

2. EQUILIBRE DE LA TEMPERATURE : REGIME TRANSITOIRE

1. Préparation :

Généralités

Les manipulations que vous allez réaliser durant de cette séance sont un exemple typique de l'approche par la physique d'un problème biologique. D'une manière générale, la modélisation consiste à représenter un phénomène naturel complexe par un *modèle* simple, équivalent et capable de mettre en évidence les paramètres importants et les relations qui peuvent exister entre eux.

La modélisation en question concerne l'équilibre de la température interne du corps. Commençons par nous intéresser, dans un premier temps, à l'équilibre des échanges thermiques : énergies thermiques reçues et perdues par un volume de matière. Lors de la séance suivante, nous tenterons de modéliser la régulation de la température du corps, c'est-à-dire le mécanisme qui conduit au maintien de la température du corps malgré les variations du milieu ambiant.

Aujourd'hui, nous allons considérer un volume, lui fournir de l'énergie afin de faire évoluer sa température et observer la phase qui le conduira à l'équilibre (phase transitoire).

Rappels théoriques

Ces rappels doivent être complétés par une révision du cours correspondant.

Considérons le cas où la chaleur dQ_r reçue par le système étudié par unité de temps est constante (métabolisme stable). On peut alors écrire :

$$\frac{dQ_r}{dt} = M \quad (> 0, \text{ puissance reçue})$$

Le système reçoit de l'énergie thermique et voit donc sa température T (T_0 initialement) augmenter. L'évolution de cette température est liée à la quantité de chaleur absorbée par le système :

$$dQ_a = C dT \quad (C \text{ est la capacité thermique du système})$$

Cependant, sous un effet prolongé de la source de chaleur, cette température n'augmente pas indéfiniment car il existe également des pertes de chaleur au niveau de la périphérie du système en contact avec le milieu extérieur qui se trouve à une température quelconque T_E (Température extérieure). La quantité de chaleur perdue par unité de temps est proportionnelle à la différence des températures T et T_E :

$$\frac{dQ_p}{dt} = -k(T - T_E) \quad (< 0 \text{ si } T > T_E, \text{ puissance perdue})$$

Le bilan d'échange thermique conduit à une équation différentielle que satisfait la température du système en fonction du temps :

$$\text{Erreur ! } +\text{Erreur ! } T = +\text{Erreur ! } T_E + \text{Erreur !}$$

En préparation vous chercherez l'expression des 2 solutions (chauffage et refroidissement) et vous montrerez que la température $T(t)$ suit une loi exponentielle. Vous mettrez en évidence l'existence d'une température limite T_L dans chaque cas et déterminerez la constante de temps liée à la durée de ces phases transitoires.

L'objet des manipulations qui suivent est de vérifier la validité ou les limites de ce modèle.

2. Manipulation

Présentation de la manipulation

Le choix du matériau utilisé pour la simulation est lié à des questions pratiques. En effet, compte tenu du temps qui vous est imparti, la phase transitoire (chauffage jusqu'à équilibre) devra-t-êtré suffisamment courte pour que vous puissiez réaliser plusieurs expériences et exploiter vos résultats. La constante de temps de cette phase transitoire dépend du rapport C/k (voir cours). Ceci implique de choisir un matériau à faible capacité thermique et un système à grand coefficient de perte thermique. Un relativement faible volume d'éthylène glycol plongé dans un important volume d'eau convient à ce type d'exigence.

La source de chaleur sera de type électrique. Grâce à une résistance R de forte puissance parcourue par un courant continu I , on peut fournir au volume de glycol une puissance P égale à :

$$P = R.I^2$$

Les paramètres à mesurer seront la température de l'éthylène glycol, T , et celle de l'eau, T_E en fonction du temps t .

