

LP 25 : MESURE ET CONTRÔLE

Introduction Pédagogique

Bibliographie

1. Physique chimie Term STI2D, STL, Nathan
2. Les capteurs en instrumentation industrielle, Asch
3. Techniques de l'ingénieur : les capteurs

Niveau : BTS métier de la chimie

Prérequis :

- 1.

Objectifs :

1. Comprendre les différents maillon de la chaîne de mesure et du contrôle de la mesure

Difficultés :

1. La leçon introduit beaucoup de vocabulaire

TD :

1. Analyse d'une chaîne de mesure

Expérience :

Pleins d'expérience possible en fonction de l'élément imposé :

- Mesure d'une vitesse par effet Doppler : radar
- Mesure du temps caractéristique d'un régime transitoire : comparaison de différentes méthodes de mesures

Table des matières

1	Introduction	2
2	Mesurer une grandeur physique	2
2.1	Capter un phénomène physique	2
2.2	Validité de la mesure	3
3	Application en fonction de l'élément imposé	4
3.1	Pendule pesant	4
3.2	Radar : mesure par effet Doppler	5
3.3	Mesure de la durée d'un transitoire : choix de la méthode de mesure	5
4	Contrôle dans l'industrie	5
5	Conclusion	5

1 Introduction

Réaliser une mesure est une action que l'on peut faire couramment, par exemple lors ce que l'on suit une recette de cuisine. Si nous avons l'habitude de réaliser ces mesures, il n'y a pas obligation d'avoir une grande précision. En science, il est nécessaire de connaître la précision de la mesure et de savoir quel degré de confiance on peut lui accorder. Nous verrons donc aujourd'hui :

Comment réaliser la mesure d'une grandeur physique et comment quantifier la précision de cette mesure.

2 Mesurer une grandeur physique

2.1 Capter un phénomène physique

Définition :

- Mesurande : La grandeur physique objet de la mesure
- Faire une mesure : associer une ou plusieurs valeurs à un mesurande

Afin de réaliser une mesure d'un mesurande, un phénomène physique doit être transformé en signal par un capteur.

Exemple : relevé les positions de Mars dans le ciel



- Mesurande : position de Mars dans le ciel
 - Capteur : oeil
 - Signal : image de Mars sur la rétine
- On a ici l'exemple d'un signal discret, une succession d'image discontinue.

Aujourd'hui, on mesure la plupart du temps les grandeurs physiques avec des systèmes électroniques. Ces dispositifs utilisent des capteurs électriques permettant de faire l'acquisition de signaux continue.

Capteur : dispositif permettant de transformer une grandeur physique en un signal électrique

Important : généralement un capteur doit être étalonner afin de connaître la réponse électrique du capteur à la grandeur physique

Étalonnage du capteur d'angle du pendule. Le capteur transforme la position du pendule en tension

- Mesurande : position du pendule
- Signal : tension

2.2 Validité de la mesure

Une valeur ne signifie pas grande chose sans lui attribuer un intervalle de confiance :



FIGURE 1 – Différents cas de figure : 1) Biais important, peu d'erreurs aléatoires 2) Biais faibles mais présence d'erreur aléatoire 3) Biais faible et peu d'erreur aléatoire

2 types d'erreur :

- Erreur aléatoire : erreur qui varie à chaque mesure
- Erreur systématique : biais qui se retrouve dans chaque manipulation

2.2.1 Incertitudes de type A

Incertitude statistique : permet d'estimer les erreurs aléatoires.

On réalise plusieurs mesures et on choisit comme résultat la moyenne des résultats de chaque mesure. Dans ce cas, l'incertitude type s'écrit pour un nombre N de mesure de la grandeur T

$$u_T = \frac{\sigma_T}{\sqrt{N}}$$

Avec σ l'écart type de la distribution de valeurs mesurées :

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (T_i - \bar{T})^2}$$

Afin que la valeur moyenne et l'écart type de la distribution soient le plus représentatif des erreurs aléatoires, il faudrait idéalement un très grand nombre de mesure réalisée par le **même expérimentateur** dans les **même conditions extérieures**. En pratique, on pourra avoir une estimation fiable à l'échelle d'un groupe de TP.

