

LP 24 : Mesures et contrôle

Eléments imposés : ?????? (peut être un capteur en particulier)

Niveau : L1

Pré-requis : - Incertitudes (Tale)

- Diviseur de tension (Tale)
- loi d'Ohm (1ere)

Biblio : - PC Term STI2D, STL, Nathan

- Les capteurs en instrumentation industrielle, Asch
- Expériences de physique : CAPES de sciences physiques, Duffait
- TI R400 V1 : capteurs-définitions
- TI R2517 V1 : Mesure des températures

Intro péda :

Leçon au niveau 1ere année de BTS métiers de la chimie dans la section mesure et contrôle ; leçon plutôt de début d'année après un cours de rappel d'électricité pour qu'ils aient bien la loi d'Ohm et formule du pont diviseur de tension en tête.

Formation de technicien/ingénieur, ils doivent donc savoir faire mesure et contrôle et on va donc essayer de l'ancrer dans ce qu'ils pourront être amené à faire plus tard en étudiant un capteur en particulier (thermistance) et en essayant à la fin d'étudier un cahier des charges.

Notion déjà abordée en Tale STL donc on va approfondir ces notions mais il faudra également tout réintroduire pour élèves venant d'autres filières.

Obj : - Comprendre les différents maillon de la chaîne de mesure et du contrôle de la mesure

Difficultés : - beaucoup de vocabulaire

- bien savoir ce que l'on veut mesurer, par quel moyen on l'obtient et ce que l'on mesure vraiment

TD : étude d'autres capteurs + autre cahier des charges

Intro :

Comme vous le savez certainement, dans l'industrie il faut en permanence faire des mesures et des contrôle pour bien surveiller que tout se passe bien ou que l'on a bien ce que l'on veut, qui répond bien au cahier des charges.

Par exemple, un industriel faisant une réaction chimique, il doit en permanence surveiller que la réaction ne s'emballe pas (T pas trop haute) mais il faut quand même qu'elle se fasse (T pas trop basse) → température mesurer en permanence ou au moins très régulièrement.

Il faut alors se demander comment on va surveiller la température et avec quoi pour que ce soit le plus approprié au besoin de l'industriel.

I) Effectuer une mesure et un contrôle

A) La chaîne de mesure

Nathan p.68-70

La chaîne de mesure est composée, comme toute chaîne, de plusieurs maillons (construire schéma au tableau). Ainsi, pour caractériser un phénomène on va devoir extraire une mesurande du phénomène physique observé dont on fait le mesurage via un capteur et on traite le signal afin d'obtenir la mesure.

Mesurande : grandeur physique objet de la mesure (ex : T, P, U, i...)

Mesurage (ou mesure) : ensemble des opérations expérimentales permettant l'attribution d'une valeur numérique au mesurande.

Lorsqu'on fait un mesurage par voie électronique, par ex des acquisitions numériques, il est nécessaire de produire, à partir du mesurande, une grandeur électrique → Détecter via un **capteur**.

Par exemple : le thermomètre à alcool pour mesure T four : mesurande = T ; capteur = capillaire + liquide ; signal = hauteur de liquide et lecture avec graduation.

Tr : mais il ne suffit pas de prendre la mesure, il faut avoir un regard critique sur celle-ci.

B) Erreur et validité

2 types d'erreur possibles :

- **erreur systématique** = biais dans la mesure (valeur tabulée de ref fausse)
- **erreur aléatoire** = dépend de la lecture

On peut alors qualifier les appareils avec 2 adjectifs (cf diapo) :

- **justesse** = qualifie l'écart à la valeur vraie (liée à l'erreur systématique)
- **fidélité** = qualifie la dispersion des mesures (liée à l'erreur aléatoire)

→ un appareil juste et fidèle = **précis**

Et pour s'assurer de la validité d'une mesure il faut bien évidemment la donner avec les incertitudes comme vous l'avez déjà vu.

Tr : On a fait beaucoup de théorie maintenant si on regarde en pratique pour la mesure de la température ! Et en général, on utilise plutôt mesure électronique maintenant avec thermistance par exemple.

