

# Extensométrie

extensométrie

« **l'ensemble des techniques permettant la mesure de déformations** » sans impliquer *a priori* aucune condition particulière quant à la nature du corps étudié

# Jauges extensométriques (1)

## Piézorésistance:

le changement de conductibilité d'un matériau dû à une contrainte mécanique (mise en évidence par Lord Kelvin en 1856).

- alliage 55%Cu-45%Ni, 200° C, couramment utilisé
- alliage 74%Ni-20%Cr-3%Cu-3%Fe, 350° C, meilleure sensibilité
- 92%Pt-8%W, meilleure résistance
- silicium, 50 à 100 fois plus de sensibilité, moins bonne linéarité, très sensible à la T° C

## Jauges extensométriques (2)

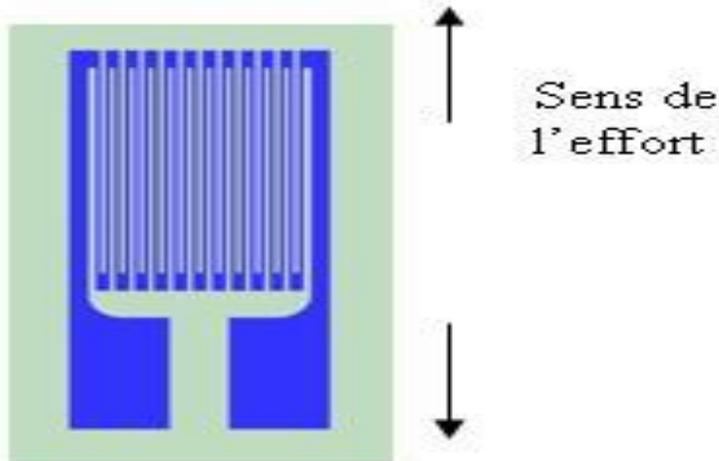
### **jauges simples:**

un fil en constantan (Cu-Ni), d'un diamètre de 0,03 à 0,05 mm, collé en spires rapprochées sur un support mince (papier, puis résine synthétique) et terminé par des connexions appropriées, ramenées à la même extrémité de la jauge.

## Jauges extensométriques (3)

**jauges à trame** (*jauges imprimées*):

- obtenue à partir d'une feuille métallique mince (quelques micromètres)
- et d'un support isolant (résine synthétique),



La longueur de grille: 0,2 mm à 100 mm

## Jauges extensométriques (4)

- une jauge est constituée par un fil très fin collé sur un support mince selon un arrangement particulier
- le fil est principalement aligné selon une direction → direction de mesure
- la jauge est collée sur la pièce à l'endroit où l'on veut mesurer les déformations (mesure locale)

## Principe des jauges (1)

Les brins de fil constituant la jauge étant alignés suivant la direction  $\varepsilon_x$ ,

→ en première approximation, le fil subit les mêmes déformations que la surface

→ le fil subit les mêmes déformations que s'il était tendu par ses extrémités.

## Principe des jauges (2)

un fil fin soumis à une traction, il s'allonge  $\varepsilon$  sous l'effet de la charge, et sa section diminue ( $-\nu\varepsilon$ ,  $\nu$  étant le coefficient de Poisson).

la résistance d'un fil conducteur est :

$$R = \rho * (l/s)$$

$\rho$ : résistivité,  $l$ : longueur,  $s$ : section

par dérivation logarithmique:

$$\Delta R/R = \Delta \rho/\rho + \Delta l/l - \Delta s/s$$

## Principe des jauges (3)

$$\Delta R/R = \Delta \rho/\rho + \Delta l/l - \Delta s/s$$

$$\rightarrow \Delta R/R = \Delta \rho/\rho + \Delta l/l (1 + 2 \nu)$$

en première approximation, on admet que la résistivité  $r$  est constante, on a

$$\Delta R/R = k * \Delta l/l$$

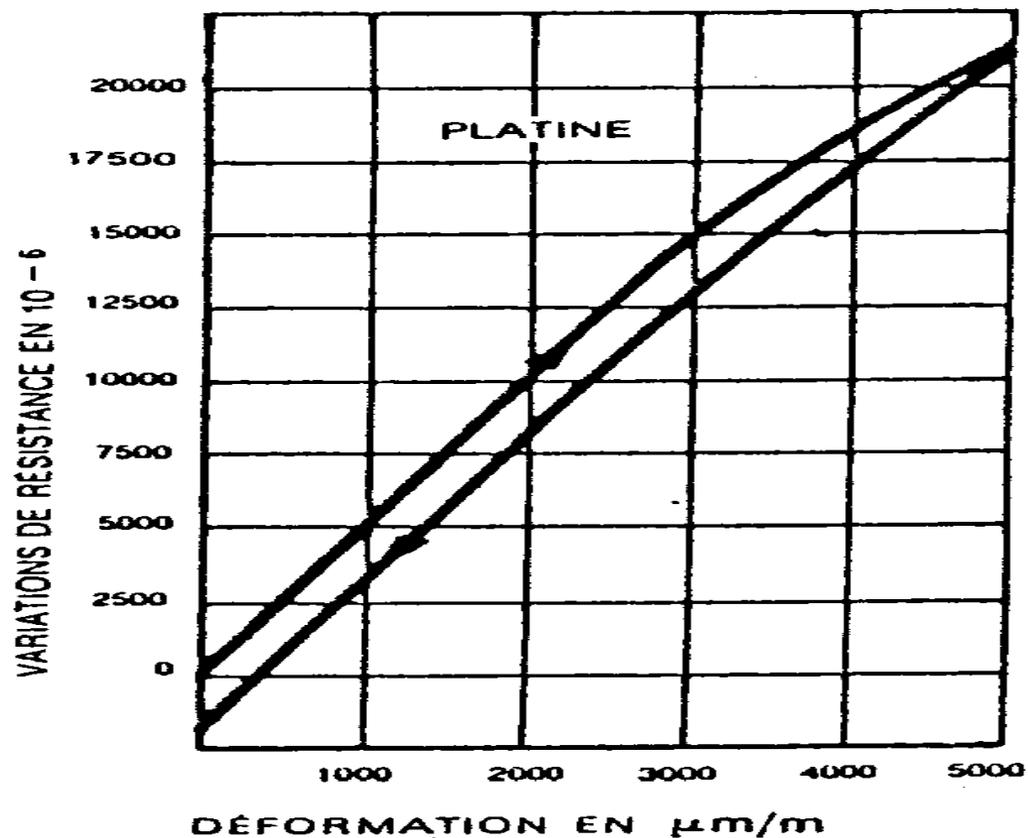
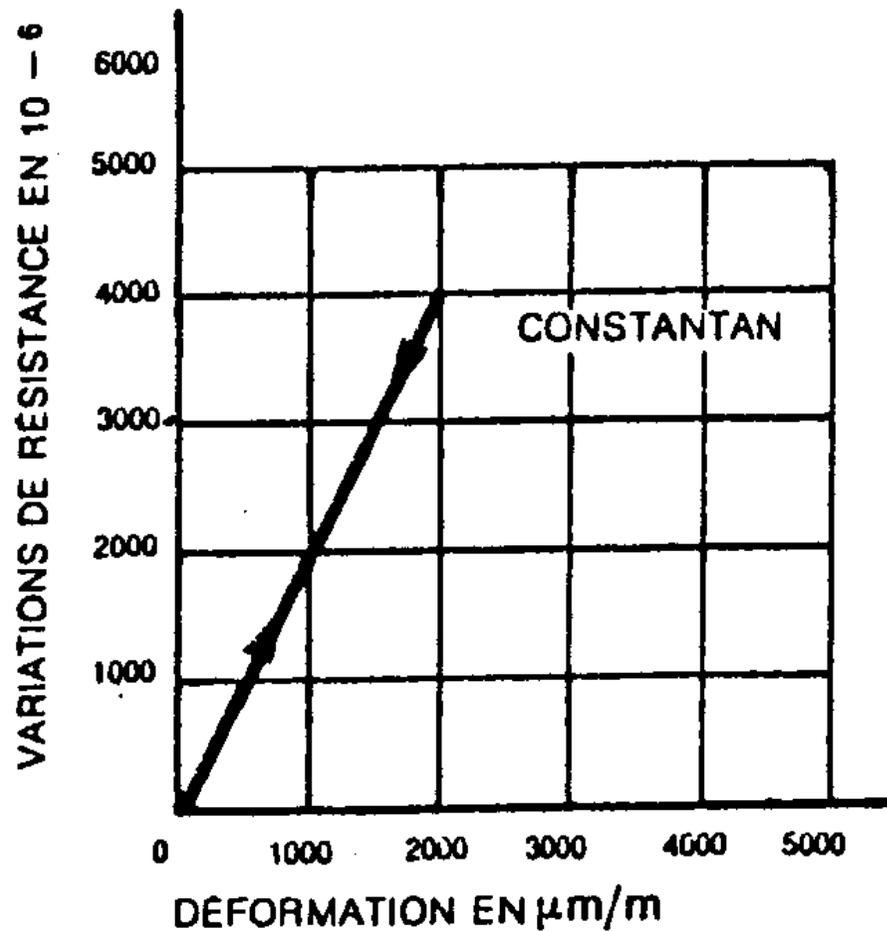
$k = (1 + 2 \nu)$  dépend des matériaux

