

# Etanchéité statique et dynamique

---

PROJET MQ17 A2016

ETUDES DES MATÉRIAUX UTILISÉS LORS DE CONDITIONS EXTRÊMES



# Eléments d'étanchéité

## → Joints

- Assure une étanchéité
- Doit résister à la cinématique du système
- Résister à l'environnement et au temps





# Sujet

---

## **Conditions extrêmes :**

- Haute température
- Basse température
- Haute pression
- Environnement corrosif

## **Secteur et industries intéressés :**

- Aéronautique
- Aérospatiale
- Militaire
- Construction navale
- ...

Etude : 2 cas statiques – 2 cas dynamiques



# Plan

---

## **I) Joints statiques**

- Raccord filetage taraudage
- Joints plats

## **II) Joints dynamiques**

- Joints à brosse dans l'aéronautique
- Revêtement abrasable

## **Conclusion**



# Historique

---





# Joint statique

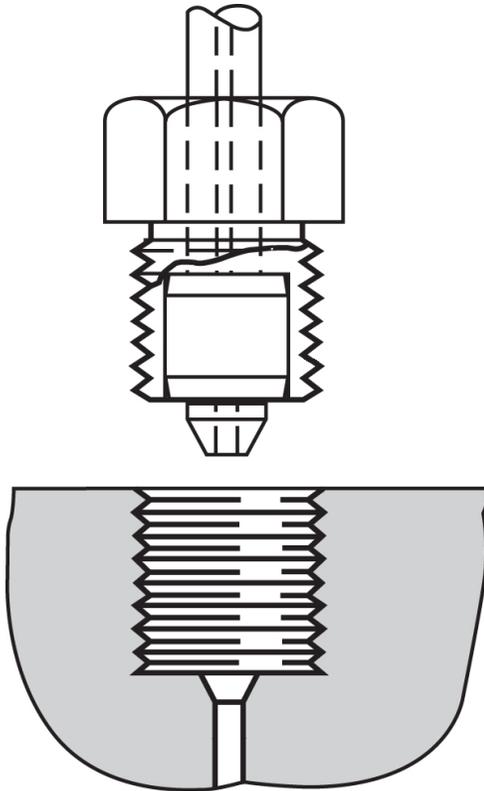
---

1° CAS : RACCORD FILETAGE TARAUDAGE



# Joint statique

## Raccord filetage taraudage



### En condition normale

-Tuyau de gaz : Kevlar + élastomère

-Tuyau d'eau : Téflon (PTFE)

Fibre de cellulose + élastomère

...

➔ Matériaux composites



# Joint statique

## Raccord filetage taraudage

**En condition extrêmes**

Utilisation de deux matériaux :

- Matériau principale
- Couche externe



Acier inox faible teneur en carbone

Alliage nickel-chrome

PTFE, Argent, Or

Base Material	Plating/Coating	Pressure Limit	Temperature Limit
SS 304	PTFE	3500*	450°F
SS 304	Silver	3500*	700°F
SS 304	Gold	3500*	700°F
17-4 PH	PTFE	3500*	450°F
17-4 PH	Gold	3500*	900°F
A286	PTFE	3500*	450°F
A286	Gold	3500*	1000°F
A286	Silver	3500*	800°F
Alloy X-750	PTFE	3500*	450°F
Alloy X-750	Silver	3500*	800°F
Alloy X-750	Gold	3500*	1400°F

**Technetics**  
GROUP

EnPro Industries companies



# Raccord filetage taraudage

---

## Matériaux principaux

### 17-4 PH

Acier inoxydable à faible teneur en carbone

-Carbone (0,08%),  
chrome (17%), tantale,  
cuivre,...

-500°

-N'est pas passivable  
dans tous les cas

### A286

Acier inoxydable à  
Faible teneur en carbone

-Résiste à la corrosion

-600°

### Alloy X-750

Alliage nickel-chrome

-Nickel (70%),  
chrome (17%), fer (9%)...

