T.P N°21

Rapidité – Temps de réponse d'un capteur de température

RAPIDITE – TEMPS DE REPONSE D'UN CAPTEUR DE TEMPERATURE

1. Travail expérimental à réaliser

☞ Au regard de la présentation qui suit au paragraphe 2, effectuer, avec les capteurs de température mis à votre disposition, des mesures qui permettent de définir les caractéristiques du capteur en ce qui concerne sa rapidité.

Le plan de compte rendu pourra être le suivant :

- *Protocoles expérimentaux proposés.*
- *Manipulations effectuées.*
- *Exploitation des données recueillies.*
- *Conclusion(s)*

Contrairement à tous les TP précédents, celui-ci cherche à faire appel à votre autonomie. Mettez la en valeur.

La partie théorique qui suit doit vous permettre de mener convenablement l'étude expérimentale proposée. Une lecture approfondie s'impose avant tout travail expérimental !

2. Notion de temps de réponse

Parmi les caractéristiques d'un capteur (étendue de mesure, sensibilité, finesse…) le **temps de réponse** est un facteur à prendre en grande considération dès que l'on veut suivre l'évolution temporelle d'un phénomène.

Le temps de réponse sert à quantifier la **rapidité** du capteur ; c'est à dire à apprécier son aptitude à suivre les variations de la grandeur captée d'entrée de la chaîne de mesure (notée e par la suite).

Si le temps de réponse était nul, le capteur serait capable de suivre instantanément les variations de la grandeur captée. Ce n'est jamais le cas ! Il s'ensuit un régime transitoire qu'il convient de connaître.

Pour cela, on impose de brusques variations de la grandeur captée que l'on appelle des **échelons**. Ceux-ci peuvent être **montants** (e passe de e_{min} à e_{max} en un temps le plus court possible) ou **descendants**.
En sortie, la réponse s du capteur ne s'établit que progressivement.

