

# Résumé Semaine 9

## Systemes mécaniques I, Tolérancement dimensionnel II

Dr. S. Soubielle

S. Soubielle

1

Résumé semaine 9

ME-101 / ME-106 – Construction Mécanique I

## Systemes mécaniques I

- **Documentation d'assemblage**

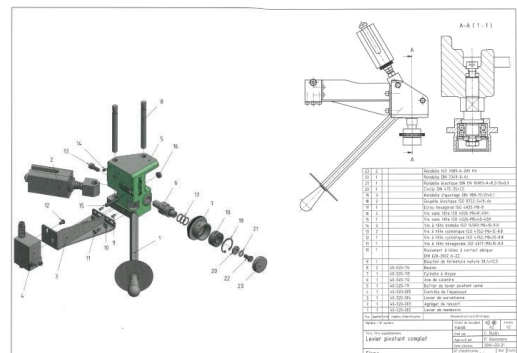
- Plan d'ensemble + nomenclature
- (Procédure d'assemblage)

- **Fonctions de services**

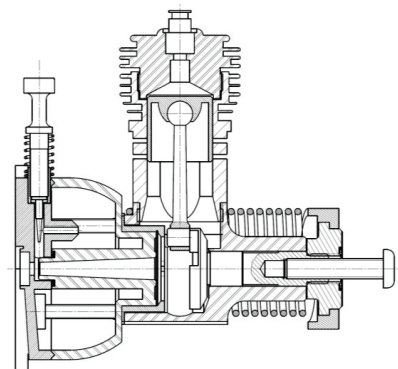
- Fonction(s) principale(s) et fonction(s) contrainte(s)
- Exprimées au niveau du système mécanique

- **Fonctions techniques**

- Exprimées au niveau du sous-ensemble fonctionnel (ou de la pièce)
- Aboutissent à l'établissement des conditions de fonctionnement



Extrait de Normes 2022, pp. 558-559



S. Soubielle

2



# Tolérancement dimensionnel III

Fonctions d'assemblage,  
Comportement des matériaux solides,  
Système ISO de tolérances,  
Chaînes de cotes

Dr. S. Soubielle



## Dans ce cours, nous allons...

... **Nous intéresser au caractère de l'ajustement...**

... Et aux paramètres qui l'influencent

... **Caractériser le comportement des matériaux solides**

... Comportement en déformation des matériaux solides

... Forces en jeu lors du contact frottant entre deux solides

... **Définir ce qu'est le système ISO de tolérances**

... Concept de classe de tolérances ISO

... Ajustements ISO usuels à utiliser dans vos constructions

... **Définir la notion de chaîne de cotes**

... Généralisation du concept d'ajustement

... Méthodologie de résolution

## Caractère de l'ajustement (1/2)

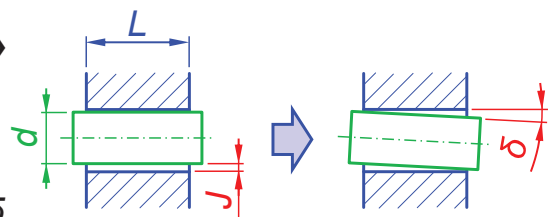
- **Objectif du concepteur = Garantir le comportement voulu aux l'interfaces d'assemblage entre les pièces**
    - « Grand jeu »
    - « Guidage précis »
    - « Déplacement encore possible par l'emploi de lubrifiant »
    - « Assemblé sans besoin de force importante »
    - « Assemblé sous pression »
  - **Outil dont on dispose = tolérances dimensionnelles**
    - $(ES ; EI)$  pour la pièce femelle
    - $(es ; ei)$  pour la pièce mâle
- }  $\rightarrow J_{\min}$  et  $J_{\max}$

## Caractère de l'ajustement (2/2)

### • Paramètres d'influence

#### – Cas des ajustements « avec jeu »

- $J > 0$  plus ou moins grand
- « Niveau de précision » du guidage en lien avec débattement angulaire  $\delta$



#### – Cas des ajustements « incertains » et « avec serrage »

- Il y a « serrage » du moment que  $J < 0$
- « Niveau de serrage » en lien avec le niveau d'effort requis pour assembler (ou désassembler) les pièces
  - On doit déformer les pièces
  - Il faut vaincre les frottements