-760°



# Raccord filetage taraudage

---

## Matériaux d'enrobage

→ Bonne ductilité et résistance à la température

### PTFE

Temp de fusion : 327°C

Transition vitreuse : -30°C

Module E : 300-800 Mpa

Inertie chimique avec acides  
et bases

### Argent

Temp de fusion : 962°C

Module E : 83 GPa

### Or

Temp de fusion : 1064°C

Module E : 78 GPa



# Joint statique

---

Raccord filetage taraudage :  
Synthèse

- Matériaux choisis en fonction de l'utilisation
- Choisir entre inertie chimique ou résistance à la chaleur
- La pression n'est pas un problème
- Utilisation de métaux



# Joint statique

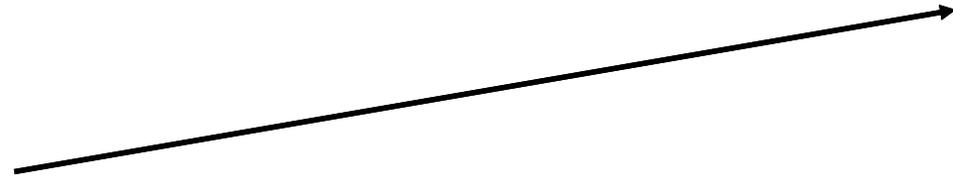
---

2° CAS : les joints plats



# Joint statique

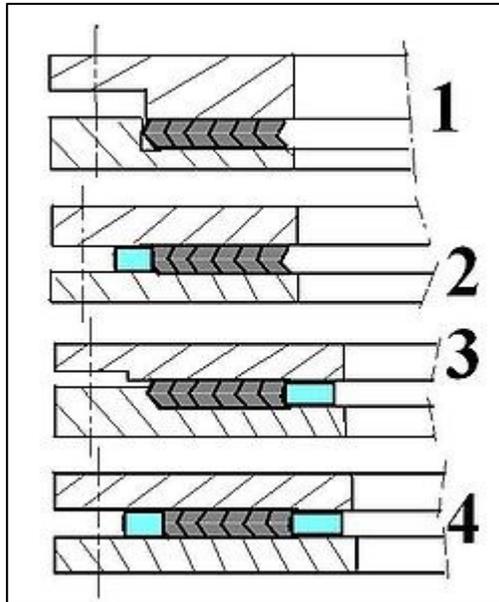
---





# Joint statique

Exemple d'assemblage de joints plats



1: Joint souple seul

2: Joint souple avec bague inox  
extérieure

3: Joint souple avec bague inox  
intérieure

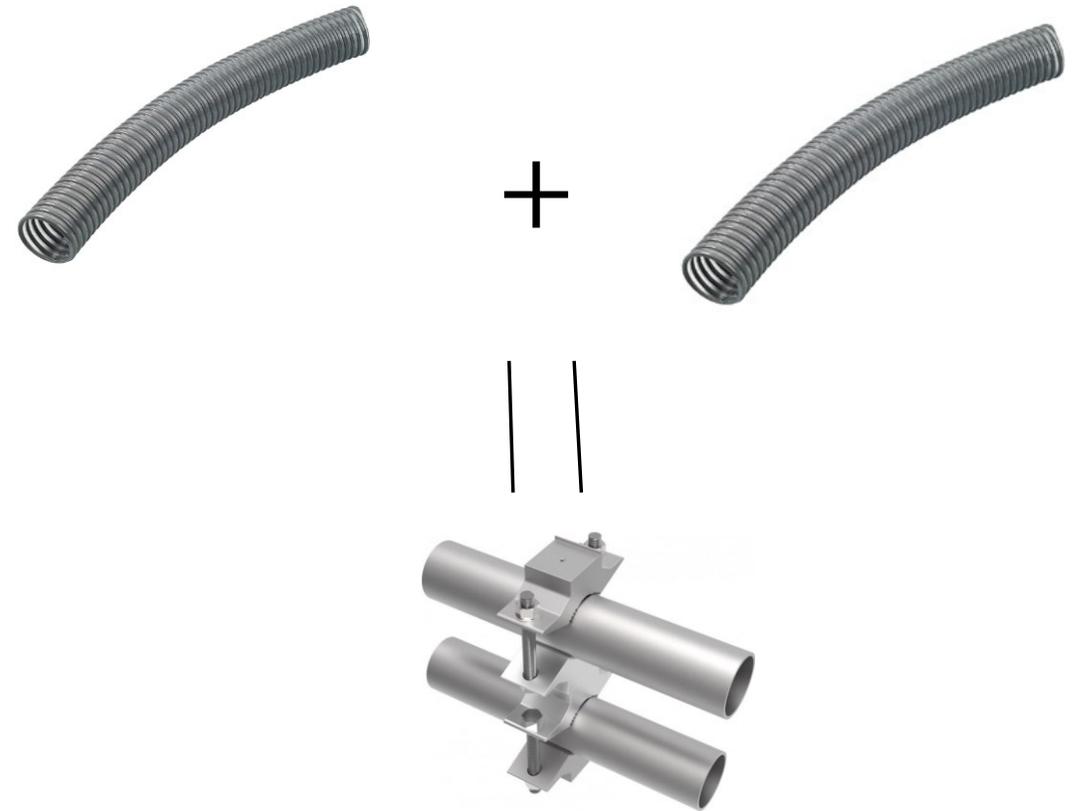
4: Joint souple avec bague  
intérieure et extérieure