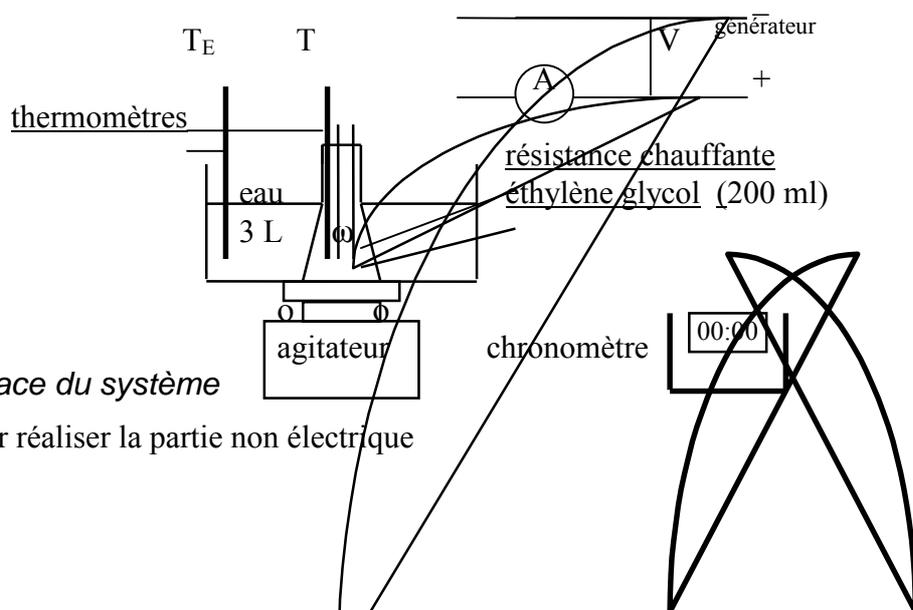
Liste du matériel :

1 Plaque chauffante avec agitateur magnétique	1 Erlenmeyer 250 ml
1 Thermomètre à mercure -10 - 110 °C	1 Cristalliseur 5 L
1 Thermomètre à mercure 0 - 100 °C	1 Multimètre METRIX® MX 112
1 Portes sondes	1 Multimètre METRIX® MX 512
1 Résistance chauffante (1,1Ω) et son support	200 ml d'éthylène glycol
1 Chronomètre	1 générateur <i>WIELDY SP-1000</i>

Le montage :

La présence simultanée de liquides (eau + glycérine) et d'un circuit électrique de fort ampérage impose une manipulation très soignée.

Le montage final est le suivant :



Attention, plusieurs précautions sont à prendre :

1/ la plaque chauffante n'est utilisée que pour son agitateur magnétique. **Veillez** à ce que l'interrupteur de gauche soit toujours sur *ARRET*.

2/ lorsque l'agitateur fonctionne il crée un siphon, abaissant le niveau de l'éthylène glycol en son centre. **Veillez** à ce que la résistance soit en permanence immergée dans le liquide.

Circuit électrique

Le multimètre MX 112 est utilisé en ampèremètre. Le courant sera choisi pour fournir une puissance de chauffe égale à 25W. Une fois le courant calculé choisissez le bon calibre.

Le multimètre MX 512 est utilisé en voltmètre. Son utilité est moindre mais il permet cependant de contrôler le bon fonctionnement du circuit électrique.

A l'aide du générateur *WIELDY SP-1000* complétez le montage ci-dessus.

FAITE VERIFIER LE MONTAGE FINAL PAR L'ENSEIGNANT AVANT DE BRANCHER LE GENERATEUR !

Les mesures.

Le chauffage :

Attendez que l'eau et le glycol soient à la même température. Après vérification du montage, branchez le générateur, affichez la valeur du courant désirée et déclenchez le chronomètre. Relevez, toutes les trente secondes, T et T_E .

Le refroidissement :

Lorsque la phase transitoire vous paraît terminée, coupez le générateur, re-déclenchez le chronomètre et recommencez les mêmes mesures.

Les résultats

Après avoir estimé les températures limites vous dresserez, pour les deux phases, un tableau comportant les valeurs suivantes : t (s), T , T_E .

3. Exploitation des résultats :

Evolution temporelle de la température $T = f(t)$.

Tracez les courbes $T = f(t)$ sur papier millimétré pour les deux phases. Estimez, pour chaque phase, la valeur de la température limite T_L .

Vérification de la loi exponentielle

En vous aidant du T.P. précédent, proposez une méthode graphique pour vérifier que les deux phases transitoires que vous venez d'étudier obéissent à une loi de type exponentielle.

Exploitation des graphes

Déterminez graphiquement la constante de temps τ du système sur les quatre graphes.

Soit à partir de la mesure qui vous paraît être la plus précise, soit à partir d'une moyenne de plusieurs valeurs de τ (vous justifierez votre choix), déduisez le coefficient de perte thermique et la capacité thermique de l'éthylène glycol C .

Vous calculerez également la capacité thermique massique C donnée en $cal. kg^{-1} K^{-1}$. Pour cela il sera nécessaire de connaître la masse d'éthylène glycol utilisée lors de la manipulation. Pour 200ml d'éthylène glycol on pèse environ 220g.

Commentaires sur la manipulation

La loi théorique vous paraît-elle bien décrire la réalité ? Voyez vous des améliorations dans la manipulation ou l'inclusion de nouveaux termes dans l'équation différentielle pour que pratique et théorie soient plus en accord ?

Examinez ce qu'entraînerait la variation des paramètres P , k et C un à un.