$k = 2$  pour nickel-chrome

$k = 3,2$  pour fer-chrome-molybdène

$k = 0,5$  pour cuivre-nickel-manganèse

# Principe des jauges (4)

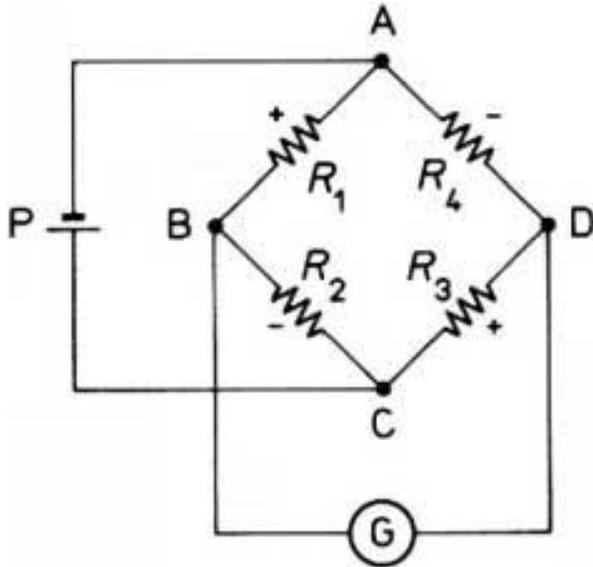


## Application à la mesure (1)

La mesure ne peut s'effectuer directement car les variations de conductibilité de la jauge sont trop faibles.

Il est nécessaire de faire un montage en pont de Wheatstone.

## Principe des jauges (2)



- quatre résistances  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  et  $R_4$  montées en pont;  $R_1 R_3 = R_2 R_4$ , les variations de  $R_1$  et  $R_3$  agissent dans le même sens,  $R_2$  et  $R_4$  agissent en sens contraire,  $V_S$  est nulle à l'équilibre;
- on alimente par une source électromotrice  $V_E$  suivant AC;
- la variation d'une quelconque des résistance fait apparaître une tension  $V_S$  entre B et D.

Pour de très faibles variations (de l'ordre du microohms), la sortie  $V_S$  est proportionnelle aux variations relatives  $\Delta R/R$  de chacune des résistances,

$$V_S = V_E/4 (\Delta R_1/R_1 + \Delta R_2/R_2 + \Delta R_3/R_3 + \Delta R_4/R_4)$$

Dans la pratique, ces résistances sont d'autres jauges (une, deux ou quatre).

