

COURBE DE REFROIDISSEMENT DU PLOMB : CHANGEMENT D'ETAT



OBJECTIFS

- ✓ Mettre en œuvre de façon modeste une chaîne d'acquisition d'une grandeur physique.
- ✓ Utiliser un thermocouple.
- ✓ Tracer la courbe de solidification d'un solide, observer le palier de refroidissement et en déduire la température de fusion à pression ambiante.

MATERIEL

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Creuset rempli de plomb ✓ Bec bunsen ✓ Thermomètre à alcool ✓ thermocouple <i>Ni - Cr</i> ou <i>Fer - Cu / Ni</i> ✓ Verrerie et système de chauffage pour chauffer un petit volume d'eau à 100°C | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Maquette AO, Alimentation +/-15V ✓ Voltmètre, GBF, Boite à décade (1kΩ et 9kΩ) ✓ Verrerie et système de chauffage pour chauffer un petit volume d'eau à 100°C ✓ PC avec Régressi et imprimante ✓ GTS II avec Orphi |
|--|--|

1. RELEVÉ « MANUEL » DE LA COURBE DE REFROIDISSEMENT

1) Faites chauffer le creuset rempli de plomb à une température bien supérieure à la température de fusion du plomb en utilisant le bec bunsen. Un thermocouple est plongé dans le creuset.
Le thermocouple *Ni - Cr* (nickel-chrome) doit indiquer une tension supérieure à 24 mV et le Thermocouple *Fer - Cu / Ni* (fer-constantan, alliage cuivre-nickel) doit indiquer une tension supérieure à 26 mV. (lire la partie 2 sur le thermocouple pour plus d'information sur ce dernier)

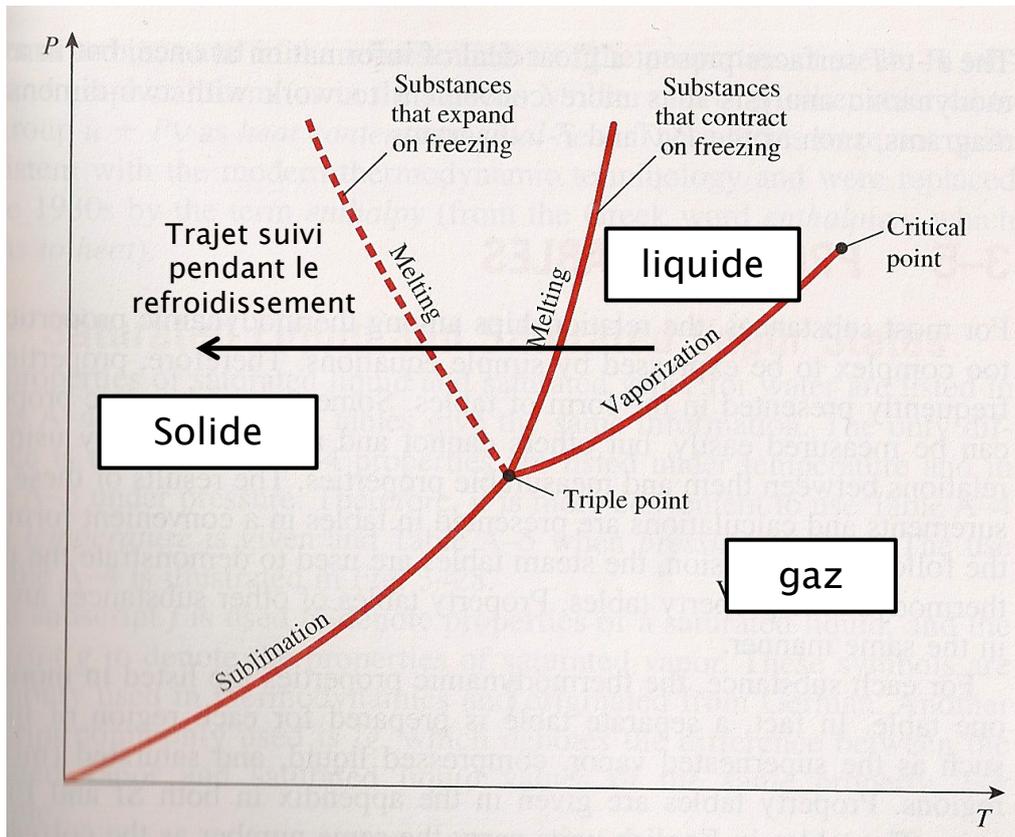
2) Pendant la phase de refroidissement et toutes les 30 secondes environ, relevez la tension U aux bornes du capteur et compléter les deux premières lignes des tableaux suivants :

t ()									
U ()									
T ()									

t ()									
U ()									
T ()									

