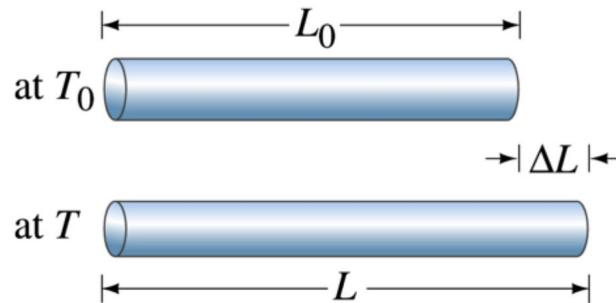




## TP Dilatation thermique

MSE 215 Introduction à la  
science des matériaux TP  
2025

Dilatation thermique = Variation de **volume** lors d' une variation de température

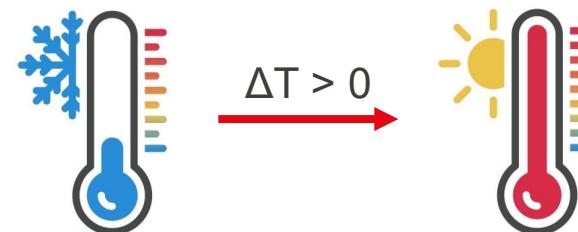


$$l_T = l_{T_0} (1 + \alpha (T - T_0))$$

$$\Delta l = l_{T_0} \alpha \Delta T$$

$\alpha$  = coefficient de dilatation linéaire

exemple : fluide dans un thermomètre



# Dilatation thermique: Pourquoi?

A l' échelle atomique, les atomes **vibrent** autour de leur position moyenne.

Cette position moyenne de vibration est décrite par le potentiel de Lennard – Jones, liant la distance entre deux atomes ( $r$ ) et l' énergie potentielle d' interaction ( $W$ ).

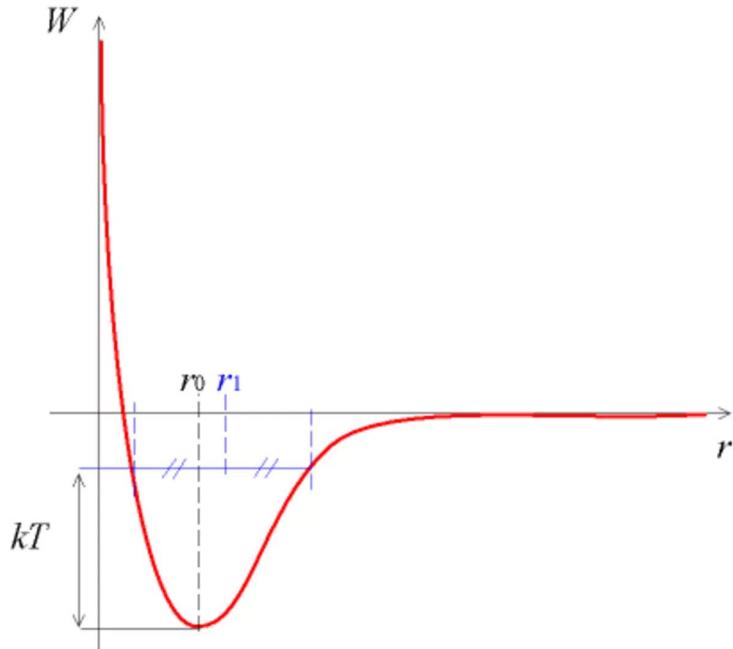
On a donc:

$$T_1 > T_0 \Rightarrow W_1 > W_0 \Rightarrow r_1 > r_0$$

Pour un gaz:

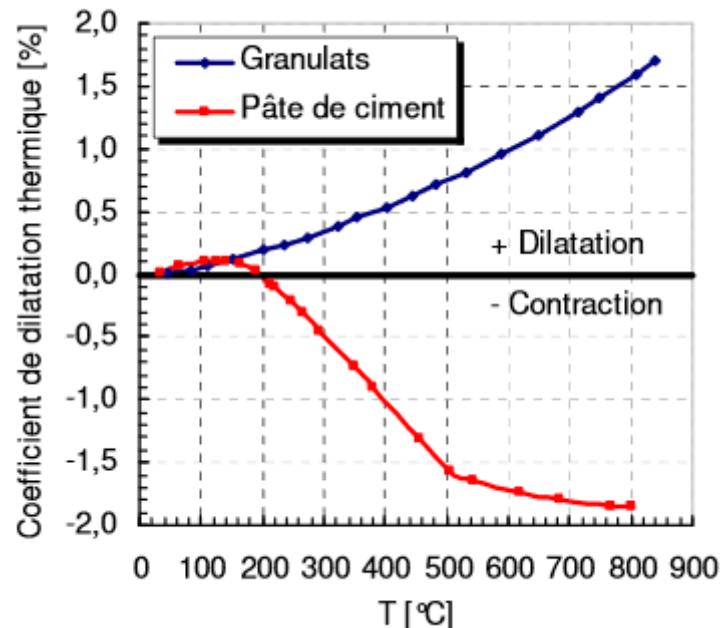
Lors d' un réchauffement, la quantité de mouvement des particules qui le composent augmente.

