

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)

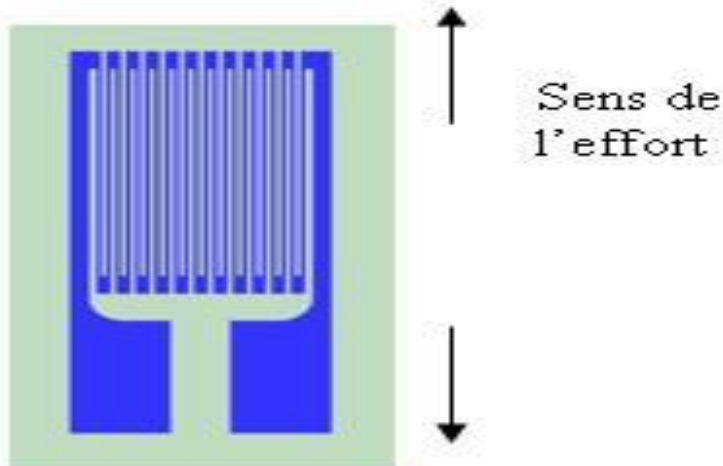
jauges simples:

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 ε_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 ε sous l'effet de la charge, et sa section diminue ($-\nu\varepsilon$, ν étant le coefficient de Poisson).

la résistance d'un fil conducteur est :

