

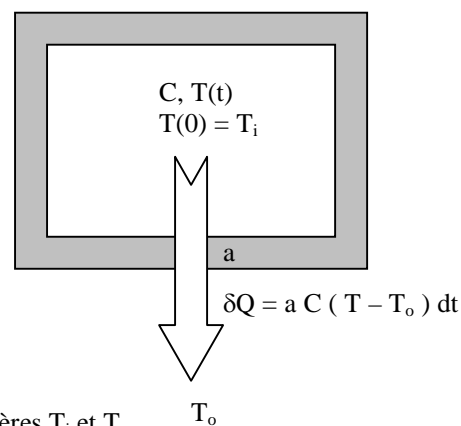
BILANS ENERGETIQUES EN THERMODYNAMIQUE

On se propose de réaliser, sur un modèle expérimental très simple, un certain nombre de bilans thermiques portant sur une habitation, en mesurant ses pertes thermiques, en étudiant l'influence d'une isolation, et en effectuant le dimensionnement de l'installation de chauffage.

I Evaluation des pertes thermiques

1) Etude théorique

On considère une habitation de capacité thermique totale C , et dont la température intérieure à l'instant t est notée $T(t)$. Le chauffage ayant été coupé, cette température est susceptible de varier du fait des échanges thermiques avec l'extérieur, principalement à travers les murs, la toiture et les vitrages. D'après la loi de Newton, ce transfert thermique est proportionnel à l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur, considéré comme un thermostat de température T_o constante, et à l'intervalle de temps dt que dure l'échange : $\delta Q = a C (T - T_o) dt$; a est une constante caractéristique des « parois » de l'habitation (nature des matériaux, épaisseur, surface).



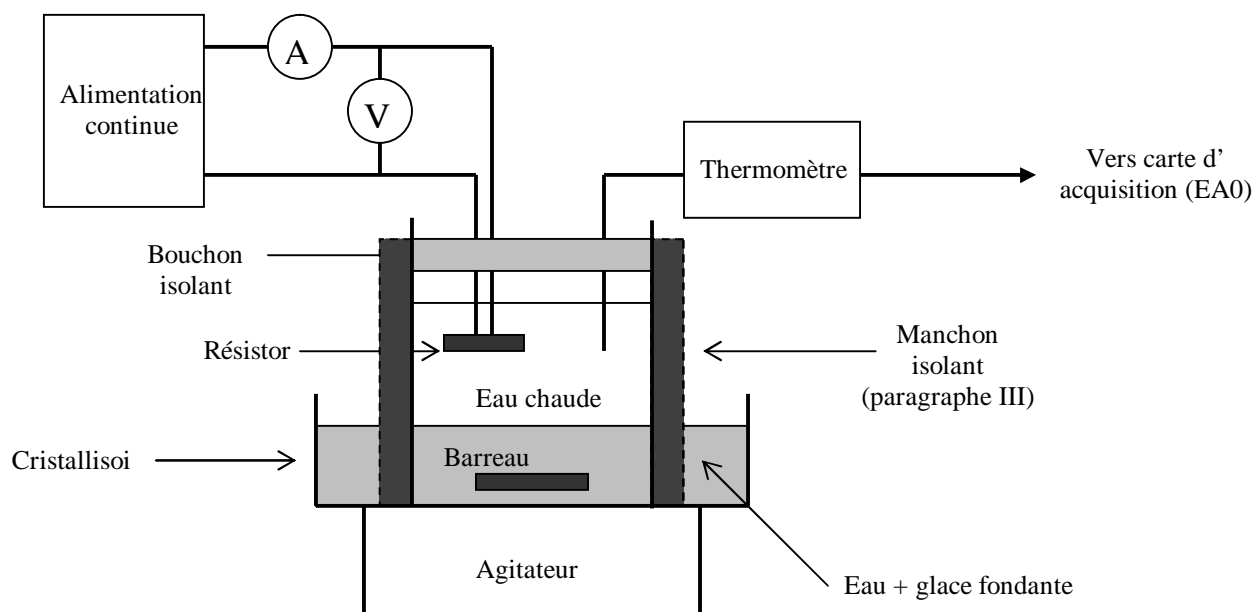
En appliquant le premier principe de la Thermodynamique à l'habitation, d'abord pendant l'intervalle de temps dt (attention aux signes), puis en l'intégrant, déterminer la loi $T(t)$. On considérera qu'à l'instant $t = 0$ de la coupure du chauffage, la température intérieure était $T_i = T(0) > T_o$ (en hiver). Tracer l'allure de la courbe $T(t)$, en faisant apparaître les valeurs particulières T_i et T_o . Quelle est l'unité de a ? Quelle est la signification concrète de $1/a$?