# Comportement mécanique des matériaux

## • Caractérisé par l'essai de traction

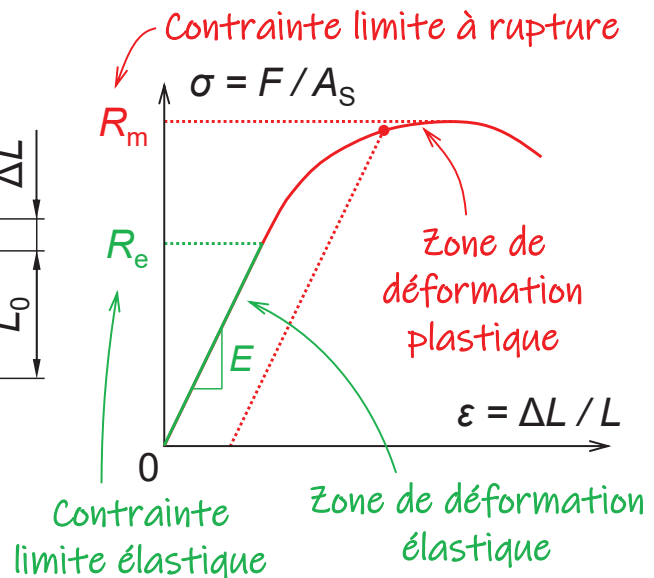
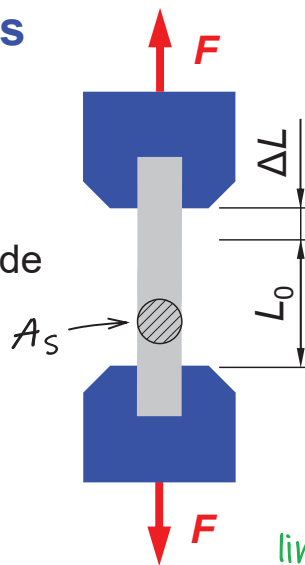
- Relie l'allongement du matériau à la force résistante qu'il exerce
- Utilisation d'une machine de traction et d'une éprouvette d'essai

## • Utilisation des matériaux en mécanique

- Uniquement dans la zone de déformation élastique

- Loi de Hooke

$$\sigma = E \times \varepsilon$$



# Contact frottant et lois de Coulomb (1/2)

## • Expérience du solide S sur un plan incliné

- Contact statique (i.e, pas de mvt relatif) jusqu'à un angle limite  $\delta_0$
- Mise en mouvement (glissement) si inclinaison  $> \delta_0$
- Variation de masse du solide S  $\rightarrow$  pas d'effet sur la valeur de  $\delta_0$
- Si mouvement initial  $\rightarrow$  angle limite  $\delta (< \delta_0)$
- Application d'un lubrifiant au contact  $\rightarrow \delta_0$  et  $\delta$  plus petits

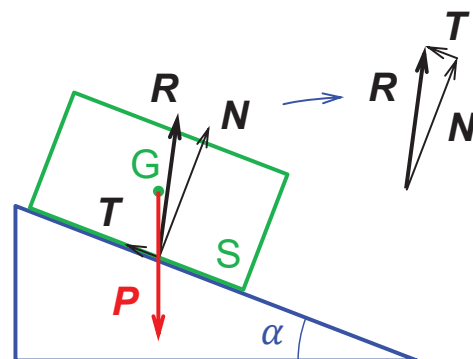
## • Modélisation du contact

- Si pas de mouvement relatif

- Équilibre statique
- PFS  $\rightarrow T = \tan(\alpha) \cdot N$

- Si mvt relatif (et vitesse  $\nearrow$ )

- L'équilibre statique est rompu
- PFD  $\rightarrow T < \tan(\alpha) \cdot N$



## Contact frottant et lois de Coulomb (2/2)

### • Lois de Coulomb

– **Sans mouvement relatif**  $\rightarrow T_{\max} = \tan(\delta_0) \cdot N = \mu_0 \cdot N$

Avec  $\delta_0$  : Angle d'« adhérence » (ou de « frottement statique »)

$\mu_0$  : Coef. d'« adhérence » (ou de « frottement statique »)

– **Avec mouvement relatif**  $\rightarrow T = \tan(\delta) \cdot N = \mu \cdot N$

Avec  $\delta$  : Angle de « glissement » (ou de « frott. dynamique »)

$\mu$  : Coef. de « glissement » (ou de « frott. dynamique »)

### • Commentaires à propos des lois de Coulomb

– **Modèle de frottement sec uniquement**

- Pas pris en compte des effets de la vitesse relative entre les pièces
- Modèle pas adapté si phénomènes visqueux et/ou vitesses élevées

– **Valeurs de  $\delta_0 / \mu_0$  et  $\delta / \mu$**

- Dépendent des conditions du contact (matériaux, rugosités, etc.)

## Système ISO de tolérances (1/6)

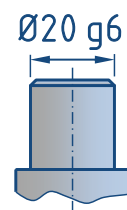
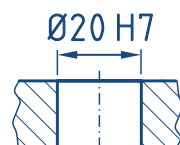
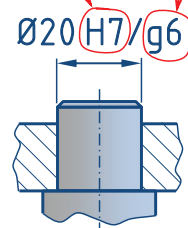
### • Principe et finalité

- Écriture codifiée des intervalles de tolérances
- $ES$  et  $EI$  dépendent de la dimension nominale
- Ajustement en tolérances ISO  $\rightarrow$  même caractère quelle que soit la dimension nominale
- Valable uniquement pour les cotes linéaires

### • Codification des intervalles de tolérances

- **1 (ou 2) lettre(s)**
  - $\rightarrow$  Position de l'int. de tolérances vs. dim. nominale
  - $\rightarrow$  Majuscule si dim. int. / minuscule si dim. ext.
- **1 (ou 2) chiffres**
  - $\rightarrow$  Largeur de l'intervalle de tolérances