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

ρ : 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

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

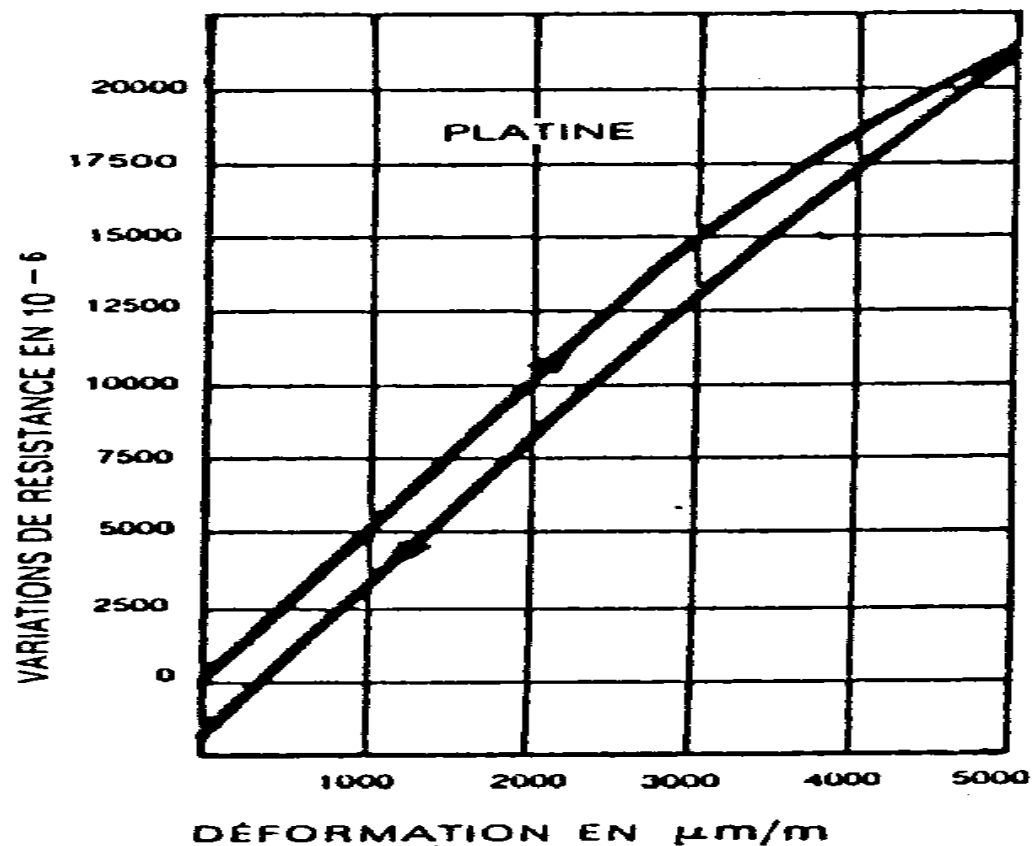
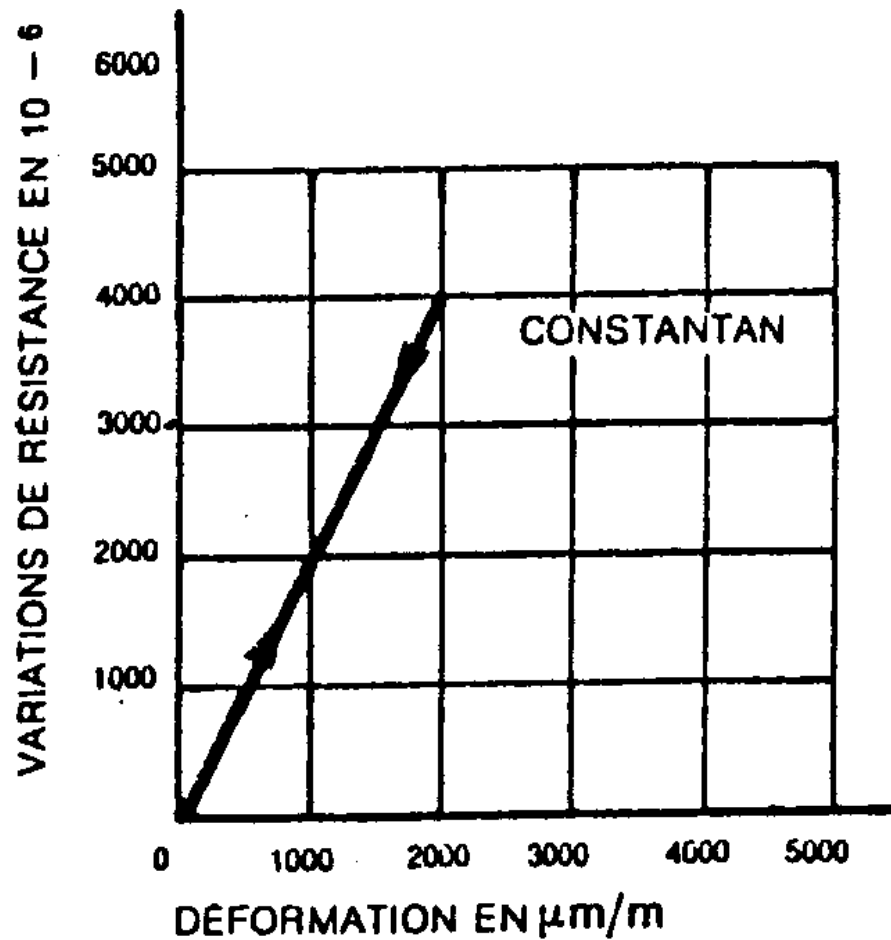
$k = (1 + 2 \nu)$ dépend des matériaux

$k = 2$ pour nickel-chrome

$k = 3,2$ pour fer-chrome-molybdène

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

Principe des jauges (4)

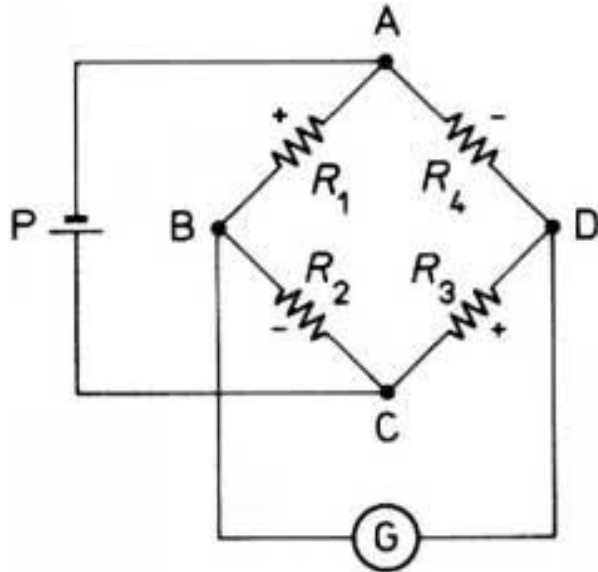


Application à la mesure (1)