# Principe des jauges (3)

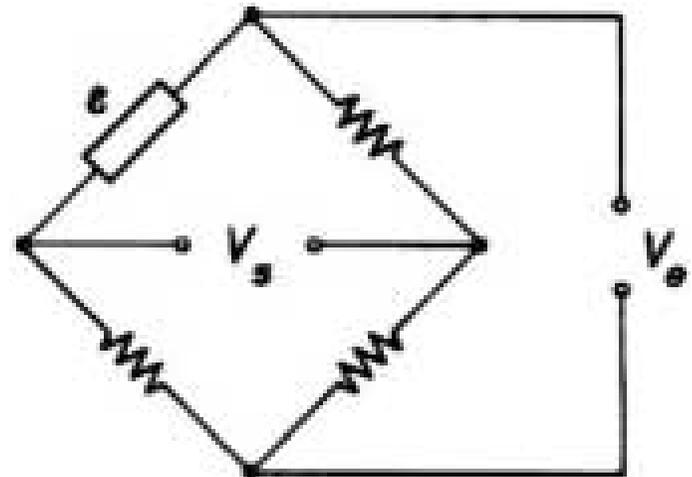
Montage en Quart de pont: une jauge + trois résistances

simple et le moins cher mais avec nombreux inconvénients :

- La jauge étant éloignée des résistances → prendre en compte la résistance induite par la longueur de câble.
- La tension alimentant la jauge diminue de la somme des variations de tension rencontrées sur les câbles. La sensibilité du capteur s'en trouve alors amoindrie...

Des corrections sont indispensable à ce type de montage tel que l'étalonnage "shunt" du système de mesures.

$$V_S / V_E = k_\epsilon \cdot 10^{-3} / (4 + 2 k_\epsilon \cdot 10^{-3})$$



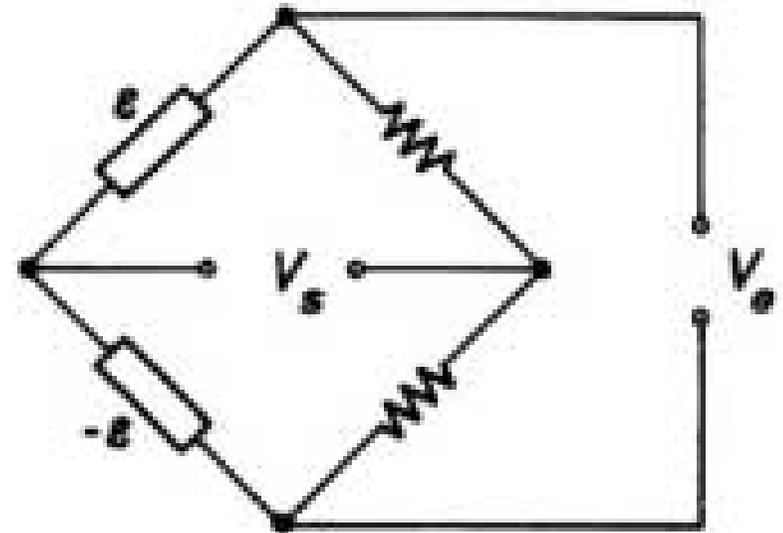
# Principe des jauges (4)

Montage en demi-pont :

Deux jauges actives soumises à des déformations égales et de signes contraires. Cas d'une poutre en flexion, par exemple.

Le montage demi-pont est couramment utilisé lorsque l'on souhaite faire des corrections en température sur matériaux à mesurer.

