



TP 7 : Dilatométrie

Introduction :

Les matériaux réagissent de manières différentes lorsqu'ils sont soumis à une contrainte thermique. Ils peuvent soit se dilater soit se contracter. Ces variations sont mesurées grâce au dilatomètre, qui nous permet de calculer le coefficient de dilatométrie. Par ailleurs, la dilatométrie peut nous permettre à évaluer les températures de changement de phases de matériaux. On cherche ici, à calculer ces coefficients dilatométriques pour deux matériaux : l'époxy (polymère) et le cobalt (métal).

I) Principe de manipulation

Nous allons utiliser une méthode de dilatométrie à un échantillon pour calculer le coefficient de dilatation thermique linéaire. On considère donc que nos échantillons sont des solides isotropes (même coefficient de dilatation dans toutes les directions).

Le dilatomètre est constitué d'un four et d'un support et d'un poussoir en silice. Il est important que le support et le poussoir soit dans le même matériau pour ne pas altérer les mesures. La silice est utilisée car son coefficient de dilatation est faible et qu'elle ne change pas de phase dans les plages de températures utilisées. Le coefficient de dilatation de la silice est connu de $0.5 * 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ nous pourrions donc minimiser son impact. Le four peut être fermé hermétiquement et mis sous atmosphère contrôlée (ajout d'argon) pour éliminer l'oxygène et limiter l'oxydation des métaux. Une couche d'oxyde peut fausser la mesure du coefficient de dilatation.

On place l'échantillon sur le support, un thermocouple mesure sa température, un autre mesure celle du four.

II) Etude des résultats

Le coefficient de dilatation se calcule grâce à la formule suivante

$$\alpha = \frac{1}{L} * \left(\frac{\partial L}{\partial T} \right)$$

α : le coefficient de dilatation en K^{-1}

L : longueur instantanée de l'échantillon en mètre approximée à L_0 longueur initiale de l'échantillon car les variations sont très petites.

∂L : Variation de longueur en mètre

∂T : Variation de température en Kelvin

On peut aussi définir un coefficient de dilatation volumique qui est fonction du volume et non de la longueur. Sa formule est la suivante :

$$\alpha = \frac{1}{V} \cdot \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)$$

Les solides étant isotropes, leur coefficient de dilatation est le même dans toutes les directions, on peut donc donner : $\alpha_v = 3 \cdot \alpha$

Avec les valeurs obtenues, on trace l'évolution de la longueur en fonction de la température. Si la courbe ou une partie de la courbe est linéaire, le coefficient ne dépend pas de la température.

Pour l'époxy, nous observons les courbes suivantes :

