

# MS - Pratiquer la démarche scientifique

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Mesurer</b>	<b>2</b>
2.1	Mesurer, c'est comparer . . . . .	2
2.1.1	Grandeur physique, dimension, unité . . . . .	2
2.1.2	Dimensions et unités de base du système international . . . . .	2
2.1.3	Dimension d'une grandeur physique non basique . . . . .	3
2.2	Mesurer, c'est évaluer . . . . .	3
2.2.1	Notion d'erreur . . . . .	3
2.2.2	Notion d'incertitude . . . . .	4
2.2.3	Deux types d'incertitudes . . . . .	4
2.2.4	Evaluation de l'incertitude de type B . . . . .	4
2.2.5	Elargissement de l'incertitude . . . . .	5
2.2.6	Evaluation de l'incertitude de type A . . . . .	5
2.2.7	Propagation des incertitudes . . . . .	6
2.2.8	Ecriture du résultat d'un mesurage, incertitude absolue et relative . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Modéliser</b>	<b>8</b>
3.1	Modéliser, c'est analyser . . . . .	8
3.1.1	Simplification du modèle . . . . .	8
3.1.2	Schématisation du modèle . . . . .	9
3.2	Modéliser = mettre en équation . . . . .	9
3.2.1	Débuter un problème de mécanique . . . . .	9
3.2.2	Grandeur pertinente et base de projection . . . . .	9
3.2.3	Projection du PFD . . . . .	9
3.2.4	Approximations . . . . .	10
3.2.5	Obtention de l'équation différentielle . . . . .	10
3.3	Modéliser, c'est résoudre . . . . .	10
3.3.1	Cherchons graphiquement la forme de la solution . . . . .	10
3.3.2	Comment déterminer les constantes? . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Valider</b>	<b>11</b>
4.1	Valider, c'est critiquer . . . . .	11
4.2	Valider, c'est confronter . . . . .	12
4.3	Vérification d'une loi . . . . .	13
4.3.1	Linéarisation . . . . .	13
4.3.2	Utilisation d'un tableur-grapheur . . . . .	13
4.3.3	Traitement et résultats de notre expérience . . . . .	13

# Cours de méthodes scientifiques

Pratique de la démarche scientifique

Présentation

# Démarche scientifique et modélisation

# Démarche scientifique et modélisation

## **Introduction**

# Démarche scientifique et modélisation

## **Introduction**

- On prend un bout de réalité que l'on simplifie pour lui appliquer une théorie ;

# Démarche scientifique et modélisation

## **Introduction**

- On prend un bout de réalité que l'on simplifie pour lui appliquer une théorie ;
- Le modèle n'est pas forcément figé ;

# Démarche scientifique et modélisation

## Introduction

- On prend un bout de réalité que l'on simplifie pour lui appliquer une théorie ;
- Le modèle n'est pas forcément figé ;
- Evolution du système et grandeur pertinente : on recherche une fonction  $\theta = f(t)$  par exemple ;

# Démarche scientifique et modélisation

## Introduction

- On prend un bout de réalité que l'on simplifie pour lui appliquer une théorie ;
- Le modèle n'est pas forcément figé ;
- Evolution du système et grandeur pertinente : on recherche une fonction  $\theta = f(t)$  par exemple ;
- Alors une loi de la physique nous amène souvent à une équation différentielle :



# Démarche scientifique et modélisation

## Introduction

- On prend un bout de réalité que l'on simplifie pour lui appliquer une théorie ;
- Le modèle n'est pas forcément figé ;
- Evolution du système et grandeur pertinente : on recherche une fonction  $\theta = f(t)$  par exemple ;
- Alors une loi de la physique nous amène souvent à une équation différentielle :

## Mathématiques

Une équation différentielle est une équation dont la solution est une fonction. Par exemple :

$$a f''(x) + b f(x) = c \implies \text{on cherche } f(x)$$

# Démarche scientifique et modélisation

## Introduction

- On prend un bout de réalité que l'on simplifie pour lui appliquer une théorie ;
- Le modèle n'est pas forcément figé ;
- Evolution du système et grandeur pertinente : on recherche une fonction  $\theta = f(t)$  par exemple ;
- Alors une loi de la physique nous amène souvent à une équation différentielle :

## Mathématiques

Une équation différentielle est une équation dont la solution est une fonction. Par exemple :

$$a f''(x) + b f(x) = c \implies \text{on cherche } f(x)$$

- On la résout mathématiquement ou numériquement.