A volume constant la pression augmente



$r_i$ : point médian du mouvement

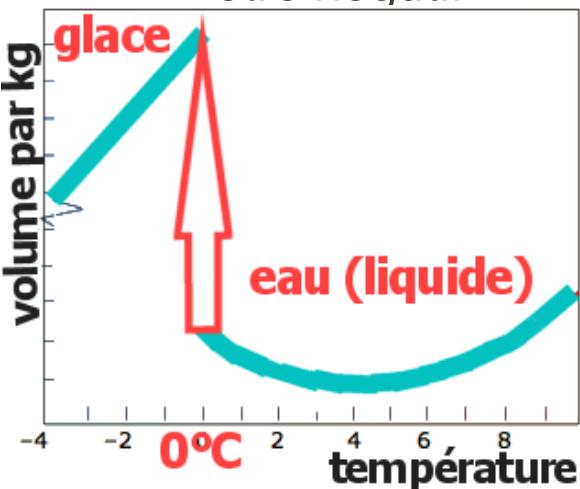
# Un exemple : la dilatation de la pâte de ciment et de granulats



Evolution du coefficient de dilatation thermique apparent de la pâte de ciment et des granulats en fonction de la température  
(Al Nahhas 2004)



Le coefficient de dilatation thermique peut-être négatif



# Assemblage de matériaux : des problèmes



TRAFFIC FERROVIAIRE

## Canicule: la dilatation des rails engendre des retards

Des lignes de train ont été interrompues cette semaine suite à la montée des températures



Hiver



Eté  
+ 15 cm

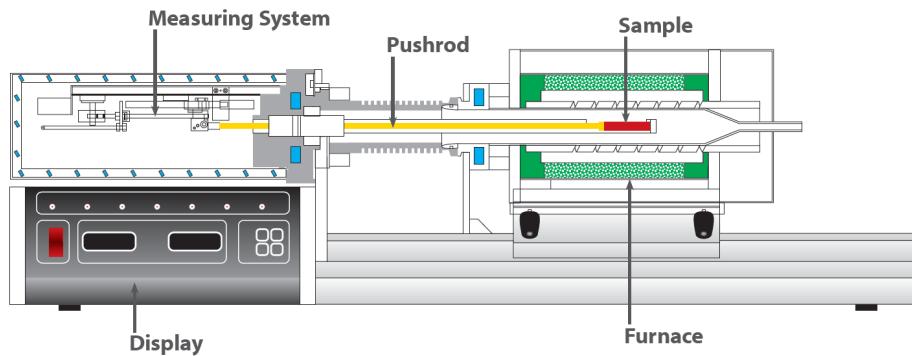


# Assemblage de matériaux : et des solutions Joints de dilatation

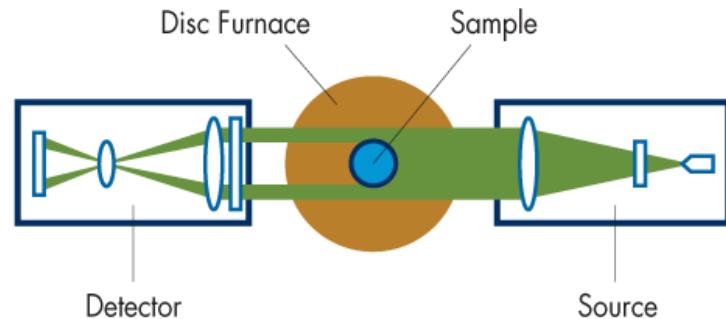


# Mesure de coefficient de dilatation thermique

Dilatomètre à  
poussoir



Dilatomètre  
Optique



→ alternative: le bilame

Il suffit de coller le matériau de coefficient de dilatation inconnu sur un matériau de référence et de prendre une photographie précise.