# Jointes statiques

---

Les assemblages à bride  $\xrightarrow{\text{permettent}}$





# Joint statique

---

Les joints en PTFE

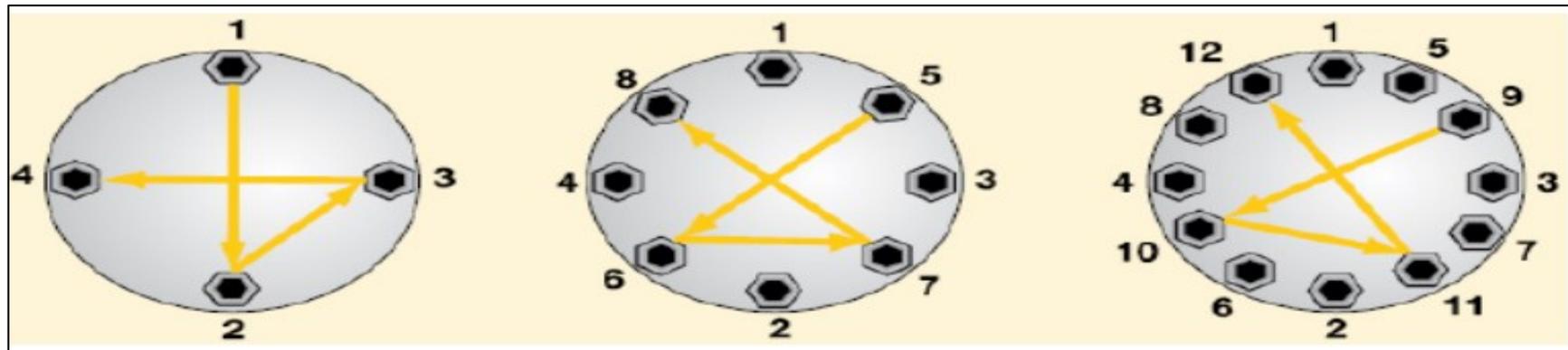
Contrent





# Joint statique

Montage d'une bride par serrage au couple





# Joint statique

---

Principaux matériaux utilisés:

-Elastomères

-Métaux



# Jointes statiques

---

## Caractéristiques du joint en PTFE

- Faible coefficient de friction
- Imperméable
- Bon isolant électrique
- Bonne résistance chimique
- Large plage de température de travail
- Peu cher