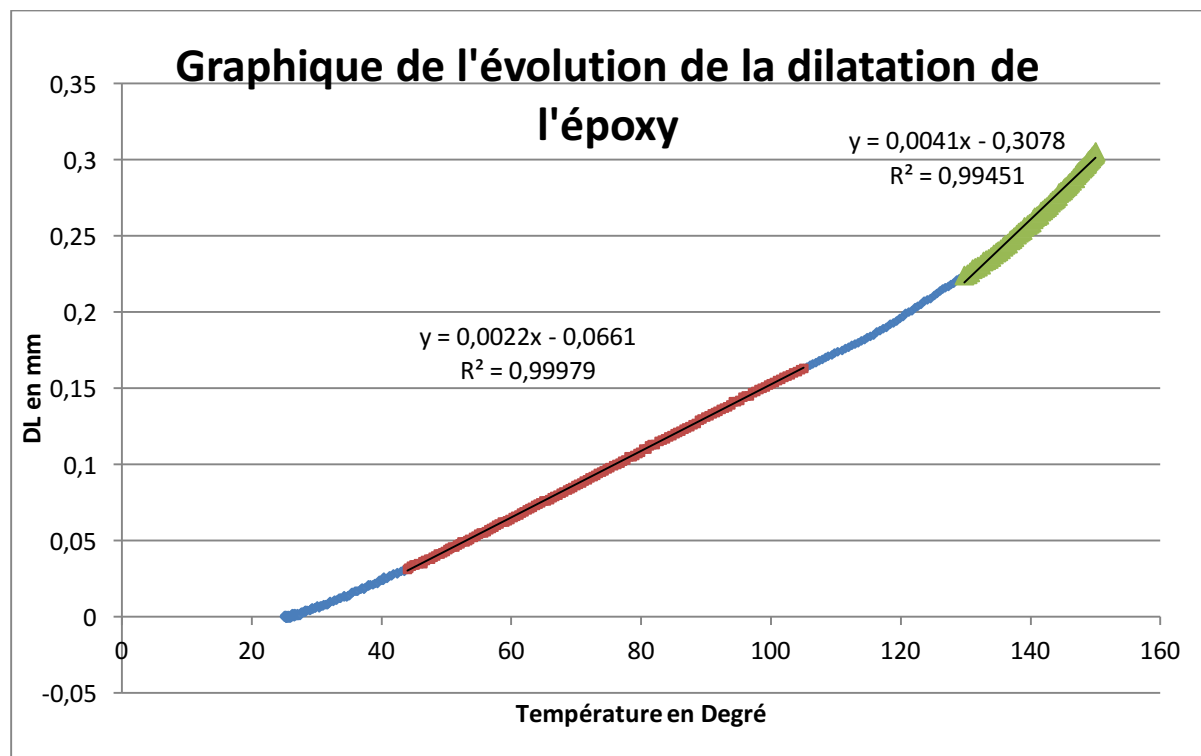



Figure 1 : graphique de l'époxy

Nous pouvons voir sur ce graphique un changement de phase  du matériau. En effet nous observons une rupture de pente aux alentours des 125°C. Cette température est la température de transition vitreuse le matériau passe d'un état solide à caoutchoutique. Chacun a son propre coefficient de dilation.



On remarque sur la figure 2 entre 45°C à 105°C, nous observons un plateau. Ce qui veut dire que la pente du coefficient de dilatation de la première phase de l'époxy est linéaire et ne dépend pas de la température. Par ailleurs on peut voir que la phase caoutchoutique de l'époxy n'est pas linéaire et dépend de la température, nous négligerons néanmoins ces écarts.

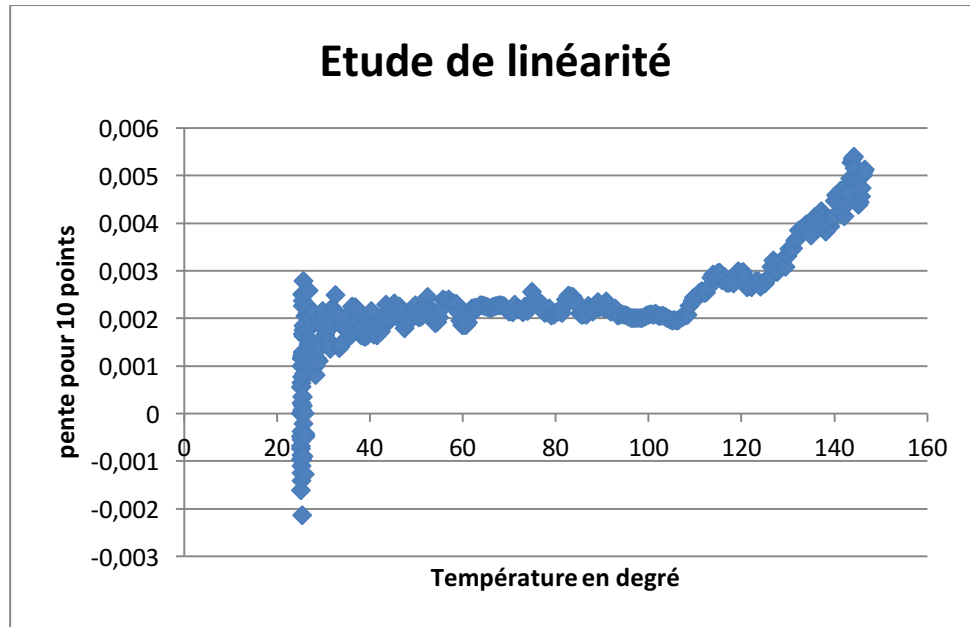


Figure 2: étude de linéarité

En réalité il faut prendre en compte la dilatation du support en silice, qui influence la valeur du coefficient de dilatation expérimentale de l'époxy. La dilatation réelle de notre échantillon est égale à la somme des dilatations de la silice et de notre matériau (expérience). Le coefficient de dilation réel suit l'équation suivante :