$$V_S / V_E = k_\epsilon \cdot 10^{-3} / 2$$

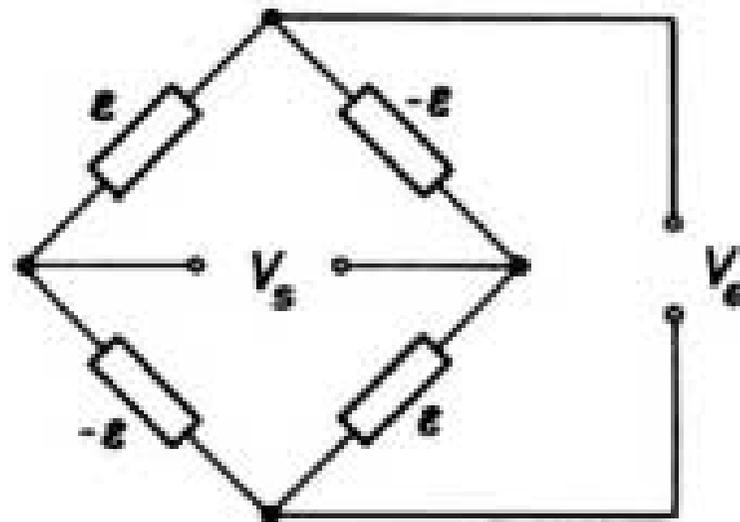


# Principe des jauges (5)

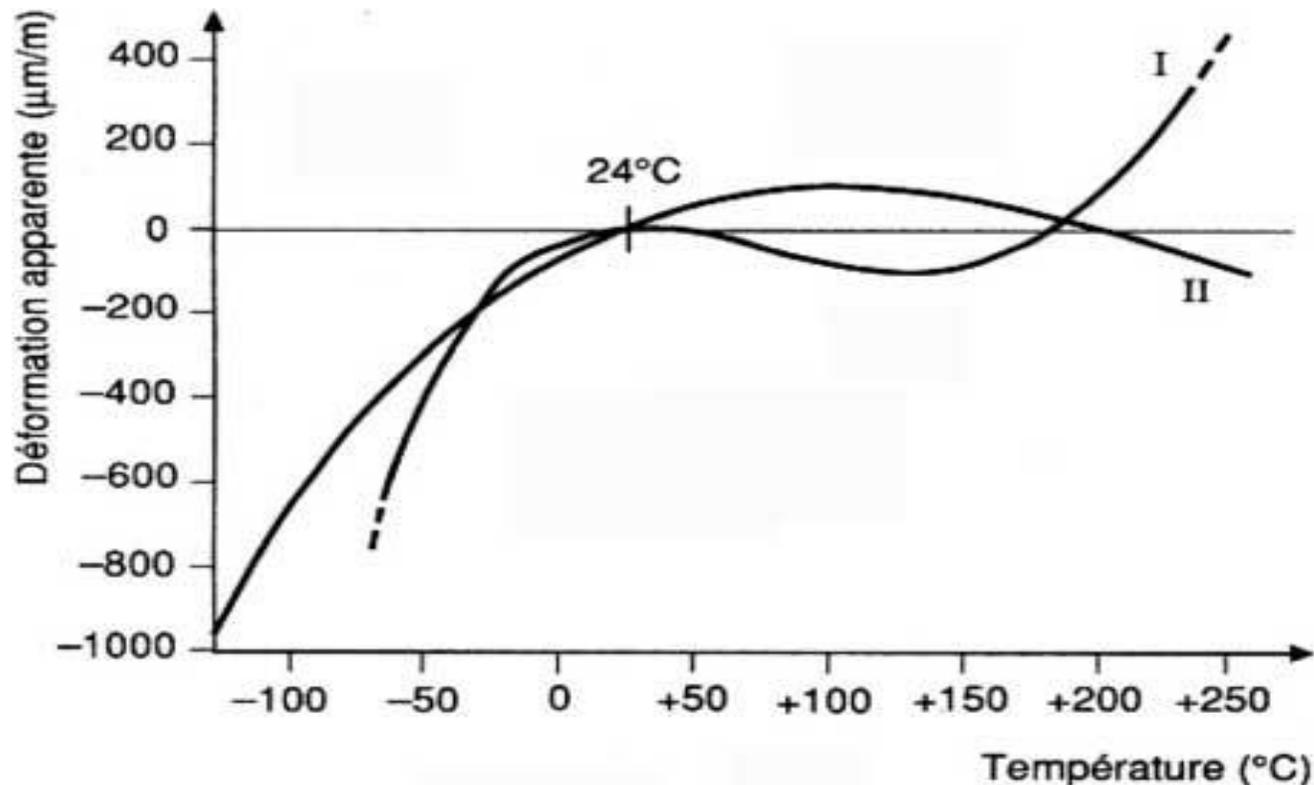
Montage en pont complet:

Quatre jauges actives subissant des déformations égales, deux à deux de signes opposés. Par exemple, torsion d'un arbre.

