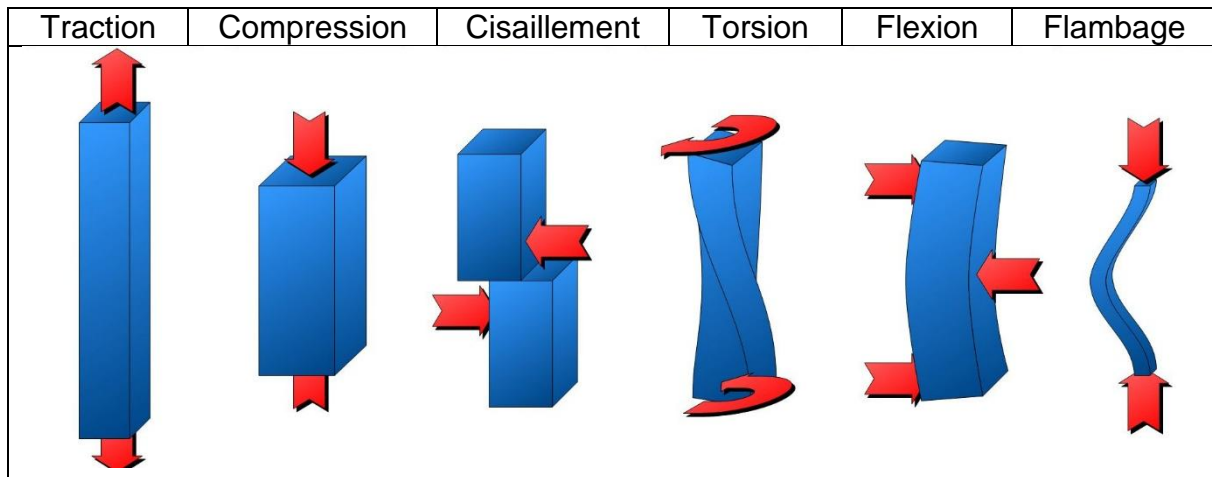


## 1. Introduction

Lorsqu'une pièce mécanique est soumise à des efforts (traction, compression, flexion...), des contraintes internes apparaissent. Ces contraintes ne sont pas visibles à l'œil nu, mais elles jouent un rôle essentiel dans :

- la résistance des matériaux,
- la durée de vie des pièces,
- les phénomènes de rupture.

Il est donc important de pouvoir **quantifier et comprendre leur répartition**.

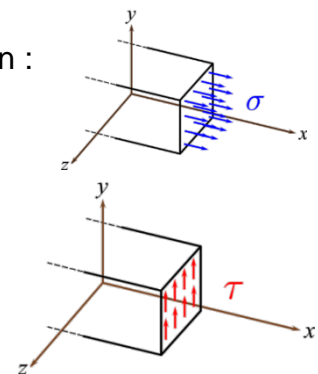


## 2. Contraintes mécaniques

Une contrainte correspond à une force appliquée par unité de surface :

- dans le cas de contraintes de **traction** ou de compression :  

$$\sigma = \frac{F}{S}$$
 avec  $\sigma$  en MPa, F en Newton et S en  $\text{mm}^2$
- dans le cas de contraintes de **cisaillement** : :  $\tau = \frac{F}{S}$ ,  
 avec  $\tau$  en MPa, F en Newton et S en  $\text{mm}^2$

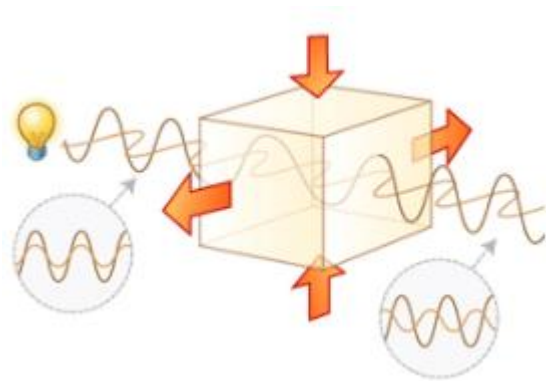


Dans une pièce réelle, ces contraintes sont rarement uniformes → elles varient dans l'espace : on parle de **champ de contraintes**.

### 3. Principe de la biréfringence

Un matériau est **biréfringent** lorsqu'il modifie la propagation de la lumière en fonction de la direction et de l'état de contrainte.

Sous contrainte, certains matériaux transparents deviennent **optiquement anisotropes** : leurs propriétés varient selon la direction considérée.