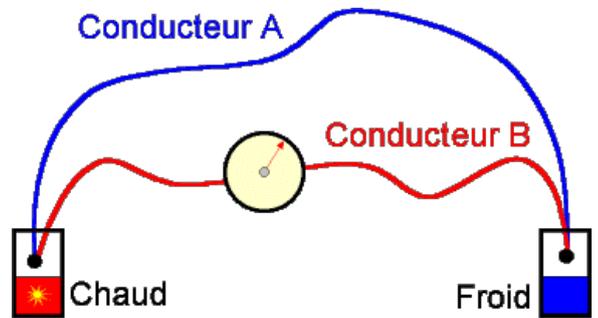
t ()									
U ()									
T ()									

Durant la phase de refroidissement, on se déplace le long de la flèche horizontale indiquée sur le diagramme P-T suivant (cf. cours de thermodynamique) :



2. ETALONNAGE DU CAPTEUR

Le thermocouple est un élément électrique qui produit une tension électrique. Un thermocouple se compose de deux fils de différents métaux qui sont soudés au bout. Cette soudure est le joint chauffé. Si ce joint est chauffé, une tension électrique apparaît. La tension est l'image de la température à l'endroit de la mesure.



1)



Etalonner un capteur consiste à donner la relation qui lie la grandeur d'entrée, ici la température T à la grandeur de sortie, ici la tension U soit $T = f(U)$

✓ Proposez un protocole à partir du matériel disponible pour réaliser la mesure de U lorsque la température est voisine de 100°C .

2)



Pour vous aider à l'étalonner, des mesures ont été effectuées et se trouvent dans le tableau suivant :

Thermocouple *Ni - Cr*

$T(^{\circ}\text{C})$	50	150	200	300	400
-----------------------	----	-----	-----	-----	-----

Thermocouple *Fer - Cu / Ni*

$T(^{\circ}\text{C})$	70	150	200	300	400
-----------------------	----	-----	-----	-----	-----

- ✓ A partir de ces mesures, et pour votre capteur, Tracer $T = f(U)$ à l'aide de Régressi.
- ✓ Modélisez la courbe obtenue et donnez la relation qui lie la tension U à la température T .

3. COURBE DE REFROIDISSEMENT ET CHANGEMENT D'ETAT

1)  Maintenant que le capteur est étalonné, complétez la troisième ligne des tableaux de la partie 1.

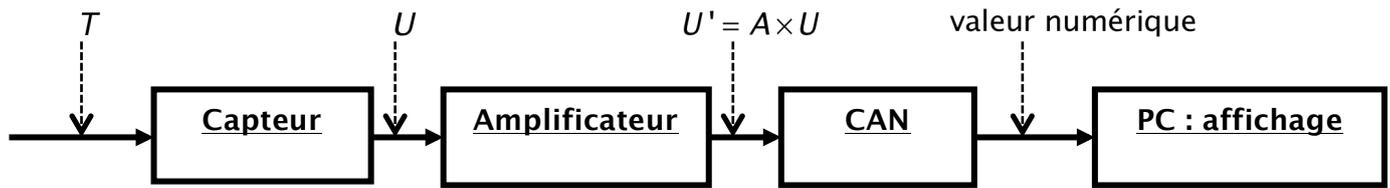
2)  Tracez la courbe $T = f(U)$ sous Regressi

3)  Expliquez la forme du graphe, dit de refroidissement, ainsi obtenu.

✓ Définissez la température de solidification et donnez sa valeur pour le plomb. Comparez la à la valeur théorique. Conclure.