# Joint dynamique

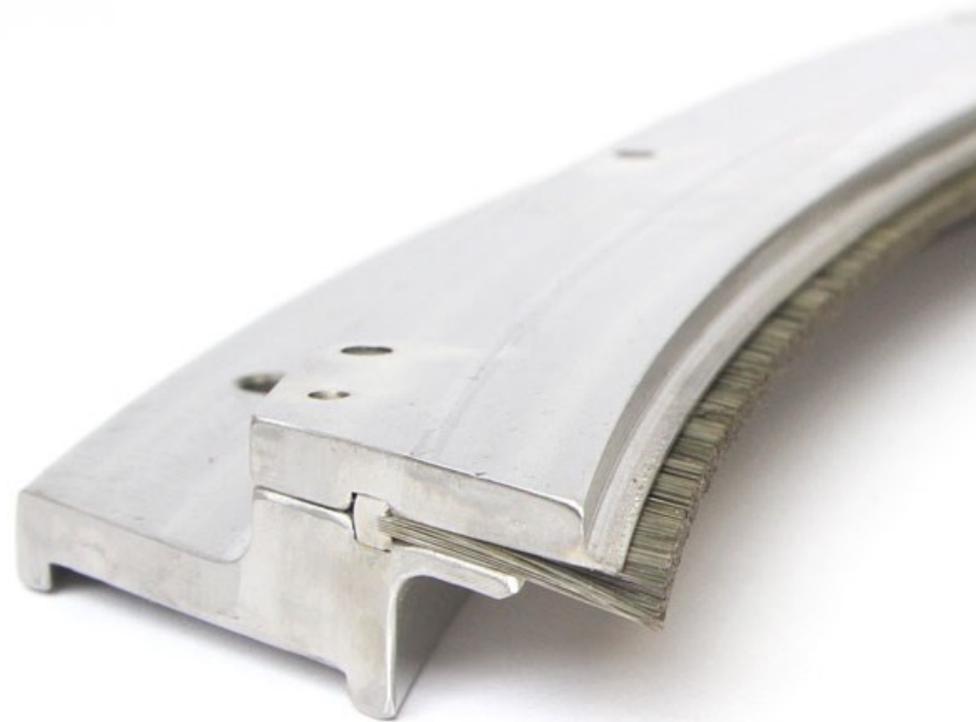
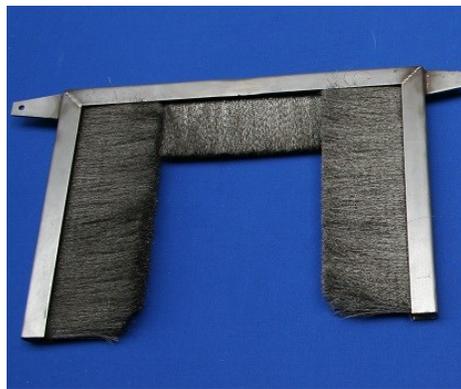
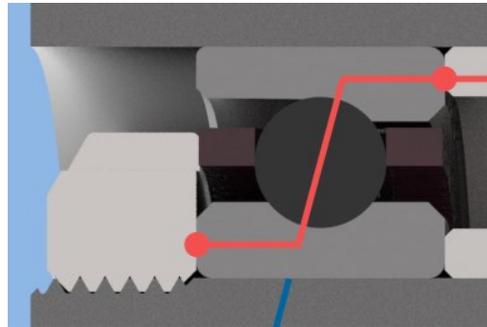
---

3° CAS : Les joints à brosse en aéronautique



# Joint dynamique

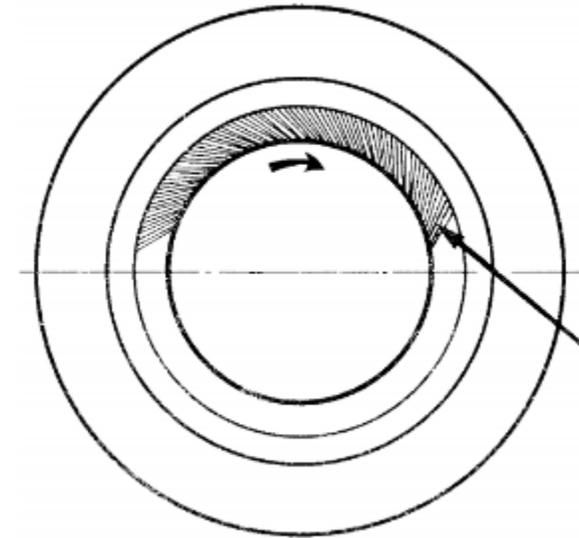
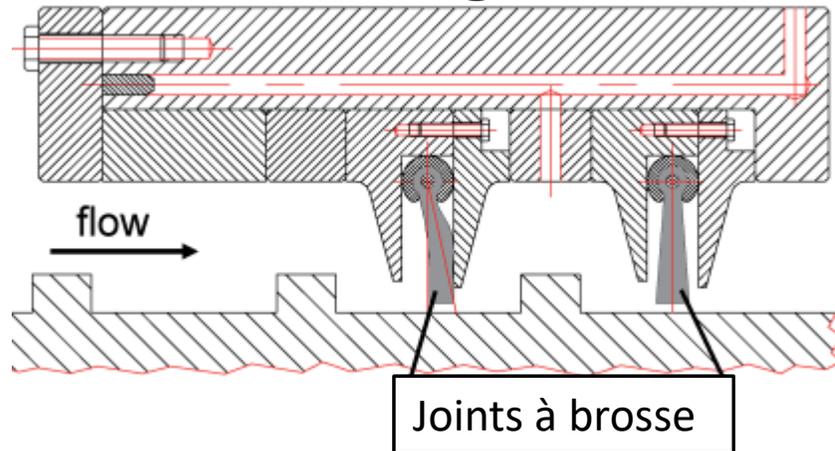
## Joint à brosse