#### Effet physique

Quand une lumière polarisée traverse un matériau sous contrainte :

- elle se décompose en deux rayons
- ces rayons se propagent à des vitesses différentes
- un déphasage apparaît

Ce déphasage dépend de :

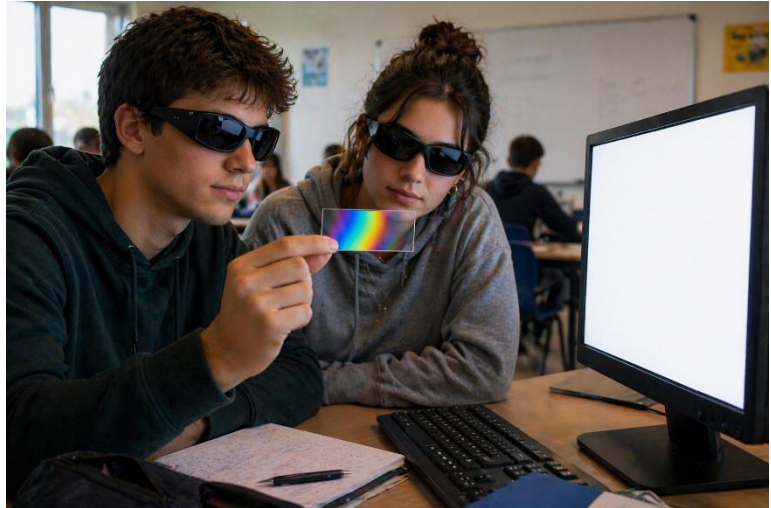
- la différence de contraintes principales
- l'épaisseur de la pièce
- les propriétés du matériau



## 4. Visualisation des concentrations de contraintes

Il faut disposer :

1. D'une source lumineuse polarisée : l'écran de l'ordinateur (ouvrir un document vierge word ou powerpoint pour avoir un fond blanc)
2. D'une pièce transparente à analyser (en plastique ou en verre)
3. D'un dispositif pour appliquer des efforts sur la pièce
4. De lunettes polarisées (exemple : lunettes pour voir les films en 3D)



**Ce que vous allez pouvoir observer :**

- Sans contrainte la couleur de la pièce est uniforme
- Sous contrainte on voit apparaître des **franges colorées ou sombres**

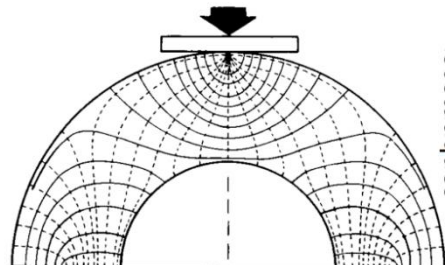
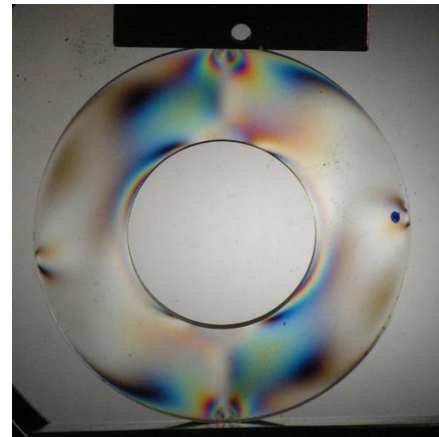
**Interprétation des franges**

- Franges serrées → fortes variations de contraintes
- Franges espacées → faibles variations
- Zones avec beaucoup de franges → concentrations de contraintes

**Zones critiques typiques**

On observe généralement des concentrations de contraintes :

- aux angles vifs
- autour des perçages
- au voisinage des défauts
- dans les changements de section



## 5. Autres méthodes de quantification des contraintes

La photoélasticimétrie est une méthode expérimentale qui permet de localiser rapidement des zones critiques mais elle nécessite des matériaux transparents ou la pose d'un film spécifique sur la pièce à analyser.  
D'autres méthodes existent pour analyser les concentrations de contraintes dans les pièces mécaniques :

### Jauges de déformation (extensométrie)

**Principe :**

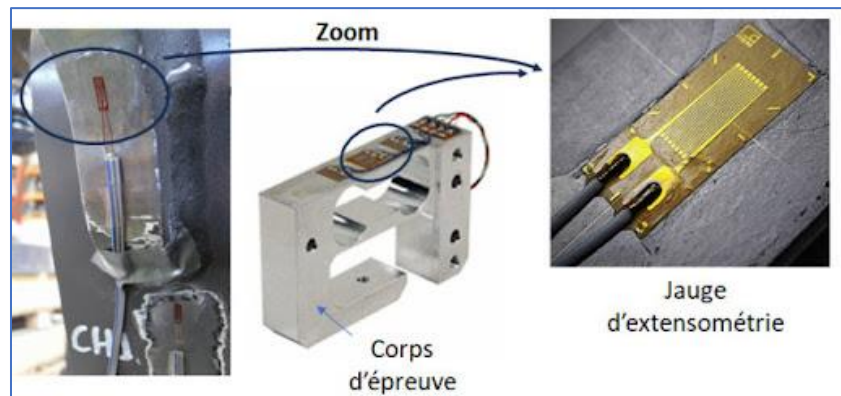
- Une jauge collée sur la pièce mesure la déformation
- La contrainte est ensuite déduite