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)

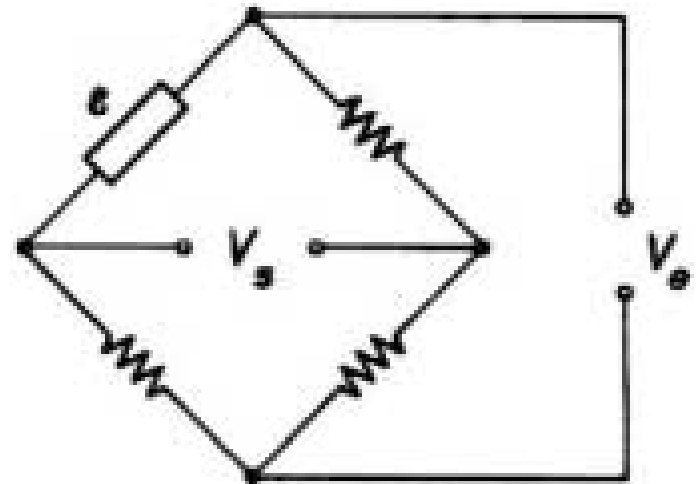
Montage en Quart de pont: une jauge + trois résistances

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 indispensables à ce type de montage tel que l'étalonnage "shunt" du système de mesures.

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



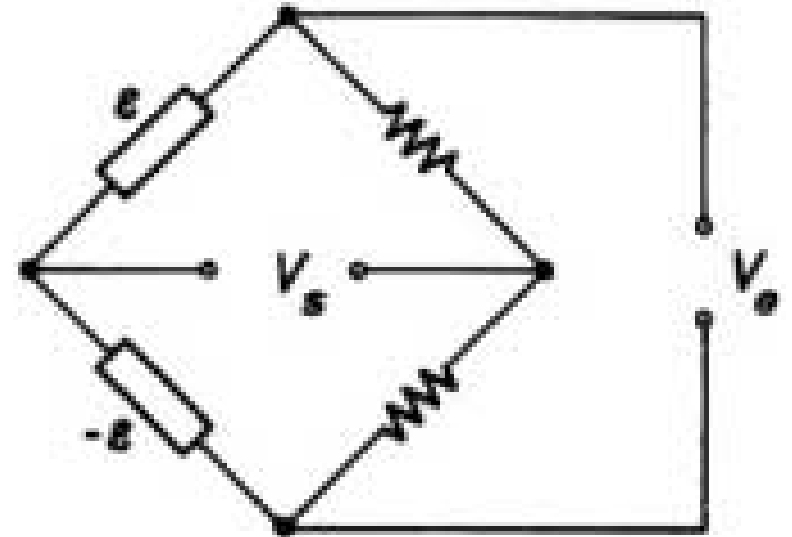
Principe des jauges (4)

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.

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

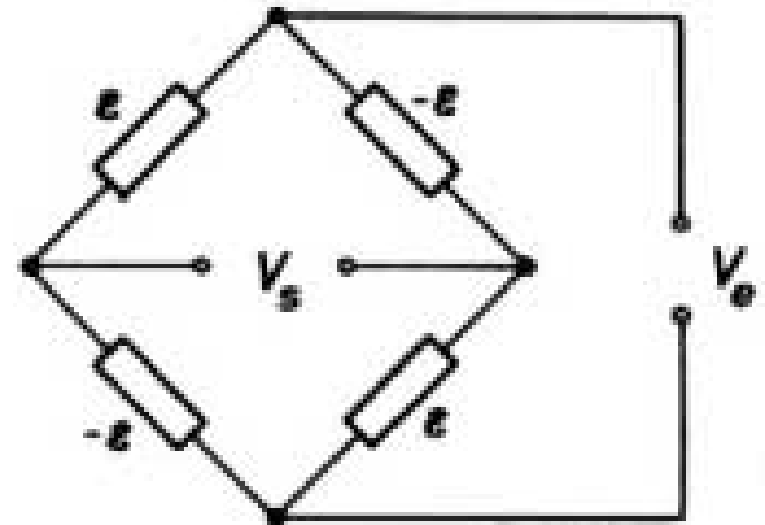


Principe des jauges (5)