# Joint dynamique

## Forme et intégration



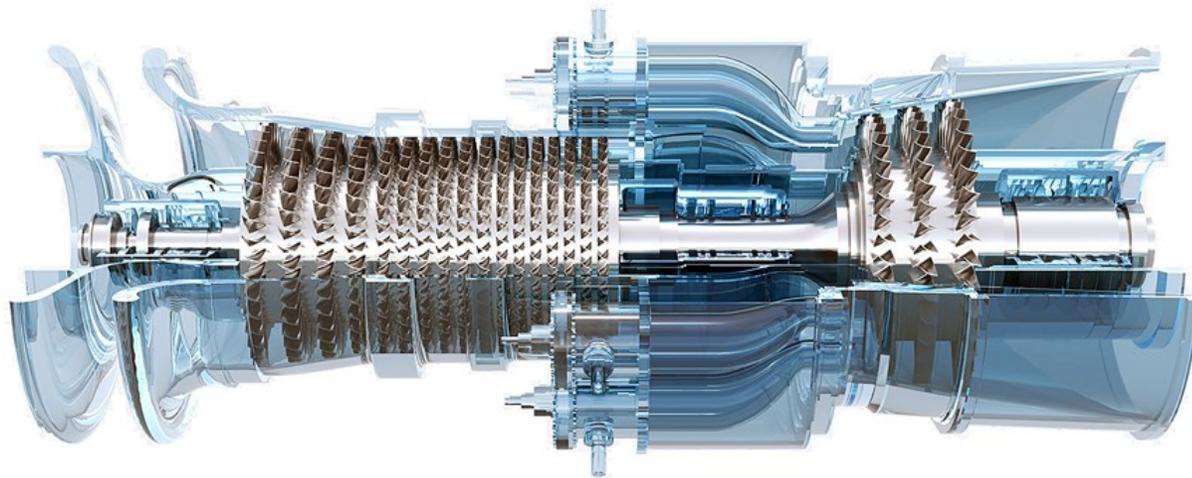
Réduction de 90% du flux d'air par rapport à un joint labyrinthe



# Joint dynamique

---

Milieu



Température = 650°C

Pression = 1400kPa

Vitesse linéaire = 300m/s

Contact : Acier à revêtement dur (Cr2C3)

Milieu environnant : air



# Joint dynamique

## Matériaux

Elubsys, Rolls Royce, NASA, ...

Performances avec des superalliages métalliques

Cobalt (~50% ex Haynes 25)		Nickel (~70% exemple Inconel IX750)	
+ Résistance à l'oxydation		+ Résistance à l'oxydation	
+ Résistance à la chaleur		+ Résistance à la chaleur	
		- Certaines nuances non adaptées	
<b>PS</b>	<b>HVOF</b>	+ Bon coefficient de frottement	
- Usure inférieur	+ Usure global inférieure	<b>PS</b>	<b>HVOF</b>
- Coefficient de frottement important	+ Meilleur coefficient de frottement	+ Usure inférieure	- Usure supérieure