4. ACQUISITION AUTOMATIQUE DE LA COURBE DE REFROIDISSEMENT

On va retracer, mais cette fois ci automatiquement la courbe de refroidissement du plomb. Avec l'interface GTS II pilotée par Orphy-Régressi, on peut acquérir la valeur de la tension à la sortie du capteur en fonction du temps. Voici le synoptique de la chaîne de mesure :



- ✓ **Capteur** : Le thermocouple transforme le signal physique T entre une tension U .
- ✓ **Amplificateur** : Il amplifie la tension d'un facteur $A \Rightarrow U' = A \times U$. Ce bloc permet ainsi d'augmenter la sensibilité de la chaîne de mesure.
- ✓ **Convertisseur Analogique Numérique CAN** : Il transforme la tension qui est analogique en une grandeur numérique exploitable par un PC

CAPTEUR

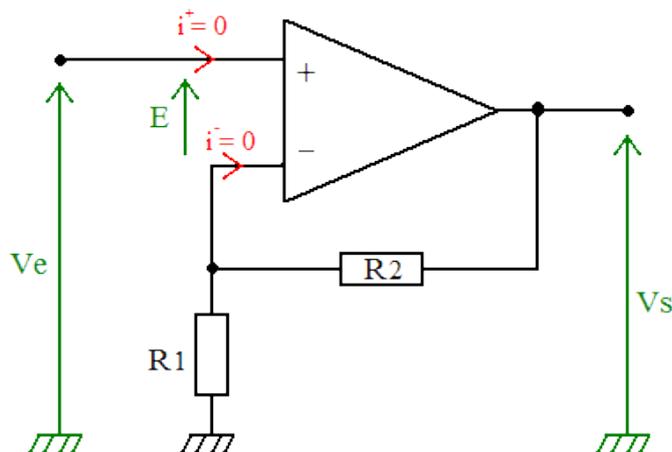


- 1) Rappelez la relation $T = f(U)$.

AMPLIFICATEUR



- 2) Le schéma du montage est le suivant : Il s'agit d'un **montage amplificateur non inverseur**. Ce montage fait appel à un amplificateur opérationnel (AO). Ce dernier est un circuit intégré complexe constitué de résistances, de condensateurs, de transistors etc... Pour nous, de façon beaucoup plus simple, l'AO est une « **boîte noire** » qui permet de réaliser diverses opérations mathématiques sur les signaux électriques : amplification, sommation, intégration, dérivation, comparateur...(cf. cours de PT). Il possède deux bornes d'entrée et une borne de sortie ainsi que deux bornes d'alimentation : +15 V et -15 V. En effet il s'agit d'un composant actif.



- ✓ Repérez sur le câblage la borne d'entrée où on applique la tension V_e . Repérez sur le câblage la borne de sortie. Réalisez le montage avec $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 9 \text{ k}\Omega$.
- ✓ Appliquez sur l'entrée, une tension nulle et vérifiez que la tension V_s en sortie est bien nulle. Si ce n'est pas le cas appelez le professeur qui règlera l'offset.
- ✓ A l'aide du GBF, appliquez à l'entrée une tension continue (qui variera entre 0 V et 2 V), mesurez la tension de sortie et complétez le tableau suivant :

V_e									
V_s									

✓ Tracez la courbe $V_s = f(V_e)$ à l'aide de Régressi et en déduire le coefficient d'amplification A commentez-la. On peut montrer que $V_s/V_e \equiv A = (R_1 + R_2)/R_1$. Vos résultats sont-ils en accord avec cette relation ?

✓ A partir de quelle tension V_e , le phénomène de saturation apparaît-il en sortie ?

ACQUISITION

3) 

Reliez la sortie du thermocouple à l'entrée du montage amplificateur et la sortie de l'amplificateur à l'interface GTS II. Avec Orphy-Régressi programmez une acquisition automatique pour relever **20** points environ sur une durée de **10 min** environ afin de tracer $U' = f(t)$

EXPLOITATION

4)  + 

✓ A l'aide de la fonction d'étalonnage du capteur $T = f(U)$, de la connaissance de l'amplification A , tracer la courbe de refroidissement sur Regressi $T = f(t)$.

✓ Comparer à la courbe obtenue par la méthode « manuel ».