**Avantages :**

- Très précise
- Utilisable sur pièces réelles

**Limites :**

- Mesure locale uniquement



### Méthode des éléments finis (simulation numérique)

**Principe :**

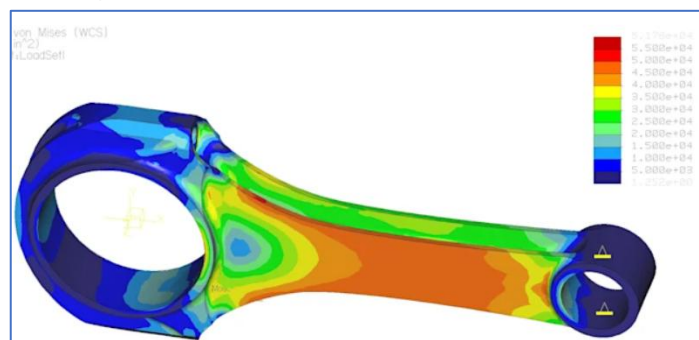
- Modélisation informatique de la pièce
- Calcul des contraintes par découpage en éléments

**Avantages :**

- Visualisation complète du champ de contraintes
- Très utilisée en industrie

**Limites :**

- Dépend fortement du modèle
- Nécessite des compétences en simulation



## Diffraction des rayons X

### Principe :

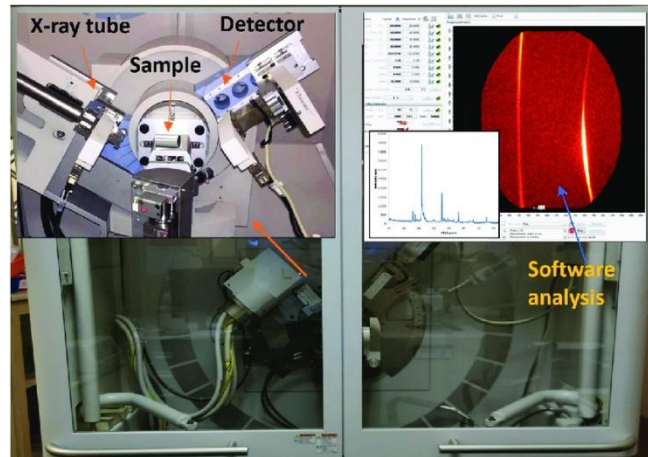
- Analyse des déformations du réseau cristallin

### Avantages :

- Mesure des contraintes résiduelles
- Très précise

### Limites :

- Matériel coûteux
- Méthode complexe



## Ultrasons

### Principe :

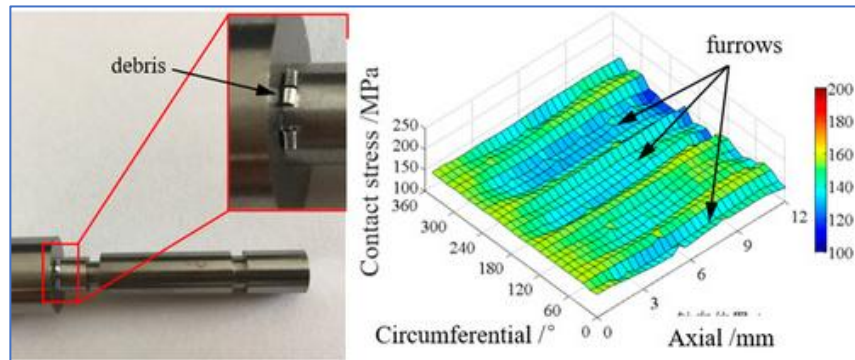
- Variation de vitesse des ondes dans le matériau

### Avantages :

- Méthode non destructive

### Limites :

- Moins précise
- Sensible aux conditions expérimentales



## 11. À retenir

- Les contraintes internes ne sont pas visibles directement
- La biréfringence permet de les visualiser
- Les discontinuités géométriques créent des concentrations de contraintes
- Plusieurs méthodes existent pour mesurer ces contraintes