# Joint dynamique

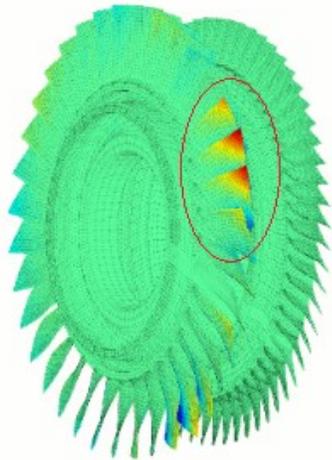
---

4° CAS : Les revêtements abrasables dans les turboréacteurs



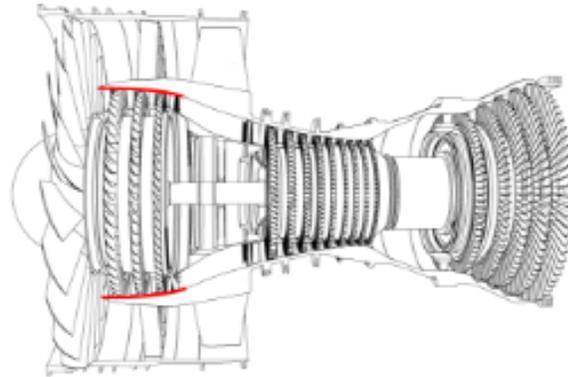
# Joint dynamique

Modèle de vibration des ailettes



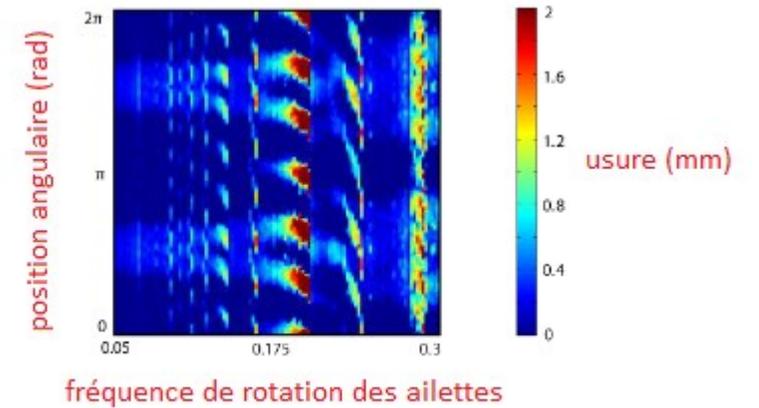
(vibration pattern / source : Structural Dynamics and Vibration Laboratory)

Coupe d'un turbo réacteur



(source : Structural Dynamics and Vibration Laboratory)

Usure du revêtement dans un turboréacteur



Source : structural (Source : Dynamics and Vibration Laboratory)

Vibration



Jeux réduit



Usure



# Joint dynamique

---

- Combustion des gaz (kérosène) :



- Bon comportement à haute température, environ 650°C (bonne **résistance au fluage**)
- Résiste à la combustion (**résistance à l'oxydation**)

- Caractère abradable :

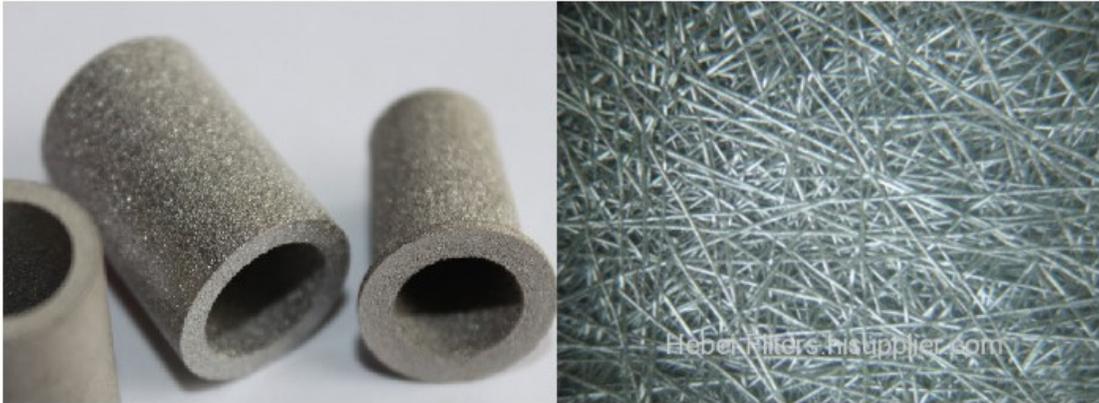


- Bon comportement face aux chocs (**ductilité et résilience**)
- Usure la plus lente possible (**structure fibreuse**)