$$V_S / V_E = k_\epsilon \cdot 10^{-3}$$



# Principe des jauges (6)

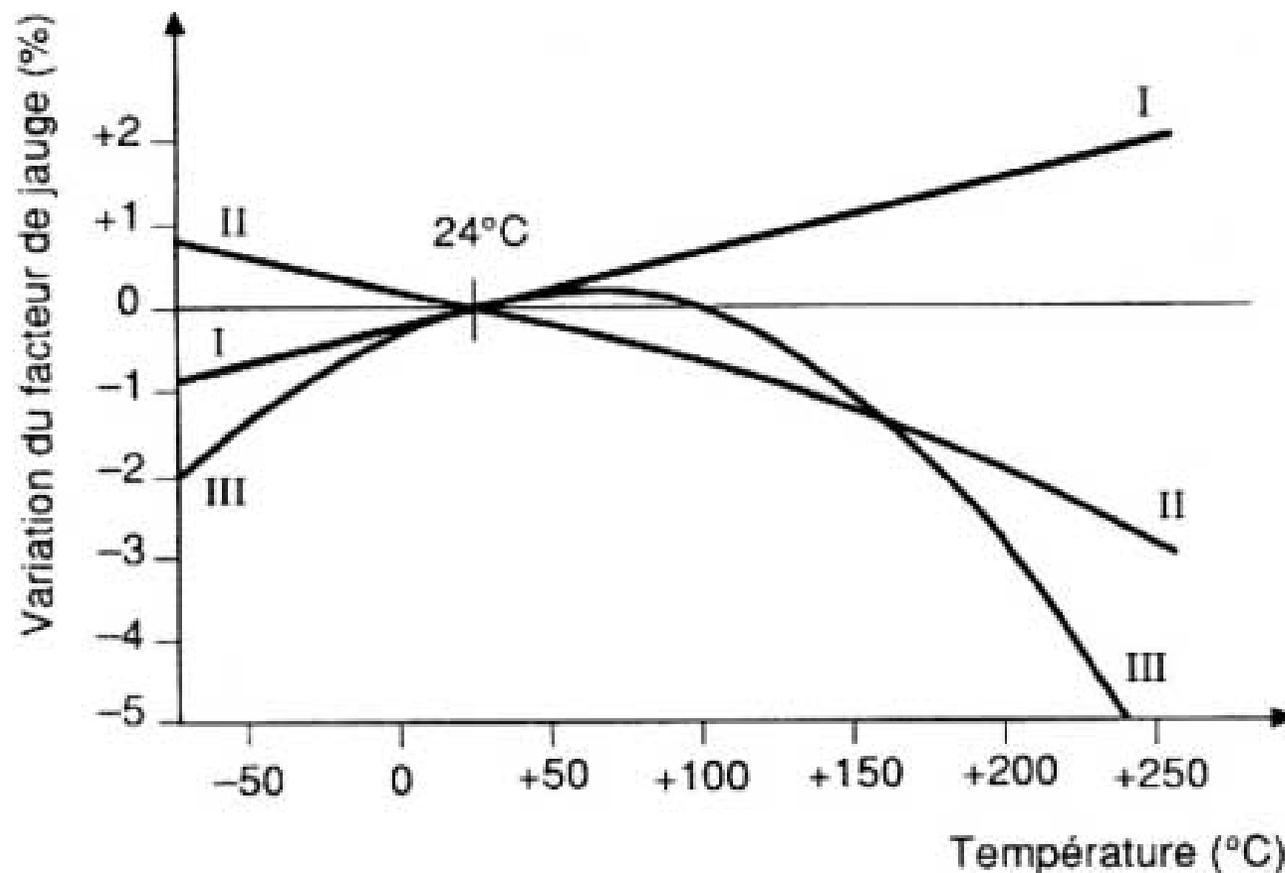


- une variation de résistance
- la différence des coefficients de dilatations

Les deux courbes sont relatives à deux jauges constituées de métaux différents :

