

MS1 - Modélisation, démarche scientifique

Table des matières

1	Introduction	1
2	La modélisation en physique	1
2.1	Généralités	1
2.2	Exemples de modélisation	1
2.2.1	Utilisation de modèles pré-existants	2
3	Evolution d'un système ?	2
3.1	Grandeurs caractéristiques	3
3.1.1	Grandeurs à suivre au cours du temps ou en fonction d'une autre grandeur	3
3.1.2	Grandeurs d'influence	3
3.2	Utiliser les lois de la physique	3
3.3	Equation différentielle	3
3.3.1	Définition	3
3.3.2	Comment se présente-t-elle ?	3
3.3.3	Résolution	4
4	Références	4

1 Introduction

Définition de modèle :

Représentation simplifiée d'un système ou d'un phénomène physique permettant de reproduire son fonctionnement, de l'analyser, de l'expliquer et d'en prédire certains aspects.

Citation de JJ.Thomson :

Pouvez-vous le mesurer ? Pouvez-vous l'exprimer avec des chiffres ? Pouvez-vous en faire un modèle ? Si ce n'est pas le cas, votre théorie est probablement plus basée sur de l'imagination que sur du savoir. (William Thomson, Lord Kelvin)

2 La modélisation en physique

2.1 Généralités

En physique la modélisation est une **phase essentielle**, elle est la **base de la démarche scientifique** : on découpe un bout de réalité, compliqué, et on en fait une représentation abstraite à laquelle on va appliquer une théorie.

Le modèle obtenu n'est pas forcément figé : on peut en faire une première étude d'un modèle très simpliste, puis ajouter des paramètres qui avaient été mis de côté dans la première modélisation pour tenter d'obtenir un modèle plus proche du réel.

2.2 Exemples de modélisation

Lorsque l'on est confronté à un phénomène physique, selon le cas, on peut soit se servir d'un modèle pré-existant, soit construire son propre modèle.

Voici des exemples :

2.2.1 Utilisation de modèles pré-existants

- Les **modèles de l'atome** :
 - le **modèle de l'atome de Bohr** est un des plus utilisés, il représente l'atome par un noyau positif autour duquel gravitent des électrons sur des orbites plus ou moins proche du noyau.
 - Le **modèle quantique de l'atome** dira que les électrons auront une certaine probabilité de présence à tel ou tel endroit du volume de l'atome, ils n'ont pas de trajet bien défini.
- **Trois modèles de la lumière** peuvent être utilisés :
 - en optique géométrique, on utilise le **modèle du rayon lumineux** : on dira que la lumière se propage en ligne droite dans un milieu transparent homogène et isotrope, une portion de droite est appelée rayon lumineux.
 - Lorsque la lumière traverse des ouvertures ou rencontre des obstacles de petites dimensions, on utilise le **modèle ondulatoire de la lumière** : elle est alors une onde électromagnétique sinusoïdale de fréquence donnée.
 - Enfin le **modèle corpusculaire de la lumière** permet d'expliquer les échanges d'énergie lumière matière : spectre de raies d'émission ou d'absorption, effet photo-électrique ...

Construction de modèles

- Pour étudier le **mouvement d'une voiture**, on ne prend pas comme représentation la voiture elle-même. Mais on la représente par un point dans l'espace auquel on attribue une masse et une vitesse.
Pour décrire les mouvements de ce point, on se base alors sur la théorie de la **mécanique du point**. A partir de ce modèle simple, le mouvement de la voiture peut être évalué dans la limite de modélisation .
En effet, on ne tient pas compte des paramètres de la voiture qui peuvent son comportement : une répartition de masse non homogène, la présence de frottements de l'air et de la route ...
- Pour comprendre la **propagation des ondes sismiques** de type P (ondes de compression-dilatation, longitudinales) et de type S (ondes de cisaillement, transversales), on pourra étudier la propagation d'une **compression le long d'un ressort** et la **propagation d'une déformation le long d'une corde**.
- Pour étudier le **mouvement d'un enfant sur une balançoire**, on utilise un modèle où l'enfant est représenté par un point de masse m suspendu à une corde inextensible sans masse ...
- Pour modéliser le fonctionnement de la **fonction flash d'un appareil photo**, on se contentera d'étudier un circuit électrique comportant un générateur idéal, un conducteur ohmique, une lampe et un condensateur.

3 Comment connaître l'évolution d'un système ?

Le but du modèle est de simplifier le réel, une fois cette étape accomplie, il faut étudier le modèle dans le but de connaître la possible évolution du système réel.

3.1 Identifier les grandeurs caractéristiques

Dans un premier temps, il faut identifier les **grandeurs pertinentes du système**.

3.1.1 Grandeurs à suivre au cours du temps ou en fonction d'une autre grandeur

Pour connaître l'évolution du système, on cherche une **grandeur qui caractérise cette évolution**.