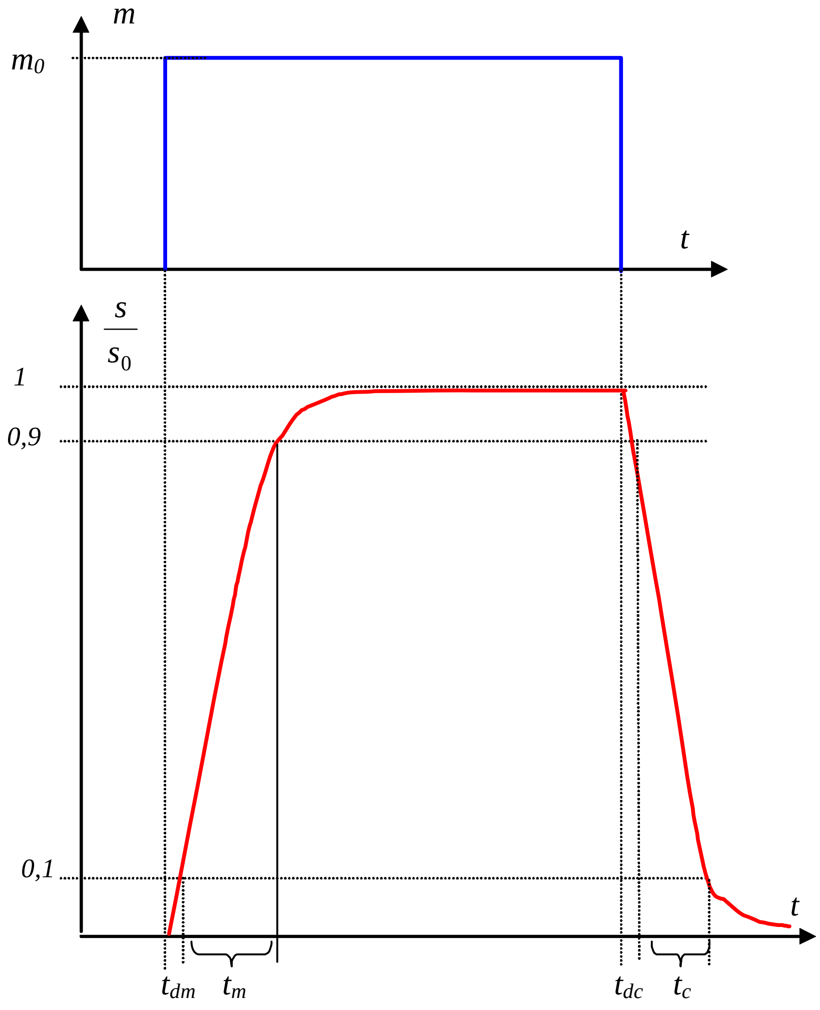

Figure 1 : Le capteur a un délai de réaction !

3. Définitions

a. Définition générale valable pour un échelon qui démarre à zéro

*Le temps de réponse est la durée qui s'écoule après une variation brusque (appelée : **échelon**) du **mesurande**[9] jusqu'à ce que la variation de la sortie du capteur ne diffère plus que de ε % de la valeur finale.*

On note le temps de réponse : $t_R(\varepsilon\%)$

Un capteur est d'autant plus rapide que son temps de réponse est plus court. La donnée de t_R caractérise la vitesse d'évolution du régime transitoire.

b. Autres définitions valables quel que soit l'échelon

Pour un échelon de grandeur captée entraînant la croissance de la grandeur de sortie *s* :

t_{dm} : **temps de retard à la montée ou délai de montée**

Temps nécessaire pour que la grandeur de sortie *s* augmente, à partir de sa valeur initiale, de 10% de sa variation totale.

t_m : **temps de montée**

[9] Le mesurande est la grandeur que l'on cherche à mesurer : dans notre cas une température.

Intervalle de temps correspondant à la croissance de *s* de 10% à 90% de sa variation totale.

Pour un échelon de grandeur captée entraînant la décroissance de la grandeur de sortie *s* :

t_{dc} : **temps de retard à la chute ou délai de chute**

Temps nécessaire pour que la grandeur de sortie *s* diminue, à partir de sa valeur initiale, de 10% de sa variation totale.

t_c : **temps de chute**

Intervalle de temps correspondant à la décroissance de *s* de 10% à 90% de sa variation totale.

4. Modélisation la réponse d'un capteur du premier ordre

Bien que les définitions puissent, dans la pratique, être suffisantes, nous vous proposons ici les modèles théoriques.

4.1. Étude théorique de la montée

Pour une grandeur d'entrée *e* défini par : $e = 0$ pour $t < 0$ et $e = e_0$ pour $t \geq 0$; l'équation différentielle du système s'écrit : $A\dfrac{ds}{dt} + Bs = m_0$

Sa solution est : $s = s_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ où $s_0 = \dfrac{m_0}{B}$ valeur de *s* en régime permanent

$\tau = \dfrac{A}{B}$ constante de temps du système

τ est la durée au bout de laquelle $s = s_0 \cdot (1 - e^{-1}) = s_0 \cdot (1 - 0,37) = 0,63 \cdot s_0$

Le temps de réponse peut être déterminé graphiquement ou à partir de la relation :

$$e^{\left(-\frac{t}{\tau}\right)} = \frac{\varepsilon}{100} \quad \text{soit} \quad \boxed{t_R(\varepsilon) = 2,3(2 - \log \varepsilon) \cdot \tau}$$

Remarque : la constante de temps τ est en fait égale à t_R (63%)

4.2. Étude théorique de la chute

Pour une grandeur d'entrée *e* défini par : $e = e_0$ pour $t < 0$ et $e = 0$ pour $t \geq 0$; l'équation différentielle du système s'écrit : $A\dfrac{ds}{dt} + Bs = 0$

Sa solution est : $\boxed{s = s_0 e^{-\frac{t}{\tau}}}$ où $s_0 = \dfrac{m_0}{B}$ valeur de *s* en régime permanent

$\tau = \dfrac{A}{B}$ constante de temps du système

τ est la durée au bout de laquelle $s = s_0 \cdot (e^{-1}) = \cdot = 0,37 s_0$