Avec $L_0=32,1$ mm

On l'applique alors à notre graphique (figure 3)

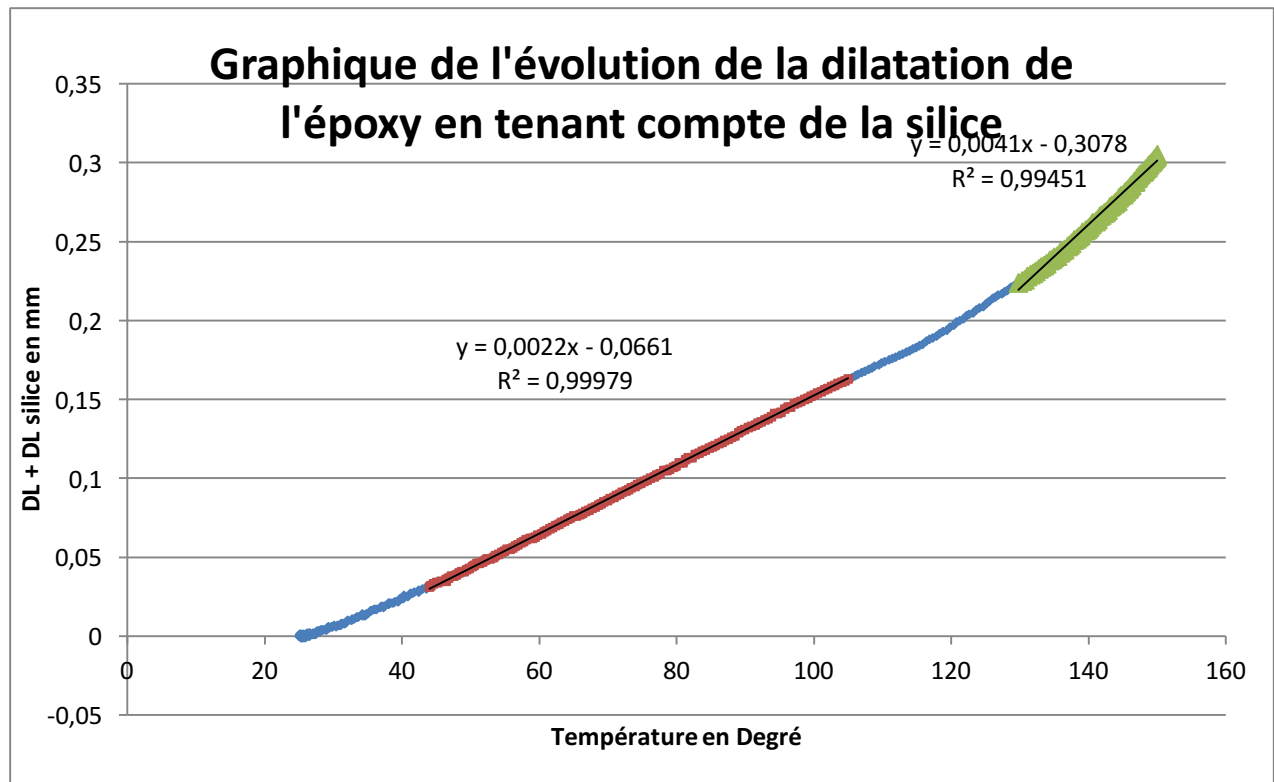


Figure 3: Graphique de l'évolution de la dilatation en tenant compte de la silice

On calcule les coefficients de dilatation :

$$\alpha_{\text{solide}} = 68,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\alpha_{\text{caoutchoutique}} = 127,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Grace aux tableaux théoriques, nous pouvons dire que nos valeurs sont du bon ordre de grandeur

On réalise la même expérience avec le cobalt.