# Le bilame



La cuivre et l'acier ont la même longueur

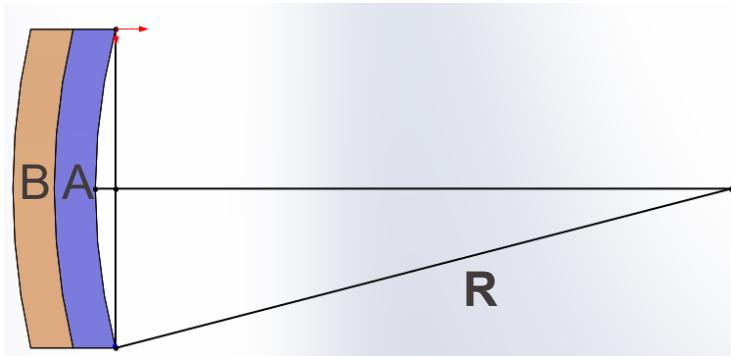


Le cuivre se dilate plus que l'acier



La **courbure** dépend des **épaisseurs**, des **modules** et des **coefficients de dilatation** des deux constituants du bilame.

# Le bilame : la courbure



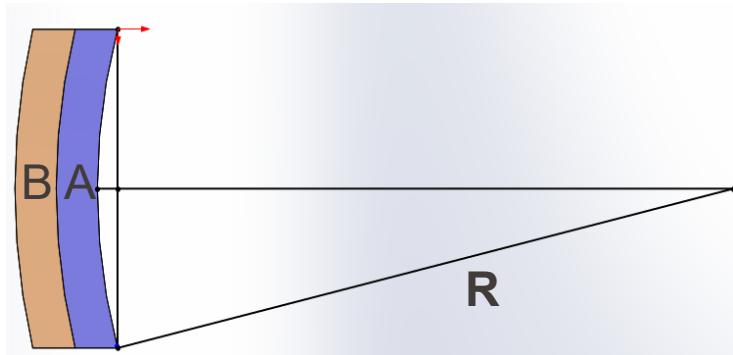
si les deux matériaux ont la même épaisseur  $h$ , la courbure s' écrit :

$$\kappa = \frac{12(\alpha_B - \alpha_A)\Delta T}{h(E_A/E_B + E_B/E_A + 14)}$$

$$R = \frac{1}{|\kappa|}$$

$E_A, E_B$  = modules d' Young

# Le bilame : la courbure



si les deux matériaux ont la même épaisseur  $h$ , la courbure s' écrit :

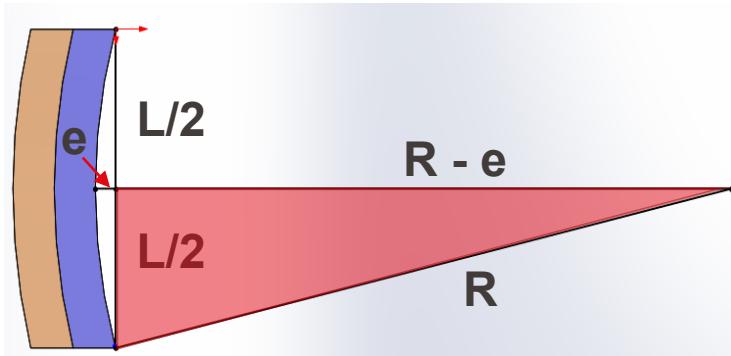
$$\kappa = \frac{12(\alpha_B - \alpha_A)\Delta T}{h(E_A/E_B + E_B/E_A + 14)}$$



la courbure peut-être positive ou négative

pour le TP, les échantillons ont été collés à 120°C et photographiés à 20°C  
d'où  $\Delta T = -100^\circ\text{C}$  et donc  $\kappa > 0$  si  $\alpha_A > \alpha_B$