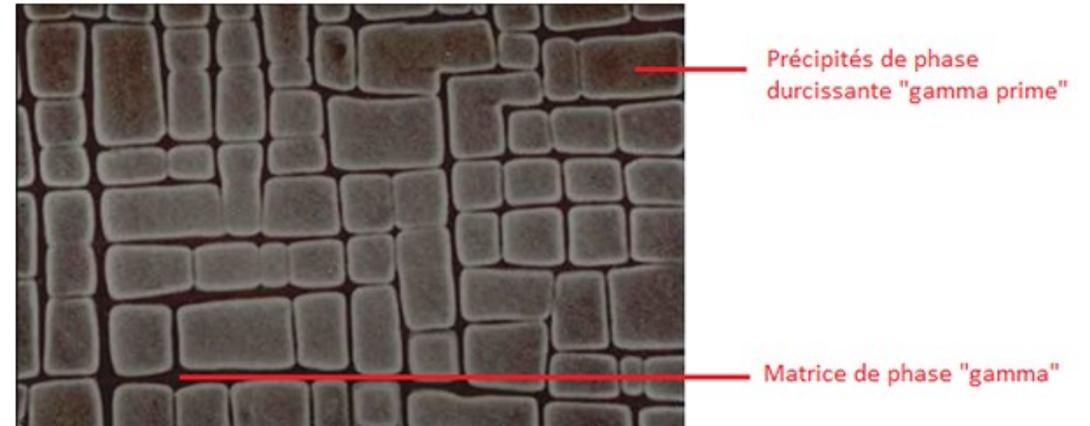
# Joint dynamique

Revêtement en fibre de super alliage de nickel



(Source : alibaba.com)

Microstructure d'un superalliage à matrice nickel



(Source : onera.fr)

Tapis de fibres roulé

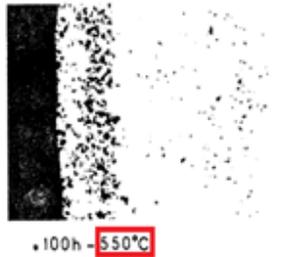
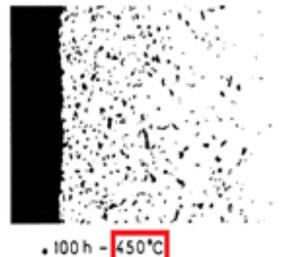
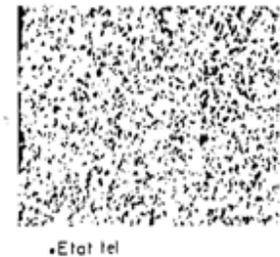
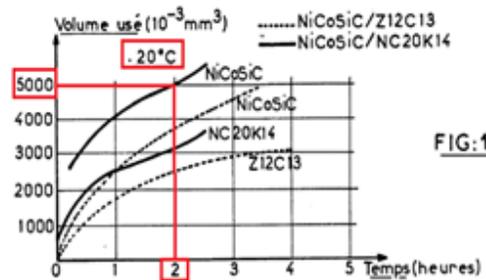


en super alliage matrice nickel

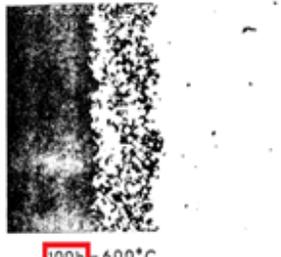
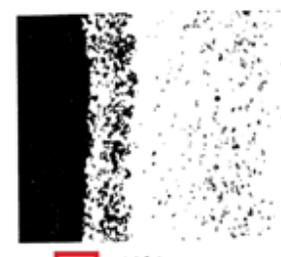
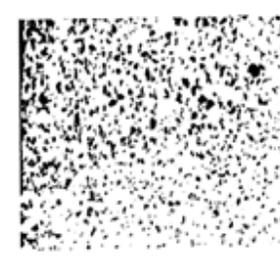
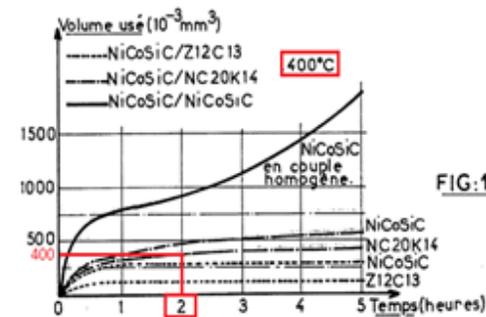


# Joint dynamique

Usure de différents super alliages de nickel en sollicitation, en fonction du temps et de la température