Problème : si estimer des incertitudes de type A permet de prendre en compte les erreurs aléatoires de la mesure, si une erreur systématique est présente, elle sera présente dans chaque mesure effectuée : on aura pas d'estimation du biais.

2.2.2 Incertitudes de type B

Les incertitudes de types B ne s'appliquent que pour une mesure **unique**. On fait la liste de toute les sources d'incertitudes possibles :

- Incertitude de lecture : on prend l'incertitude sur la lecture de la graduation

— Incertitude de l'instrumentation

Exemple : burette graduée : 2 fois l'incertitude de lecture + incertitude de la graduation :

$$u_V = 2 \times u_{\text{graduation}} + u_{\text{fabriquant}}$$

Propagation des incertitudes

La concentration en espèce titré est :

$$C = \frac{C_0 V_{eq}}{V_0} \quad (1)$$

A partir des incertitudes sur C_0 , V_0 et V_{eq} on peut remonter à l'incertitude sur C grâce à la formule de propagation des incertitudes :

$$\left(\frac{u_C}{C}\right)^2 = \sqrt{\left(\frac{u_{C_0}}{C_0}\right)^2 + \left(\frac{u_V}{V}\right)^2 + \left(\frac{u_{V_{eq}}}{V_{eq}}\right)^2}$$

Les incertitudes de type B permettent de corriger les erreurs systématiques que l'on identifie en amont mais ne prennent pas en compte les erreurs aléatoires.

	90.0%	95.0%	98.0%	99.0%	99.9%	
	6.31	12.71	31.82	63.66	636.58	← Intervalle de confiance
2	2.92	4.30	6.96	9.92	31.60	
3	2.35	3.18	4.54	5.84	12.92	
4	2.13	2.78	3.75	4.60	8.61	
5	2.02	2.57	3.36	4.03	6.87	
6	1.94	2.45	3.14	3.71	5.96	
7	1.89	2.36	3.00	3.50	5.41	
8	1.86	2.31	2.90	3.36	5.04	
9	1.83	2.26	2.82	3.25	4.78	← Coefficient de Student k
10	1.81	2.23	2.76	3.17	4.59	
11	1.78	2.18	2.68	3.05	4.32	
13	1.76	2.14	2.62	2.98	4.14	
15	1.74	2.11	2.57	2.90	3.97	
18	1.72	2.09	2.53	2.85	3.85	
21	1.70	2.04	2.46	2.75	3.65	
31	1.68	2.02	2.42	2.70	3.55	
41	1.68	2.01	2.40	2.68	3.50	
51	1.66	1.98	2.36	2.63	3.39	
101	1.64	1.96	2.33	2.58	3.29	
100001						

Nombre de valeurs obtenues par mesurage →

FIGURE 2 – source : université de compiègne

3 Application en fonction de l'élément imposé

3.1 Pendule pesant

schéma du dispositif, mise en équation

Incertitude de type A : faire 10 fois la mesure, mesurer 10 périodes.

Donner la valeur de g et donner les incertitudes

Afin de donner un intervalle de confiance à la mesure, on doit multiplier l'incertitude de type par un **coefficient de Student k** en fonction du degré de confiance souhaité :

$$U_T = k u_T$$

k dépend du nombre de mesure effectué et de l'intervalle de confiance souhaité.

3.2 Radar : mesure par effet Doppler

dispositif : cf leçon effet Doppler

faire le lien avec le radar que les élèves connaissent et avec la marge de 5%

3.3 Mesure de la durée d'un transitoire : choix de la méthode de mesure

cf fiche sur mon site 4 méthodes qui donnent des valeurs différentes

4 Contrôle dans l'industrie

cf fiche bénédicte

5 Conclusion

Ainsi, obtenir une mesure physique n'est pas anodin : on doit bien choisir le capteur adapté aux conditions expérimentales et savoir comment celui-ci transforme la grandeur physique en signal électrique pour faire correspondre ce signal à la réalité de l'expérience.

Une mesure physique seule n'a pas de sens, il faut toujours lui associer une incertitude qui permet de savoir si la mesure est fiable.

Nous réinvestirons ces notions au cours de l'année lors des nombreux TP que nous réaliserons.