# Le bilame : comment mesurer la courbure ?

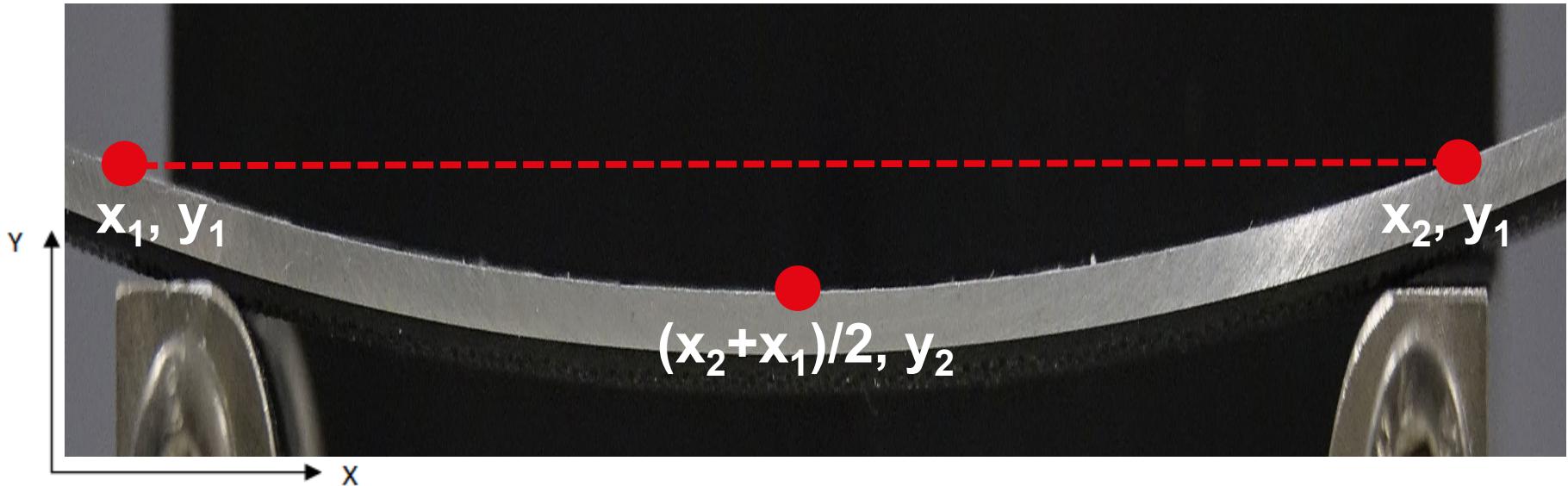


$$R^2 = (L/2)^2 + (R - e)^2$$



$$R = \frac{1}{2} * \left( \frac{L^2}{4e} + e \right)$$

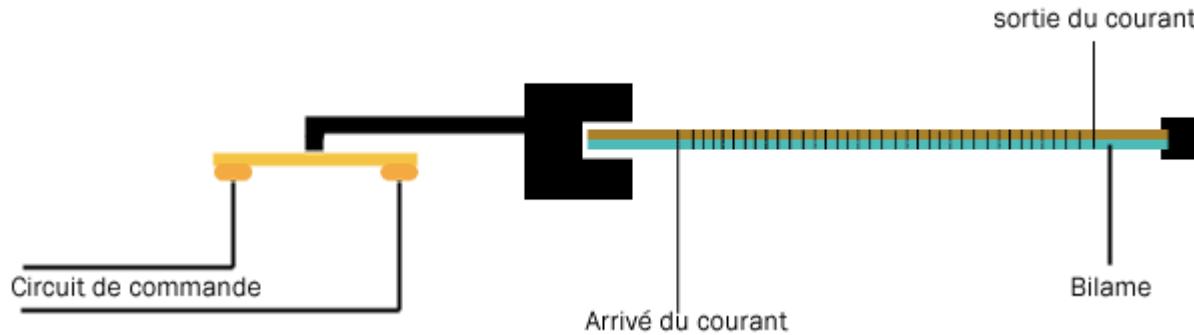
# Le bilame : comment mesurer la courbure ?



$$L = x_2 - x_1$$

$$e = y_1 - y_2$$

# Le disjoncteur thermique : un bilame



Lorsque le courant le traversant est supérieur au calibrage du relais thermique, cela crée une élévation de température sur le circuit qui va déformer le bilame et ainsi ouvrir le circuit de commande.