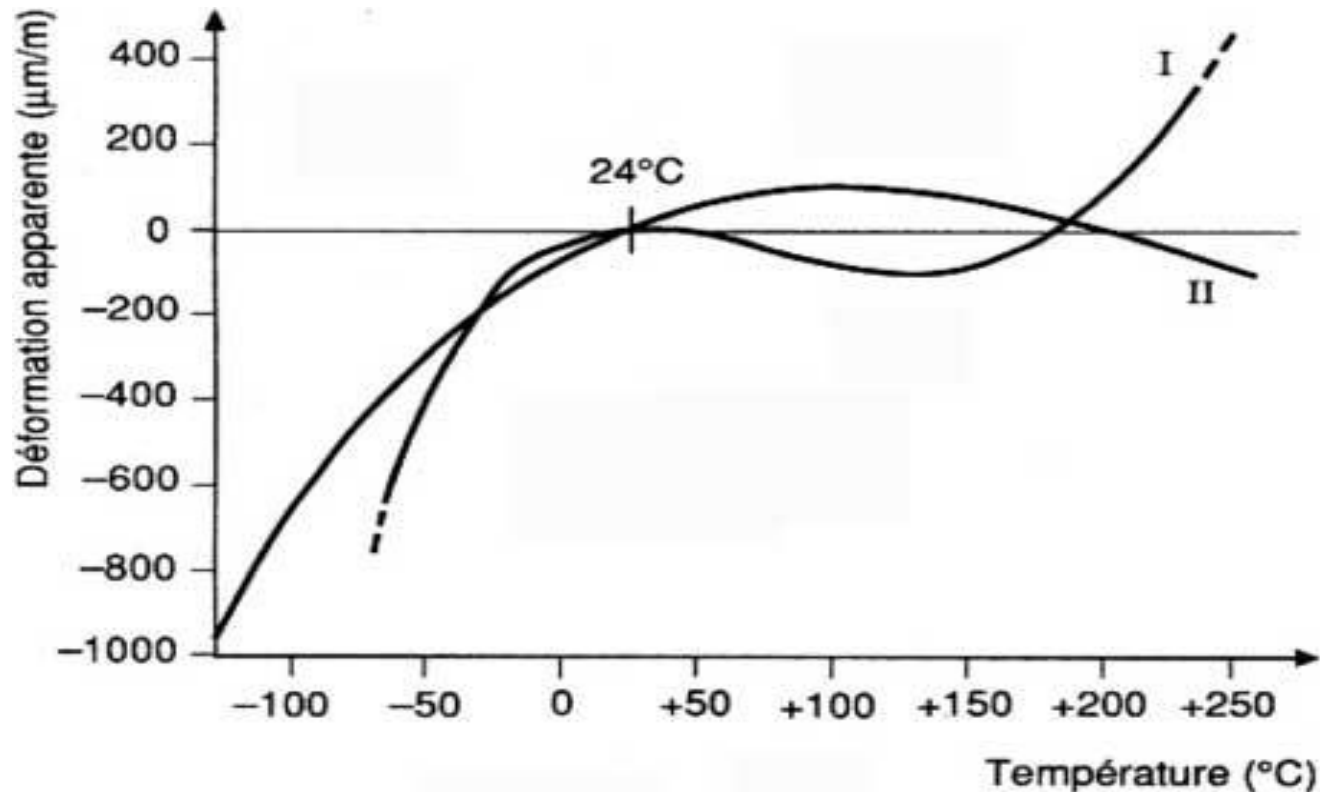
Montage en pont complet:

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)

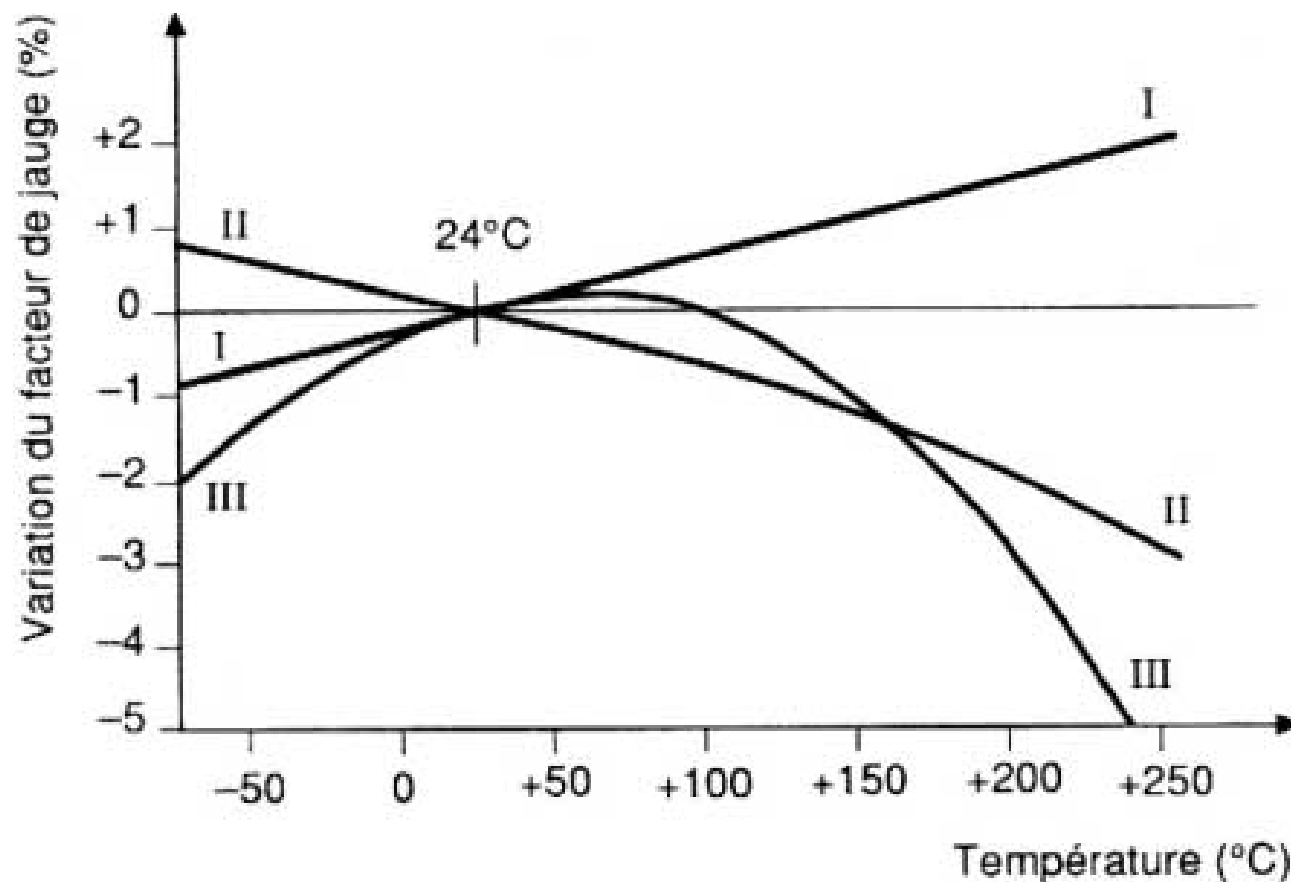


- une variation de résistance
- la différence des coefficients de dilatations

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

- I alliage de constantan
- II alliage de Karma

Principe des jauges (7)

