

LECON : Mesure et Contrôle

Remarque : Leçon sans doute trop longue, à voir comment on s'adapte en fonction de l'EI.

Biblio: Nathan 2012 Term STI2D (p63 chaîne de mesure, sensibilité)

Duffait capes Physique (p146 expériences sur la Pt100)

Duffait électronique (thermocouples p111)

Asch, Capteur (p32 différents domaines)

Taillet, dictionnaire physique (définition capteur)

Incertitude, cours de Martin Vérot (<http://agregationchimie.free.fr/cours.php>)

TI R400 V1 (capteurs définition exemple)

TI R2517 V1 (sensibilité, temps de réponse)

TI R2518 V1 (domaines de températures)

Programme :

BTS (p69-72) : Dans les grandes lignes : un technicien est amené à faire des mesures et doit par conséquent avoir les compétences nécessaires pour s'assurer de la fiabilité de ses résultats. En revanche tout développement calculatoire est proscrit. Il faut simplement être capable d'adapter la méthode le cas échéant. Savoir lire des notices même en anglais fait partie du programme.

Niveau: BTS métier de la chimie (1^{ère} année)

Prérequis: Diviseur de tension (Tle, pas vraiment explicitement au programme)

Loi d'Ohm (première et même quatrième)

Incertitudes : type, composé, écriture du résultat (Tle)

Objectifs: -identifier les éléments d'une chaîne de mesure et leurs caractéristiques.

-Critères de validations de l'utilisation d'un capteur

Partie pris: Cette Leçon présente des aspects descriptifs assez généraux, de sorte à ce que les élèves comprennent les enjeux derrière les chaînes de mesure et son utilisation, afin qu'il soit en mesure d'en identifier les limitations et le cas échéant l'origine des défauts de fonctionnements. En aucun cas la compréhension des phénomènes physiques derrière les fonctionnements des différents composants n'est présentée. Ce qu'on attend de l'élève c'est une capacité à juger de la fiabilité d'un appareil de mesure. Dans ce contexte l'élément imposé ...

Séquence pédagogique:

Ce cours est le premier d'un module sur l'analyse chimique qui abordera dans un premier temps des aspects très pratiques et descriptifs de la chaîne de mesure, plus accessibles aux élèves pour finir par des aspects incertitudes qui en générale les rebutent davantage. D'autant plus que ces aspects seront revus tout au long de l'année et qu'il n'est pas indispensable qu'ils maîtrisent toutes ses

notions générales (erreur systématique...) à l'issue de ce cours. En revanche les notions propres à cette leçon comme la chaîne de mesure sont placées en début de cours car il est essentiel qu'ils les retiennent.

Ce cours sera suivi par un deuxième davantage pratique, en lien avec l'industrie, et le suivi des appareils, dégradations... (voir programme)

TP : étalonnage d'un appareil- mesure avec et sans étalonnage pour comprendre l'importance d'étalonner. Lecture de Notice en anglais.

TD : Identification de chaîne de mesure pour les familiariser avec les différents éléments.

Difficultés:

- ➔ Beaucoup de vocabulaire, définitions
- ➔ Transition actif-passif (on leur demande de valider plus de suivre simplement un protocole)

Comment résoudre les difficultés :

->Le vocabulaire métrologique sera revu, en revanche on insistera sur le vocabulaire propre à la chaîne de mesure. On veillera aussi à ce que les sous-parties soit lié aux notions clé pour plus de Clarté.

->Leur montrer un premier exemple par l'expérience.

Plan :

I- La chaîne de mesure

II- Caractéristiques d'un capteur

III- Contrôle de la mesure

Intro leçon :

Industrie ou dans la vie de tous les jours-> besoin de mesurer, de quantifier

Pk ? contrôle qualité -> données alimentaires sur une boîte, quantité de certains éléments à respecter.

Contrôle pour la santé -> capteur à Glucose pour le diabète.

Capteur -> élément central -> définition : Élément d'un appareil mesureur servant à la prise d'informations relatives à la grandeur à mesurer. (Voir TI)

Implications : Il y a d'autres éléments que l'on cherche à identifier. La grandeur, température...

Objectifs : -> identifier les éléments d'une chaîne de mesure.

-> Validation de la chaîne de mesure.

-> très important -> exemple série chernobyl -> compteur geiger à 3.6 roentgens.

I- La chaîne de mesure

A. Description

Le but la chaîne de mesure, c'est à partir d'une grandeur physique, le mesurande -> donner une valeur numérique pour quantifier la grandeur. On en fait la mesure.

