciplinaire et une composante culturelle. En mathématique les professeurs sont trop souvent formés dans une vision formaliste. Elles doivent être utiles à tous les scientifiques.

#### *Résistance aux changements*

C'est un obstacle très présent dans l'enseignement. Tout changement implique une remise en cause des habitudes et provoque une résistance parfois très forte. Personne n'y échappe. C'est un élément dont il faut tenir compte.

#### *Le changement*

Pourtant nous vivons dans un contexte, technologique et social, en changement accéléré. Il est de notre devoir d'y préparer nos élèves.

### **Pour joindre les auteurs**

Philippe Etchecopar  
Professeur de mathématiques, CEGEP de Rimouski  
123, St-Joseph Ouest  
Rimouski  
Québec, G5L 4N4  
[etchecop@globetrotter.net](mailto:etchecop@globetrotter.net)

Lucien Roy  
Professeur d'informatique, CEGEP de Rimouski  
60, Évêché Ouest  
Rimouski  
Québec, G5L 4H6  
[roylcegep@hotmail.com](mailto:roylcegep@hotmail.com)

Christian Héon  
Professeur de physique, CEGEP de Victoriaville  
475 rue Notre Dame Est,  
Victoriaville  
Québec G6P 4B3  
[cheon@cgpvicto.qc.ca](mailto:cheon@cgpvicto.qc.ca)