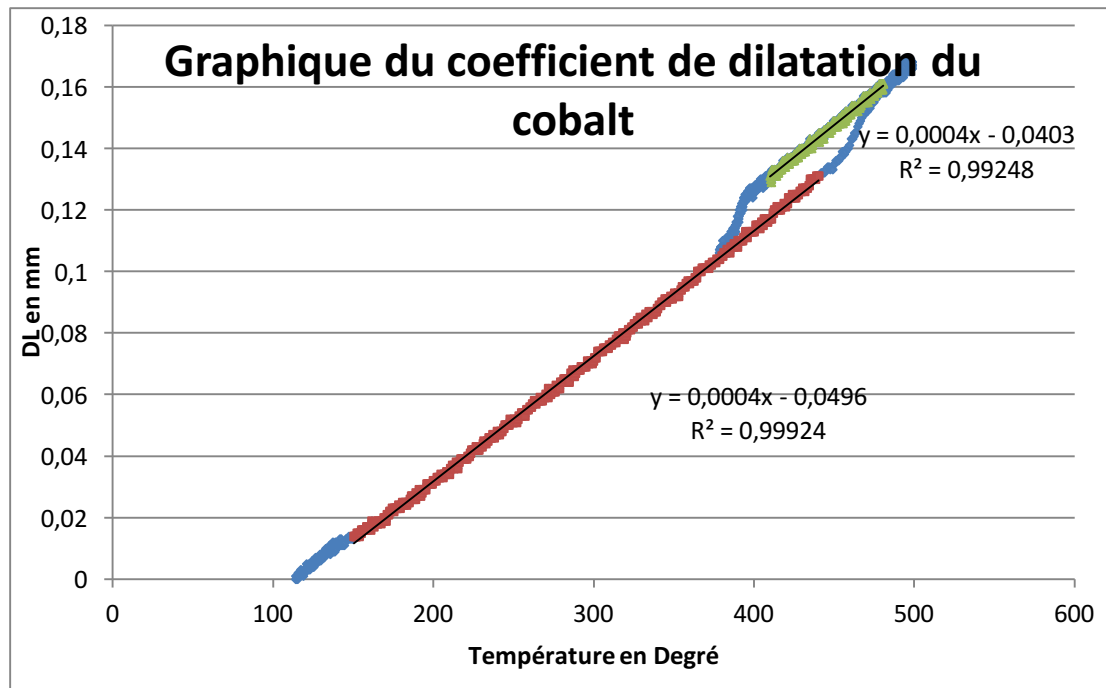


Figure 4: Graphique de l'évolution de la dilatation du cobalt

Sur la figure 4, on observe une première pente linéaire de 150 à 400 °C (CF figure 5) puis un changement de phase aux alentours de 450°C. Il correspond au passage de la phase hexagonale compacte à la phase cubique face centrée. Lorsque la température redescend on observe une pente de même coefficient directeur linéaire (cf figure 6) et un changement de phase aux alentours de 400 °C.