II) Etude d'une chaîne de mesure

A) Critère d'utilisation d'un capteur

Les capteurs ont différents domaines d'utilisation (TI R400 V1) :

- **domaine nominal d'emploi** = domaine de condition normale d'utilisation du capteur (par exemple pour la thermistance = de -200°C à 600°C (pour résistance Pt100 cf TI))
- **Domaine de non détérioration** = altération réversibles du capteur modifiant ses caractéristiques métrologiques (ici jusqu'à -300°C et 1100°C)
- **Domaine de non destruction** = jusqu'à 1500°C

Autre critère important = temps de réponse du capteur. En effet, il ne faut pas qu'il soit plus long que le temps de l'expérience.

Exp : mesure temps de réponse Pt100 (avec pont diviseur de tension et acquisition Latis Pro, cf Nathan T STL p.67) et thermomètre à alcool (chrono) : ajout d'eau chaude, on regarde combien de temps mettes les 2 capteurs à donner valeurs.

Tr : une fois que l'on a le bon capteur, il faut faire le lien entre le signal renvoyé par capteur (ici tension/résistance) et le mesurande.

B) Étalonnage et sensibilité

Il faut que l'on sache comment remonter à la température à partir de la tension/résistance mesurée. Pour cela, on va étalonner le capteur. Il existe 2 types d'étalonnage :

- étalonnage direct = avec échantillons de référence
- étalonnage indirect = en utilisant un autre appareil déjà étalonné.

Exp : étalonnage du Pt100 : avec thermocouple et eau à différente T (à faire en préparation et ajout d'un point en direct)

→ on obtient une droite : relation linéaire entre R et T (Rq : de manière générale on cherche à avoir relation linéaire = simple) : détermination coeff de proportionnalité + incertitudes

Tout à l'heure on a vu qu'il pouvait y avoir des erreurs de manipulation, il faudrait donc faire plusieurs étalonnages et c'est la notion de répétabilité qui permettra de voir si mesure fidèle ou non.

La sensibilité est également très importante.

On la définit comme $S = \Delta s / \Delta m$ (s = signal, m = mesurande) = variation de la grandeur en sortie du capteur en fonction de la variation de la mesurande dessin au tableau : 2 droites avec pentes différentes voir la différence de Δs pour un même Δm)

Il ne faut donc pas un coeff de proportionnalité trop faible, sinon capteur peu sensible.

Tr : maintenant que l'on a choisit et étalonné le capteur, l'industriel veut aussi avoir un contrôle sur la mesure automatisée sans avoir besoin de surveiller la valeur.

III) **Contrôle à l'échelle industrielle**

A) Automatisation du contrôle

Si on reprend l'exemple du réacteur chimique : l'industriel veut que le réacteur reste dans une gamme de T. Il faut alors comparer la R aux T des bornes.

Exp : Chaîne de mesure ; régulation par boucle de rétroaction : Duffait CAPES p.147

Tr : en industrie, il faut respecter un cahier des charges lorsque l'on fait une mesure

B) Respect d'un cahier des charges

(cf diapo)

On veut mesurer température réaction chimique entre 500 et 1200°C ; pas de tungstène (risque de réaction), avec une précision de 0,5% et un temps de réponse de 20 sec.

Tableau comparatif de différents capteurs cf diapo + Asch p. 283 : pour temps de réponse : tous OK (ils ont tous temps de réponse de l'ordre de la seconde ou inférieur), on regarde les autres critères et on élimine ceux qui ne conviennent pas à chaque fois puis avec ceux qu'il reste voir lequel reviendrait le moins cher.

Conclusion :

cf diapo : schéma chaîne de mesure

Ouverture : on a vu comment faire une mesure en fonction de ce que l'on voulait, on pourra voir comment faire une mesure bien précise et voir plus en profondeur les incertitudes

Remarques :

- Il y a 2 types de capteurs : actifs et passifs
- Résistance Pt100 car résistance en platine valant 100 ohms à $T = 0^{\circ}\text{C}$