On peut donc suivre cette **grandeur au cours du temps**, par exemple :

- l'angle que fait la balançoire avec la position d'équilibre ;
- la tension aux bornes du condensateur dans le cas du flash d'appareil photo ;

On recherche alors les fonctions $\theta = \mathbf{f}(\mathbf{t})$; $\mathbf{u}_C(\mathbf{t}) = \mathbf{f}(\mathbf{t})$.

On peut aussi vouloir connaître **l'évolution d'une grandeur par rapport à une autre** :

- En thermodynamique, on peut s'intéresser à l'évolution de la pression du système en fonction de sa température ($\mathbf{P} = \mathbf{f}(\mathbf{T})$ recherchée) ;
- En mécanique, on peut étudier la variation d'un champ gravitationnel en fonction de l'altitude ($g = f(h)$), la variation d'une altitude en fonction d'une distance ($\mathbf{h} = \mathbf{f}(\mathbf{d})$) (lancer) ...

3.1.2 Grandeurs d'influence

D'autres grandeurs sont importantes dans le sens où leur changement modifie le comportement du système :

- Pour la balançoire, un changement de longueur de corde modifie l'évolution du système ;
- Pour le flash d'appareil photo, la valeur de la résistance du conducteur ohmique ou celle de la capacité du condensateur influent sur l'évolution du système.

3.2 Utiliser les lois de la physique

Dans tous les cas cités précédemment, la connaissance de l'évolution du système s'appuie sur des **lois de la physique** faisant intervenir les grandeurs ciblées :

- Principe fondamental de la dynamique, théorème de l'énergie cinétique ...
- Loi des mailles, loi des noeuds ...

A l'issu de ces lois, on obtient souvent une **équation différentielle**.

3.3 Equation différentielle

3.3.1 Définition

Une équation différentielle est une équation dont la solution est une fonction mathématique.

3.3.2 Comment se présente-t-elle ?

Dans une équation différentielle, on pourra voir apparaître la fonction recherchée, mais aussi sa dérivée première et/ou sa dérivée seconde.

Voici des exemples :

$$- \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} + a \times \theta(t) = 0 \iff \ddot{\theta}(t) + a \times \theta(t) = 0$$

Littéralement cette équation s'écrit : la dérivée seconde par rapport au temps de la fonction $\theta(t)$ plus une constante fois la fonction $\theta(t)$ est égale à 0.

La notation avec le point est parfois utilisée lorsque l'on dérive une grandeur par rapport au temps. Un point au dessus de la grandeur représente sa dérivée première, la notation avec deux points représente une dérivée seconde.

$$- \frac{du_C(t)}{dt} + a \times u_C(t) = E$$

3.3.3 Résolution

La méthode de résolution peut être soit numérique (utilisation de logiciels, méthode d'Euler, méthode de Runge-Kutta) soit mathématique.

Avec la résolution numérique on obtient des approximations des solutions. Les méthodes numériques sont souvent des méthodes itératives.

Dans tous les cas, résoudre cette équation différentielle c'est obtenir la fonction recherchée : $\theta(t)$ ou $u_C(t)$ dans nos exemples.

4 Références

- http://membres-timc.imag.fr/Yohan.Payan/Vincent_Luboz/activites/these/06Chapitre3.pdf ;
- <http://www.scmsa.eu/model.htm> ;
- <http://mediationtechnique.blogspot.fr/2011/04/la-modelisation-scientifique.html>

MS1 : Modélisation et démarche scientifique

L'essentiel

Modéliser

C'est découper un bout de réalité, compliqué, et en faire une représentation abstraite à laquelle on va appliquer une théorie.

Un modèle peut être complexifié en prenant en compte de nouveaux paramètres.

Quels modèles utilisés ?

En physique, on peut utiliser des modèles préexistants (modèles de l'atome ou de la lumière) ou créer nos propres modèles.

Evolution d'un système

La modélisation a pour but de simplifier la recherche de l'évolution d'un système physique : évolution par rapport au temps, ou évolution d'une grandeur caractéristique par rapport à une autre.

On recherche alors une fonction mathématique : $\theta = f(t)$, $v = f(t)$, $P = f(T)$...

Grandeurs pertinentes

Lorsque l'on aborde un problème de physique, il faut repérer les grandeurs caractéristiques du système : celle(s) dont on veut connaître l'évolution ; celle qui peuvent modifier l'évolution du système.

Utilisation des lois de la physique

Pour étudier le système, on applique au modèle une loi de la physique qui fait intervenir la grandeur dont on veut connaître l'évolution.

Cette loi amène souvent à une équation différentielle.

Equation différentielle

C'est une équation mathématique dont l'inconnue est une fonction. Cette équation peut contenir :

- la fonction recherchée ;
- sa dérivée première ;
- sa dérivée seconde.

Exemples : $\frac{d^2\theta(t)}{dt^2} + a \times \theta(t) = 0$; $\frac{du_C(t)}{dt} + a \times u_C(t) = E$

Résolution de l'équation différentielle

En résolvant l'équation différentielle obtenue précédemment, on obtient la fonction recherchée. Cette résolution peut être numérique (logiciels, méthode d'Euler ou de Runge-Kutta) ou mathématique.