Meilleure tenue à haute température



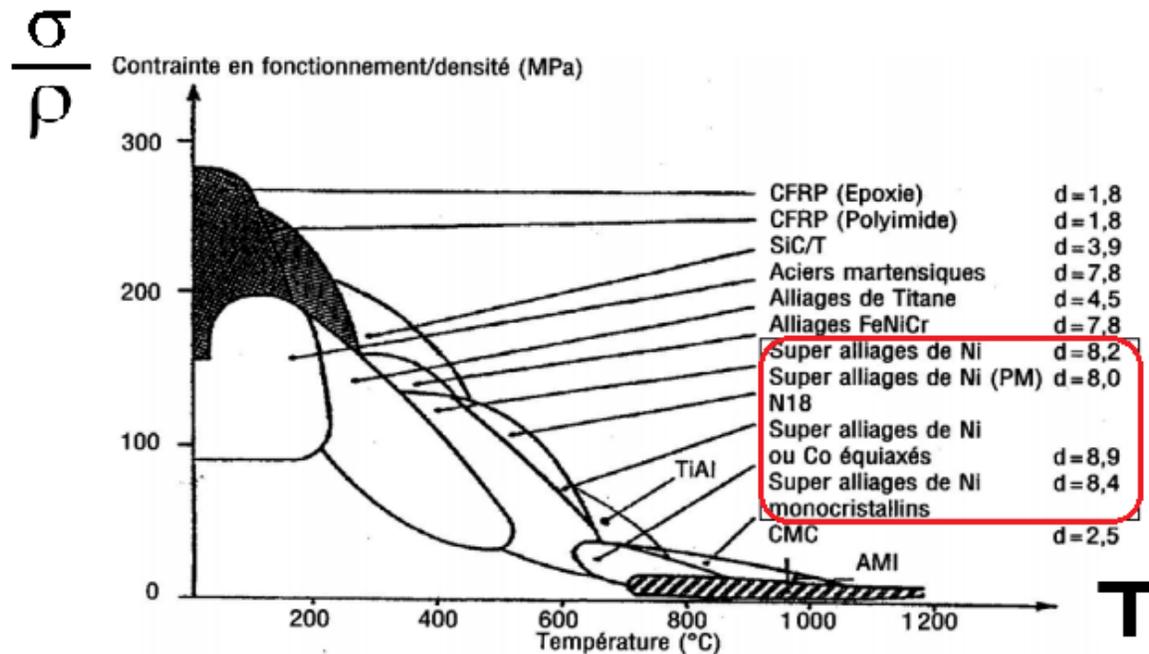
Usure faible en sollicitation

(Source : google patents)



# Joint dynamique

Classe de matériaux dans les turboréacteurs



(Source : société française de métallurgie et de matériaux)



Large plage de température



Densité peut décisive dans le choix



# Joint dynamique

Composition massique du super alliage de nickel Hastelloy X

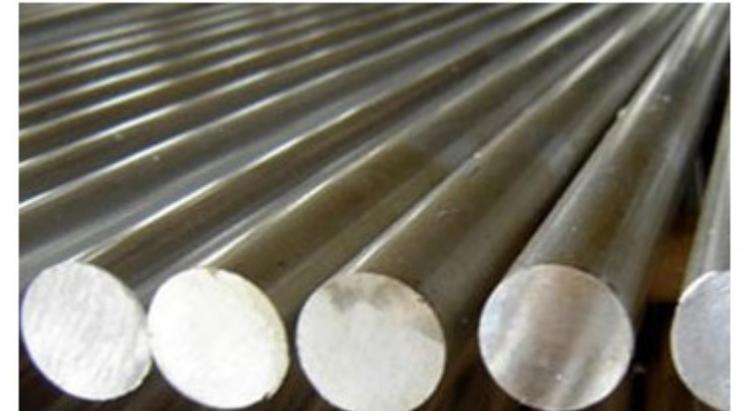
Weight %

Nickel:	47 Balance
Chromium:	22
Iron:	18
Molybdenum:	9
Cobalt:	1.5
Tungsten:	0.6
Carbon:	0.1
Manganese:	1 max.
Silicon:	1 max.
Boron:	0.008 max.
Niobium:	0.5 max.
Aluminum:	0.5 max.
Titanium:	0.15 max.

(Source : Hastelloy@ X ally)



Barre d'Hastelloy X



(Source : Kalikund Steel & Engg.co.)



# Synthèse

---

- La recherche et le choix du matériau constitue la plus grosse partie du travail
  - Dans des cas extrêmes : chaque caractéristique est à prendre en compte
- Des industries sont spécialisés dans la fabrication de joints statiques
  - L'ingénieur doit donc faire un choix de matériaux dans une gamme déjà proposés
- Joint dynamique spécifiques pour chacun utilisations
  - L'ingénieur doit faire des recherches, souvent en collaboration, pour développer de nouvelles technologies propre au cas extrême
- Grande utilisation d'alliage Nickel-Chrome et d'Acier Inox