Capteur > conditionneur du signal > afficheur

Le conditionneur permet éventuellement d'amplifier le signal ou d'éliminer certains parasite, du bruit.

Ici capteur sonde Pt100

Conditionneur et l'afficheur sont le ohmètre -> c'est souvent le cas. (pHmètre...)

Exercice-> identifier les différents composant de la chaîne de mesure.

<https://www.youtube.com/watch?v=ge8FfWI3nn8>

-> sur l'exemple l'afficheur ne permettait pas de donner de donnée chiffrée, seulement on détectait s'il y avait beaucoup de radioactivité ou non. Une chaîne de mesure n'est à priori pas prête à fonctionner, elle doit être étalonnée.

B. Etalonnage de la chaîne de mesure.

Une chaîne de mesure à priori n'est pas en mesure de donner un résultat proche de la valeur vraie lors de la mesure d'une grandeur. -> Etalonner.

Cependant il convient de savoir si l'étalonnage est nécessaire ou non -> conductimétrie.

-> exemple sonde de température donne des résistances, il faut relier ses résistances à des températures. -> grâce à un thermocouple -> étalonnage indirecte -> utilisation d'un appareil déjà étalonné.

Sur la courbe on voit que $R-R_0 = a * (T-T_0)$ avec $T_0 = 0^\circ$ et $R_0 = 100$ ohms.

-> il y a aussi l'étalonnage direct lorsque l'on effectue une mesure d'une grandeur déjà connue -> conductimètre.

On n'étalonne pas nécessairement à chaque fois si l'on conserve la même chaîne de mesure, cependant si l'on utilise un ohmmètre différent il faudra probablement réétalonner. Tout dépendra aussi de la manière dont on utilise le capteur, qui présente des limites à son utilisation.

II- Caractéristiques d'un capteur.

Lorsque vous souhaitez faire une mesure le capteur doit correspondre au cahier des charges qu'il vous faut définir. Pour la mesure de température la température à mesurer intervient logiquement.

A. domaine d'utilisation

Domaine nominal d'utilisation : domaine où la mesure peut être réalisée sans modification des caractéristiques du capteur -> pas besoin de réétalonner.

Domaine de non détérioration : La mesure peut être réalisée mais cela endommage l'appareil de manière réversible néanmoins (Pas forcément très pertinent on pourrait l'enlever)

Domaine de non destruction : Le capteur peut réaliser la mesure mais subira des dommages irréversibles à son retour dans le domaine nominal d'utilisation, sans pour autant devenir inopérant il faudra cependant le réétalonner.

Une notion liée mais pas nécessairement -> domaine de **linéarité** entre le signal et la réponse -> l'étalonnage marche sur une certaine gamme (dosage par étalonnage on cherche à encadrer avec la droite d'étalonnage pour s'assurer de la linéarité. -> cas du spectrophotomètre -> pour une absorbance trop grande -> il y a trop peu de photons qui arrivent si bien que l'incertitude devient tellement grande que les résultats sont donc des valeurs différentes -> répétabilité.

Maintenant que l'on a établi le domaine d'utilisation on va s'intéresser aux caractéristiques qui font un bon capteur.

B. sensibilité

Définition : (à mettre éventuellement sur Slide) (TI) Pour une valeur donnée de la grandeur mesurée, la sensibilité s'exprime par le quotient de la variation de la grandeur de sortie par la variation correspondante de la grandeur mesurée.

$S = (\Delta s / \Delta m) \cdot (m_0 / s_0)$ m_0 et s_0 ont les dimensions de s et m et valent 1 afin d'adimensionner la grandeur. S est la réponse et m le mesurand.

Pour une valeur de Δs (par exemple plus petit Δs) donné plus S est grand plus cela veut dire qu'on peut mesurer un changement infime de la grandeur.

Il convient alors de choisir l'appareil avec la sensibilité adaptée pour ce que l'on souhaite faire. Suivant que l'on ait besoin d'une précision au degré ou au centième de degré.

Cela ne garantit cependant pas que la mesure soit exacte. Tout dépend du phénomène physique en jeu.

C. temps de réponse

Entre le moment où le capteur se trouve en contact la grandeur ou avec une variation de celle-ci et celui où il délivre un signal lui correspondant se passe un certain temps appelé temps de réponse.

Exemple : thermomètre à alcool.