## Grandeurs et unités de base du SI

## Grandeurs et unités de base du SI

<b>Grandeur/dimension</b>	<b>Unité SI</b>
Longueur (L)	mètre (m)
Masse (M)	kilogramme (kg)
Temps (T)	seconde (s)
Intensité du courant (I)	ampère (A)
Température ( $\theta$ )	kelvin (K)
Quantité de matière (N)	mole (mol)
Intensité lumineuse (J)	candela (cd)

## Evaluation de l'incertitude de type B

## Evaluation de l'incertitude de type B

- Soit on dispose d'une information constructeur :

## Evaluation de l'incertitude de type B

- Soit on dispose d'une information constructeur :

$$\sigma_B = \frac{\text{indication constructeur}}{\sqrt{3}}$$

## Evaluation de l'incertitude de type B

- Soit on dispose d'une information constructeur :

$$\sigma_B = \frac{\text{indication constructeur}}{\sqrt{3}}$$

- Soit on l'évalue directement, à partir de l'instrument de mesure :



## Evaluation de l'incertitude de type B

- Soit on dispose d'une information constructeur :

$$\sigma_B = \frac{\text{indication constructeur}}{\sqrt{3}}$$

- Soit on l'évalue directement, à partir de l'instrument de mesure :

$$\sigma_B = \frac{\text{une graduation}}{\sqrt{12}}$$

$$\sigma_B = \frac{\text{plage de valeurs acceptables}}{\sqrt{12}}$$

## Elargissement de l'incertitude

## Elargissement de l'incertitude

Pour avoir encore plus de chance que l'ensemble de nos valeurs mesurées soit dans l'intervalle défini par l'incertitude, on élargie celle-ci.

## Elargissement de l'incertitude

Pour avoir encore plus de chance que l'ensemble de nos valeurs mesurées soit dans l'intervalle défini par l'incertitude, on élargie celle-ci.

Pour un niveau de confiance de 95%, on montre que l'incertitude élargie vaut deux fois l'incertitude-type :

## Elargissement de l'incertitude

Pour avoir encore plus de chance que l'ensemble de nos valeurs mesurées soit dans l'intervalle défini par l'incertitude, on élargie celle-ci.

Pour un niveau de confiance de 95%, on montre que l'incertitude élargie vaut deux fois l'incertitude-type :

$$\Delta x = 2 \times \sigma_x$$

## Elargissement de l'incertitude

Pour avoir encore plus de chance que l'ensemble de nos valeurs mesurées soit dans l'intervalle défini par l'incertitude, on élargie celle-ci.

Pour un niveau de confiance de 95%, on montre que l'incertitude élargie vaut deux fois l'incertitude-type :

$$\Delta x = 2 \times \sigma_x$$

Dés que nous parlerons d'incertitude, c'est de cette incertitude élargie qu'il s'agira.

# Evaluation de l'incertitude de type A

## Evaluation de l'incertitude de type A

Lorsque le nombre de mesures est faible, on utilise la méthode de Student.



## Evaluation de l'incertitude de type A

Lorsque le nombre de mesures est faible, on utilise la méthode de Student. Soit  $x_i$  une mesure,  $\bar{x}$  la moyenne des mesures et  $n$  le nombre de mesures :

## Evaluation de l'incertitude de type A

Lorsque le nombre de mesures est faible, on utilise la méthode de Student. Soit  $x_i$  une mesure,  $\bar{x}$  la moyenne des mesures et  $n$  le nombre de mesures :

$$\sigma_A = t \times \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

où

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

## Evaluation de l'incertitude de type A

Lorsque le nombre de mesures est faible, on utilise la méthode de Student. Soit  $x_i$  une mesure,  $\bar{x}$  la moyenne des mesures et  $n$  le nombre de mesures :

$$\sigma_A = t \times \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

où

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Avec le coefficient  $t$  donné dans le tableau ci-dessous pour un intervalle de confiance à 95% :

Nombres de mesures $n$	2	3	4	5	...	10
Coefficient $t$	12,7	4,30	3,18	2,78	...	2,26

## Evaluation de l'incertitude de type A

Lorsque le nombre de mesures est faible, on utilise la méthode de Student. Soit  $x_i$  une mesure,  $\bar{x}$  la moyenne des mesures et  $n$  le nombre de mesures :

$$\sigma_A = t \times \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

où

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Avec le coefficient  $t$  donné dans le tableau ci-dessous pour un intervalle de confiance à 95% :

Nombres de mesures $n$	2	3	4	5	...	10
Coefficient $t$	12,7	4,30	3,18	2,78	...	2,26

Le  $\sigma_A$  obtenu n'a pas besoin d'être élargie, il correspond déjà à un intervalle de confiance de 95%.