Montrer que la valeur de a peut être obtenue à partir des coordonnées de deux points (t_1, T_1) et (t_2, T_2) par la formule :

$$a = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{T_1 - T_o}{T_2 - T_o} .$$

Quelle fonction de T faudrait-il tracer en fonction de t pour obtenir une droite. Comment obtenir alors facilement a ?

2) Etude expérimentale



L'habitation est assimilée à un volume de 150 mL d'eau chaude placé dans un bécher de 200 mL. L'ensemble est placé dans un thermostat constitué par un bain {eau + glace fondante} de température voisine de 0°C contenu dans un cristalliseur.

On veillera durant toute le TP à maintenir d'une part la présence de glace et d'autre part le niveau du bain à une valeur constante (de façon à bien maintenir a constant).

Le tout est placé sur un agitateur magnétique destiné à homogénéiser la température de l'eau, le barreau aimanté étant placé dans le bécher. L'extrémité du thermomètre est immergée dans l'eau et celui-ci est relié à la carte d'acquisition (entrée EA0). Le dispositif de chauffage est constitué par un résistor placé dans le bécher et relié à un générateur de tension continue. Un ampèremètre et un voltmètre permettent de mesurer l'intensité du courant circulant dans ce résistor et la tension à ses bornes. Compte tenu de la faible valeur de la résistance du résistor (quelques ohms), on utilise un montage courte dérivation (revoir le cas échéant le TP-cours « L'instrumentation électrique au laboratoire » sur ce point). Les fils électriques du thermomètre et du résistor passent à travers un bouchon isolant placé sur le bécher et destiné à éviter les échanges thermiques avec l'atmosphère.

Le générateur étant éteint, le bécher sera rempli de 150 mL d'eau bouillante (préalablement chauffée à l'aide de la bouilloire électrique), quelques instants avant de déclencher l'acquisition, pour une durée d'une dizaine de minutes (1 mesure / 2 s).

La courbe $\theta(t)$ donnant la température de l'eau en degrés Celsius en fonction du temps ayant été obtenue, utiliser deux points très éloignés pour obtenir la valeur expérimentale de a à partir de la formule du 1).

II Dimensionnement de l'installation de chauffage

1) Etude théorique

On désire maintenir à l'intérieur de l'habitation une température $T = T_c$ (température de consigne affichée sur le thermostat) grâce à un chauffage électrique. On cherche à prévoir lors de la construction la puissance totale P des radiateurs électriques à installer.



En écrivant à nouveau le premier principe de la Thermodynamique pour l'habitation en régime stationnaire ($T = T_c =$ constante), déterminer P en fonction de a, C, T_c et T_o (température la plus basse envisagée à l'extérieur).

En régime non stationnaire, donner l'expression de la température de l'habitation en fonction de t, a, C, P, T_o et $T_i = T(0)$. Indiquer l'allure du graphe correspondant en précisant les valeurs particulières de la température (valeur initiale, asymptote).

2) Etude expérimentale

Compte tenu de la valeur de a déterminée dans la partie I, prévoir la puissance P_s à injecter dans le résistor en régime stationnaire pour maintenir les 150 mL d'eau du robinet à sa température initiale (préalablement mesurée). On donne la masse volumique de l'eau $\rho = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ et sa capacité thermique massique $c_o = 4180 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$.

Lancer l'acquisition pour une quinzaine de minutes, allumer le générateur et régler la puissance P à la valeur P_s .

On veillera d'une part à ce que le résistor soit bien immergé dans l'eau (risque de détérioration) et d'autre part à ne pas le toucher (risque de brûlure).

Observer l'évolution du début de la courbe $\theta(t)$. Le cas échéant, ajuster la valeur de P jusqu'à obtenir le résultat souhaité. Conclusion et commentaires ?

Modifier la valeur de P et observer qualitativement l'installation d'un nouveau régime permanent pour une valeur de la température différente.

III Isolation

Quelle serait à votre avis l'effet d'une isolation thermique sur la valeur du coefficient a ?

Reprendre l'expérience précédente en ayant préalablement placé le manchon isolant autour du bécher (doubler le temps d'acquisition).

Déterminer la nouvelle valeur de a. Commenter.