Le phénomène mesurer présente lui un temps caractéristique de variation -> par exemple la température de la pièce varie à l'échelle de la journée. Pour que la mesure ait un sens il faut que le temps caractéristique de variation de la grandeur soit très grand devant le temps de réponse. Sinon on ne sait pas vraiment ce que l'on mesure.

Expérience : temps de réponse thermomètre VS Pt100 (à $t=0$ tremper les deux dans l'eau chaude)

On a vu qu'un capteur comprend diverses caractéristiques à bien considérer lorsqu'on construit une chaîne de mesure. Vous allez donc devoir valider la chaîne de mesure au regard du résultat qu'elle donne.

III- Contrôle de la mesure.

A. validation

Il faut s'assurer que l'erreur est suffisamment faible par rapport à la précision souhaitée.

L'erreur peut être de deux types.

Erreur systématique : biais dans la mesure -> soit une erreur d'étalonnage ou la référence attendue est fautive. (Conductimètre)

Erreur aléatoire : lié aux caractéristiques techniques de l'appareil qui pour deux mesures d'une même grandeur ne donnera jamais deux valeurs rigoureusement identiques. Il sera à priori difficile de travailler de ce côté-là. -> cela est une limitation à la répétabilité de l'expérience.

Par rapport à la précision souhaité on qualifiera alors un appareil de juste lorsque la moyenne des mesures est très proche de la valeur vraie (à la précision souhaitée) et de fidèle lorsque l'appareil donne des résultats toujours très proches. (SLIDE)

La justesse est liée à l'erreur aléatoire, tandis que la fidélité davantage à l'erreur systématique.

Encore une fois cela reste à quantifier et il faut voir si le résultat final rentre dans le cahier des charges ou non. Pour cela nous allons introduire ou réintroduire le formalisme des incertitudes.

B. évaluation de l'erreur.

Expérience : utiliser la droite d'étalonnage pour déterminer la valeur de température de l'eau chaude d'un récipient de température inconnu.

La relation trouvé sur Regressi est $T = a * R_{rel}$ ($R_{rel} = R - R_0$)

On effectue une incertitude de type B c'est-à-dire qu'on quantifie pour chaque paramètre l'incertitude associé (mesure de T...). (En TP du type A sur toute la classe)

La formule de propagation pour un produit est $\rightarrow u(T) = T * \text{Racine} ((u(a)/a)^2 + (u(R)/R)^2)$

Pour R on prend l'incertitude au dernier digit sur la lecture.

L'incertitude est ensuite élargie afin de définir un facteur de confiance car la valeur vraie peut avec une probabilité plus ou moins faible être hors de l'intervalle d'incertitude.

$U(T) = 2 * u(T)$ pour un niveau de confiance à 95%

Le résultat s'écrit alors $T = (... +/- U) K$ à 95% c'est l'ensemble la réponse. Il faut alors faire toute le chemin inverse pour valider la chaîne de mesure.

Conclusion :

On a vu \rightarrow la chaîne de mesure

\rightarrow il faut que vous soyez acteur de la mesure.

Ouverture : automatisation (si le milieu réactionnel dépasse une certaine température le chauffage se coupe) \rightarrow ce qui ne veut pas dire néanmoins qu'il n'y ait pas besoin de maintenance.

Expérience :

Manip : étalonnage Pt100 duffait p146

La manip consiste à plonger la Pt100 avec un thermocouple dans le l'eau placé sur une plaque chauffante.

Temps de réponse : p 68 Nathan (tester rapidement sans trop de succès, le temps de réponse est inférieur à la seconde à priori) Il faudrait savoir s'il est vraiment nécessaire de faire un montage pont diviseur ou pas.

Notions non abordées mais possible : capteur actif et passage (voir Nathan p68)

Les livres abordent pas mal sur le sujet tout ce qui concerne la domotique.

On pourrait aborder davantage à travers un exemple tout ce qui concerne le concept de cahier des charges (voir leçon Bénédicte et Loïc et Emma).

On pourrait aussi davantage axer sur l'automatisation. (Voir Bénédicte) et duffait pour l'expérience associée.

On peut partir sur la spectro UV-Visible comme Manon Leconte.

A savoir : La Pt100 est un matériaux en platine, une thermistance telle que sa résistance soit nul à $T=0^{\circ}\text{C}$

Compteur Geiger : un instruments de mesure de la radiactivité alpha, beta et gamma, constitué d'une chambre d'ionisation d'un système d'amplification et d'un système de comptage (lequel peut être moyenné sur différentes durée) (pour plus de détail voir wikipédia)