# Propagation des incertitudes

## Propagation des incertitudes

On utilise ceci lorsqu'on calcule l'incertitude d'une grandeur ( $x$ ) à partir de deux grandeurs mesurées ( $p_1, p_2$ ).

## Propagation des incertitudes

On utilise ceci lorsqu'on calcule l'incertitude d'une grandeur ( $x$ ) à partir de deux grandeurs mesurées ( $p_1, p_2$ ).

Il faut savoir utiliser trois formules :

## Propagation des incertitudes

On utilise ceci lorsqu'on calcule l'incertitude d'une grandeur ( $x$ ) à partir de deux grandeurs mesurées ( $p_1, p_2$ ).

Il faut savoir utiliser trois formules :

- Le cas général, avec  $x$  qui est une fonction de  $p_1$  et  $p_2$  :

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial p_1}\right)^2 \sigma_{p_1}^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial p_2}\right)^2 \sigma_{p_2}^2}$$



## Propagation des incertitudes

On utilise ceci lorsqu'on calcule l'incertitude d'une grandeur ( $x$ ) à partir de deux grandeurs mesurées ( $p_1, p_2$ ).

Il faut savoir utiliser trois formules :

- Le cas général, avec  $x$  qui est une fonction de  $p_1$  et  $p_2$  :

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial p_1}\right)^2 \sigma_{p_1}^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial p_2}\right)^2 \sigma_{p_2}^2}$$

- Le cas d'un produit  $x = \text{cste} \times p_1^a \times p_2^b$  :

$$\frac{\sigma_x}{|x|} = \sqrt{\left(\frac{a \sigma_{p_1}}{p_1}\right)^2 + \left(\frac{b \sigma_{p_2}}{p_2}\right)^2}$$

## Propagation des incertitudes

On utilise ceci lorsqu'on calcule l'incertitude d'une grandeur ( $x$ ) à partir de deux grandeurs mesurées ( $p_1$ ,  $p_2$ ).

Il faut savoir utiliser trois formules :

- Le cas général, avec  $x$  qui est une fonction de  $p_1$  et  $p_2$  :

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial p_1}\right)^2 \sigma_{p_1}^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial p_2}\right)^2 \sigma_{p_2}^2}$$

- Le cas d'un produit  $x = \text{cste} \times p_1^a \times p_2^b$  :

$$\frac{\sigma_x}{|x|} = \sqrt{\left(\frac{a \sigma_{p_1}}{p_1}\right)^2 + \left(\frac{b \sigma_{p_2}}{p_2}\right)^2}$$

- Le cas d'une somme  $x = a p_1 + b p_2$  :

$$\sigma_x = \sqrt{(a \sigma_{p_1})^2 + (b \sigma_{p_2})^2}$$

Écriture d'un résultat de mesure

## Écriture d'un résultat de mesure

$$\text{Valeur mesurée} = (x \pm \Delta x) \times 10^n \text{ unité}$$

## Écriture d'un résultat de mesure

$$\text{Valeur mesurée} = (x \pm \Delta x) \times 10^n \quad \text{unité}$$

- Lorsque c'est pertinent, on utilise la notation scientifique ;

## Écriture d'un résultat de mesure

$$\text{Valeur mesurée} = (x \pm \Delta x) \times 10^n \text{ unité}$$

- Lorsque c'est pertinent, on utilise la notation scientifique ;
- On conservera :
  - 2 chiffres significatifs si le premier chiffre de l'incertitude est 1,2 ou 3 ;
  - 1 seul chiffre significatif si le premier chiffre est 4 ou plus.

## Écriture d'un résultat de mesure

$$\text{Valeur mesurée} = (x \pm \Delta x) \times 10^n \quad \text{unité}$$

- Lorsque c'est pertinent, on utilise la notation scientifique ;
- On conservera :
  - 2 chiffres significatifs si le premier chiffre de l'incertitude est 1,2 ou 3 ;
  - 1 seul chiffre significatif si le premier chiffre est 4 ou plus.
- On accorde la valeur mesurée à l'incertitude, en l'arrondissant "au plus proche", le dernier chiffre significatif doit être à la même position décimale que le dernier chiffre de l'incertitude élargie.