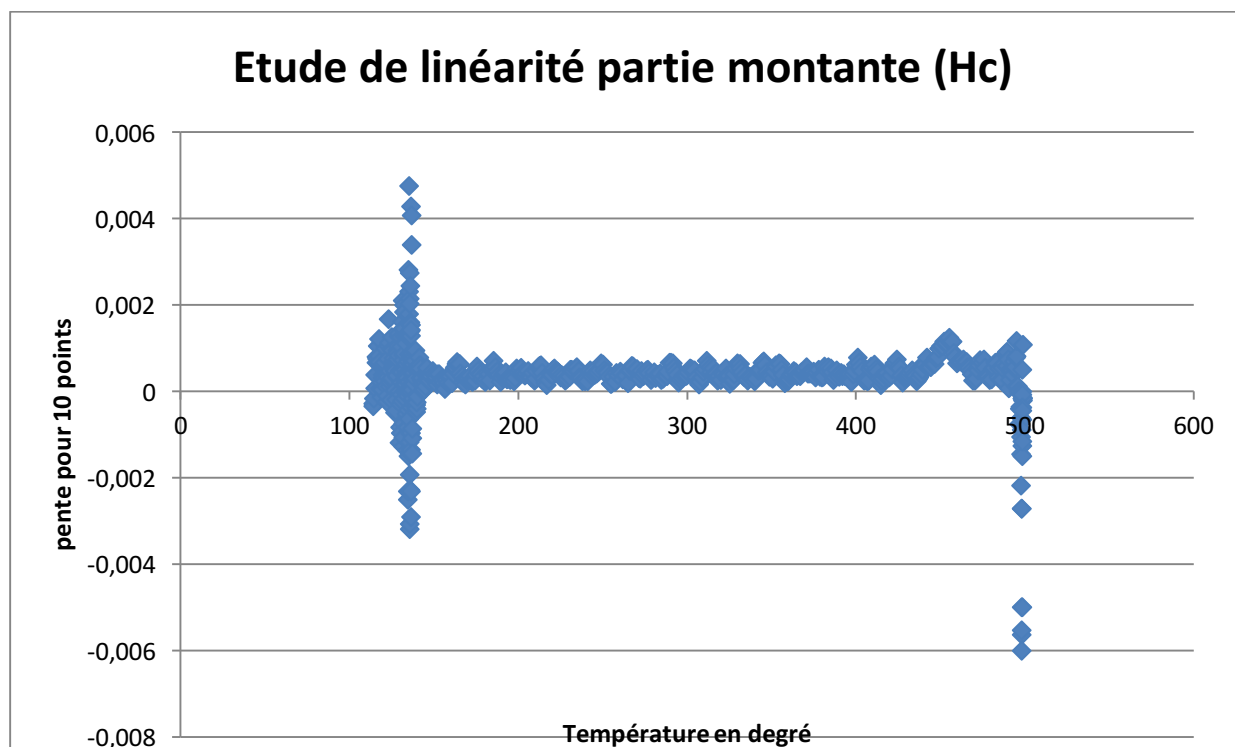


Figure 5: étude de linéarité du cobalt

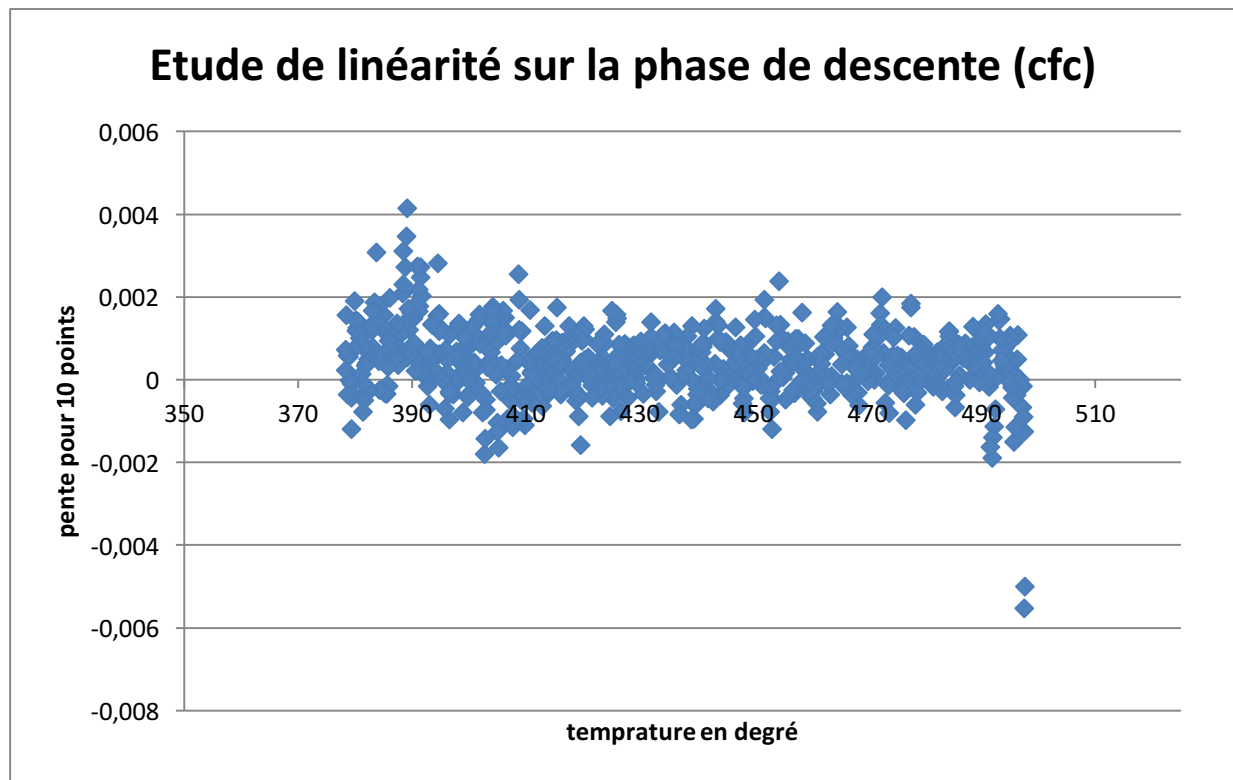


Figure 6: étude de linéarité du cobalt

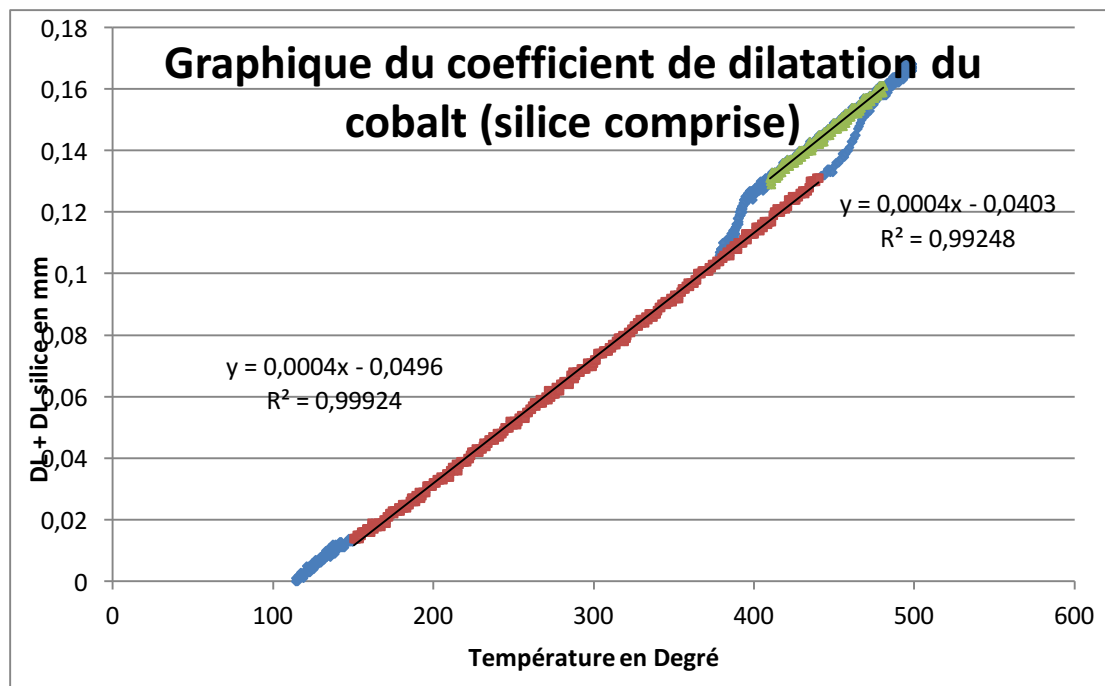


Figure 7: Graphique de l'évolution de la dilatation du cobalt

On calcul alors comme pour l'époxy le coefficient de dilation

On a : $\alpha_{HC} = \alpha_{CFC} = 13.1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Cette valeur semble correcte car elle est du même ordre de grandeur que le coef des autres métaux.

Conclusion :

Ce Tp nous a permis de d'estimer les valeurs de coefficient de dilatation de façon moyennement précise. Cette méthode continue à être utiliser dans les laboratoires pour évaluer les propriétés thermiques d'un matériau et vérifier si les caractéristiques attendues sont correctes.

Nous connaissons maintenant les ordres de grandeurs de ces deux matériaux