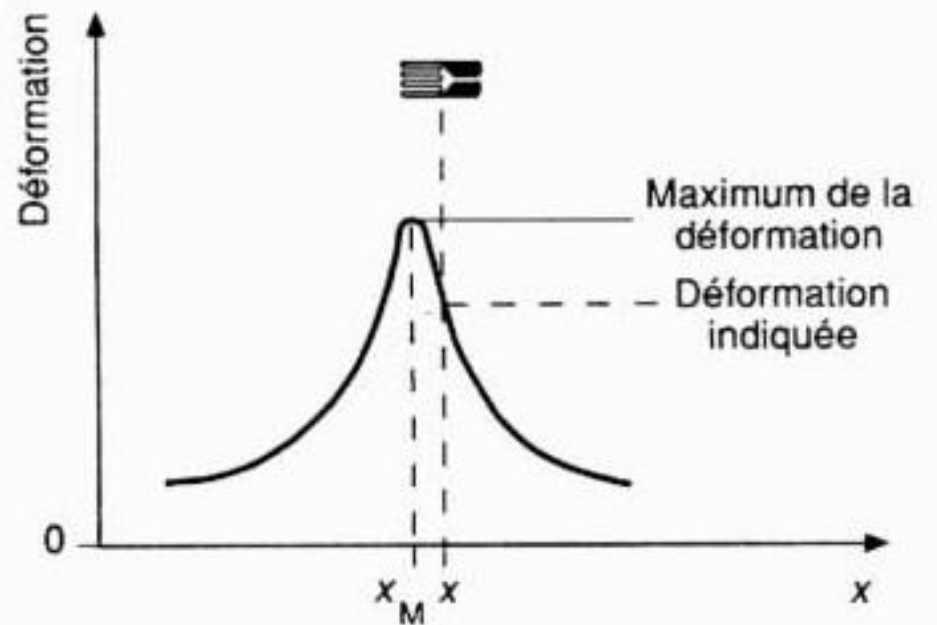
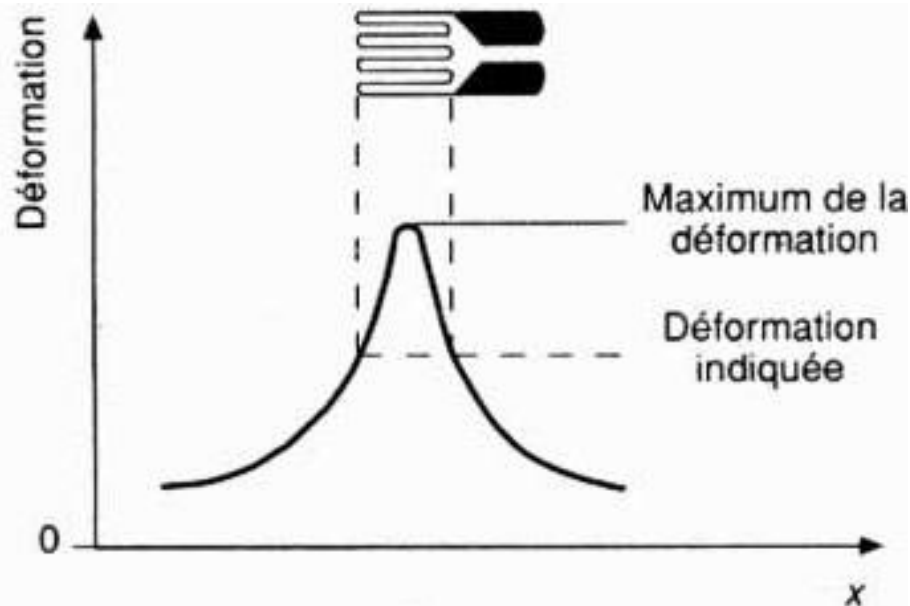


Variation du
facteur de jauge
en fonction de la
température

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 $\mu\text{m}/\text{m}$,