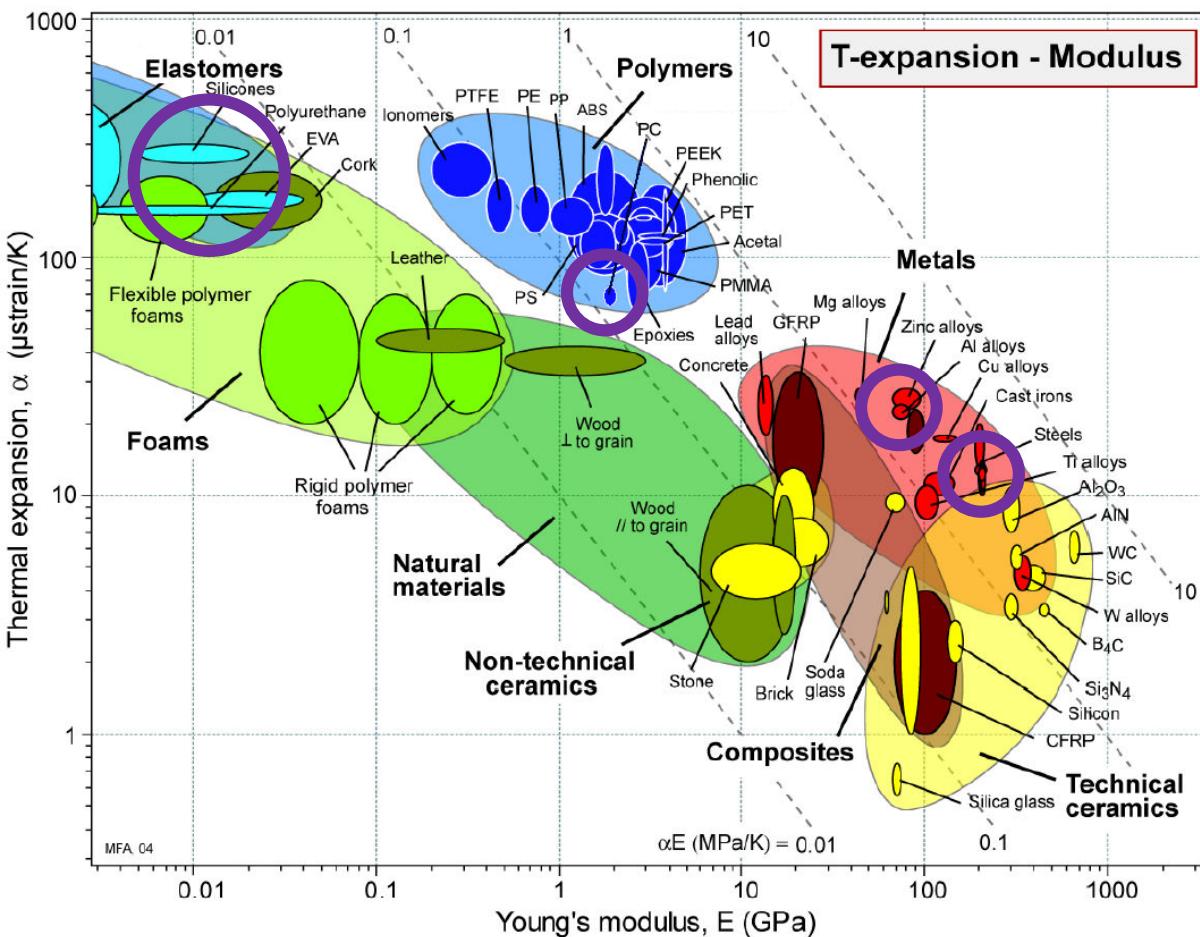
# Determination d'un Acier par la méthode du bilame

Trois matériaux au choix pour le bilame:

- Aluminium 6082
- Polycarbonate (PC)
- Caoutchouc Butyl (Elastomer)

	E [GPa]	$\alpha$ [ $10^{-6} \cdot K^{-1}$ ]	Température [°C]
<b>Acier 1.2312</b>	205	12.8	[20;200]
<b>Acier Inox 1.4310</b>	200	17.5	[20;300]
<b>Aluminium 6082</b>	70	-	[20;200]
<b>Polycarbonate</b>	2.3	-	[-40;149]
<b>Caoutchouc butyl</b>	$2.6 \cdot 10^{-3}$	-	[20;150]

# Dilatation thermique en fonction du Module d'Young<sup>15</sup>



$$\kappa = \frac{12(\alpha_B - \alpha_A)\Delta T}{h(E_A/E_B + E_B/E_A + 14)}$$

$$R = \frac{1}{|\kappa|} \quad 0.3 < R < 2 \text{ m}$$

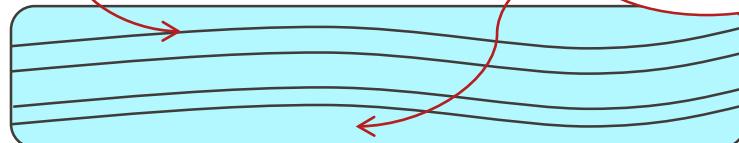
- Aluminium 6082
- Polycarbonate (PC)
- Caoutchouc Butyl (Elastomer)

# Bilames à mesurer

Bilame			
Matériaux 1	[mm]	Matériaux 2	[mm]
Alu	0.9	Composite 0°	0.55
Alu	0.9	Composite 90°	0.55
Alu	0.9	Polycarbonate	1
PC	1	Acier Inox	0.25

Fibre de Carbone

Résine Epoxy



Composite 0°



Composite 90°