- I alliage de constantan
- II alliage de Karma

# Principe des jauges (7)

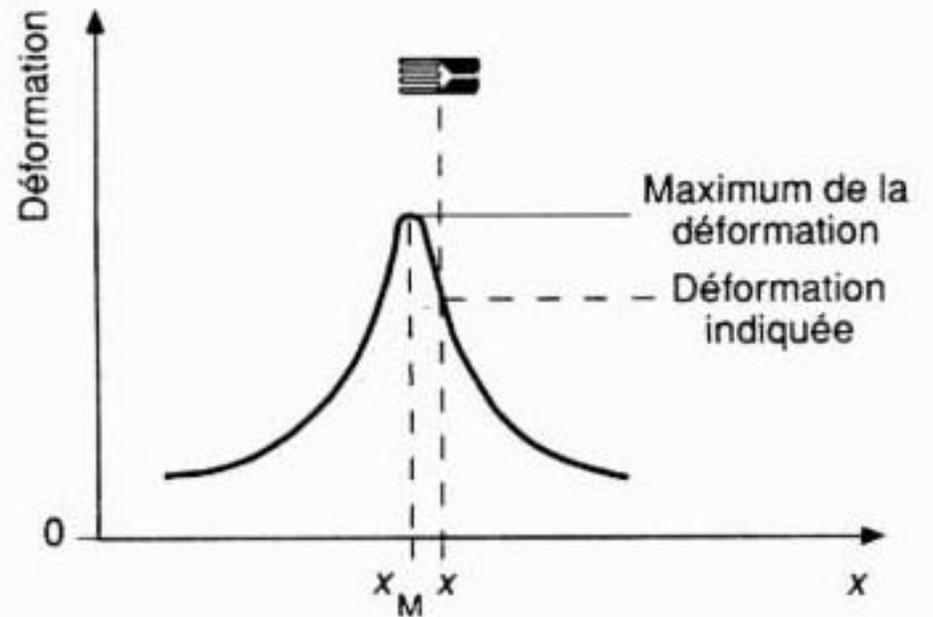
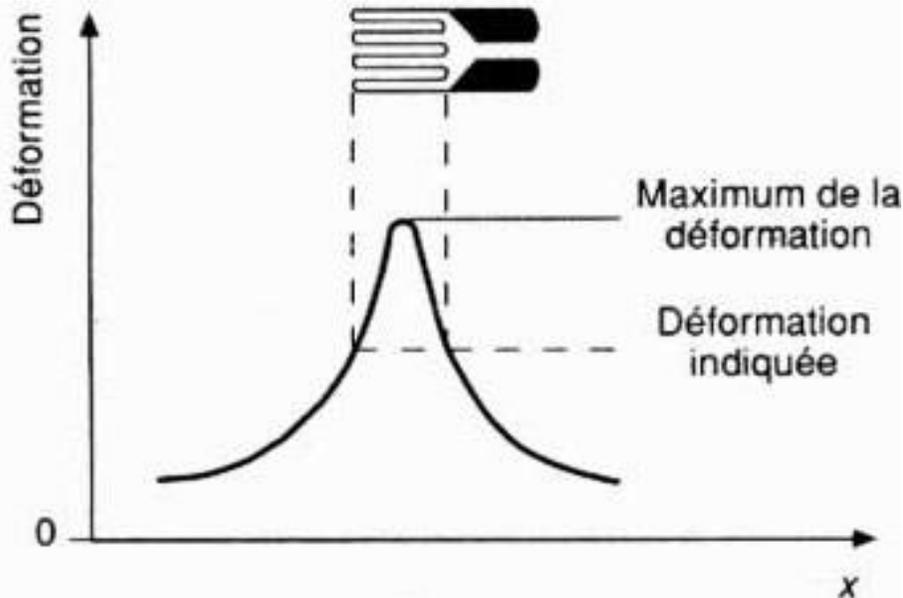


Variation du  
facteur de jauge  
en fonction de la  
température

Les courbes I, II, III sont relatives à trois métaux différents utilisés pour la fabrication des jauges.

# Limites (1)

Dimensions et emplacement de la jauge:



## Limites (2)

Limites d'élongation maximale d'une jauge

- hautes performances à support renforcé de fibre de verre → 10 000 ou 20 000  $\mu\text{m}/\text{m}$ .
- usage courant à support de polyimide → 50 000  $\mu\text{m}/\text{m}$  à 100 000  $\mu\text{m}/\text{m}$  pour les grandes tailles.
- sans support (collées avec ciment céramique) → 5 000  $\mu\text{m}/\text{m}$ .
- jauges **grandes élongations** jusqu'à 200 000  $\mu\text{m}/\text{m}$ ,