Alésage      Arbre



## Système ISO de tolérances (2/6)

- **Système d'ajustement ISO à alésage normal (« H »)**
  - Le plus utilisé
  - Toujours à privilégier, quand c'est possible
- **Ajustements usuels à alésage normal**

Ajustement	H8	H7	Caractère de l'ajustement	Exemples d'utilisation	
	Arbre				
Jeu	d9		Grand jeu	Arbre à paliers multiples, palier lisse pour large gamme de température, logement de levier	
	e8		Jeu imperceptible		
	h9		Facilement déplaçable	Accouplement glissant, douille d'entretoise	
	f7		Petit jeu	Coulisseau, glissière	
		g6		Jeu non perceptible	Palier lisse de précision
		h7	h6	Déplacement encore possible par l'emploi de lubrifiants	Bague d'arrêt, centrage
Incertain		js6	Encore mobile sous légère pression	Centrage précis	
		k6	Assemblé sans besoin de force importante	Volant, accouplement, poulie	
		n6	Assemblé sous pression	Transmission de faibles couples	
Serrage		p6	Assemblé au moyen de presses ou fretté	Transmission de couples faibles à modérés	
		r6			
		s6	Emmanchement par frettage	Transmission de couples modérés à forts	

## Système ISO de tolérances (3/6)

- **Système d'ajustement ISO à arbre normal (« h »)**
  - Utilisé lorsque la tolérance sur l'arbre est imposée (h)
  - P. ex. barre étirée (h9), rectifiée (h9, h8 ou h6)
- **Ajustements usuels à arbre normal**

Ajustement	h9	h6	Caractère de l'ajustement	Exemples d'utilisation
	Alésage			
Jeu	D10		Très grand jeu	Clavetage libre moyeu
	F8		Jeu perceptible	Palier lisse
		G7	Jeu non perceptible	Glissière de précision
		H9	Encore juste mobile à la main	Clavetage libre arbre
		H7	Dépl. encore possible par l'emploi de lubrifiants	Accouplement glissant
Incertain	JS9		Encore mobile sous légère pression	Clavetage léger dans moyeu
		JS7		Pièces souvent démontées et remontées
		K7	Assemblé sans besoin de force importante	Volant, accouplement, poulie
	N9			Clavetage léger arbre
		N7	Assemblé sous pression	Goupille cylindrique
Serrage		P9	Ajustage éventuellement nécessaire	Clavetage serré (arbre et moyeu)
		P7	Assemblé au moyen de presses ou fretté	Transmission de faibles couples
		S7	Emmanchement par frettage	Transmission de couples modérés à forts



# Système ISO de tolérances (6/6)



## Intervalles de tolérances ISO

Trouver  $ES$  et  $EI$  (exprimer les valeurs en  $\mu\text{m}$ )

$$30 \text{ H7} \rightarrow ES =$$

$$\rightarrow EI =$$

$$30 \text{ H11} \rightarrow ES =$$

$$\rightarrow EI =$$

$$125 \text{ H7} \rightarrow ES =$$

$$\rightarrow EI =$$

$$30 \text{ h7} \rightarrow ES =$$

$$\rightarrow EI =$$

$$30 \text{ g6} \rightarrow ES =$$

$$\rightarrow EI =$$

$$125 \text{ k6} \rightarrow ES =$$

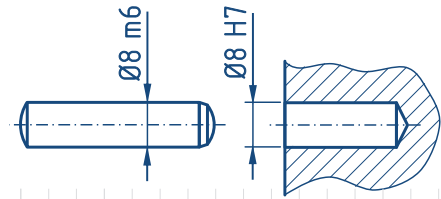
$$\rightarrow EI =$$



## Ajustement ISO

Calculer le jeu min. et le jeu max.

En déduire le caractère de l'ajustement



# Chaîne de cotes (1/3)

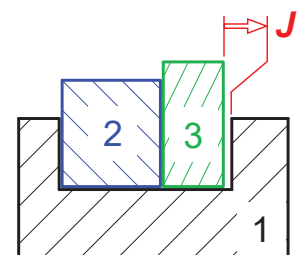
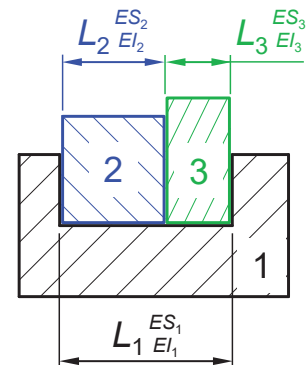
## • Définition

- Méthode permettant le calcul du jeu (jeu min. / jeu max.) pour un empilement de plus de 2 pièces
- Calcul uniaxial (linéaire)

## • Méthodologie

1. Représenter l'empilement de pièces de manière à faire apparaître un jeu localisé à un seul endroit
2. On matérialise le jeu par un vecteur  $J$

**Rappel :** Sur le modèle 3D, il n'y a ni jeu ni serrage. Il n'y a que les cotes nominales et des ajustements parfaits ( $J = 0$ ) entre les pièces



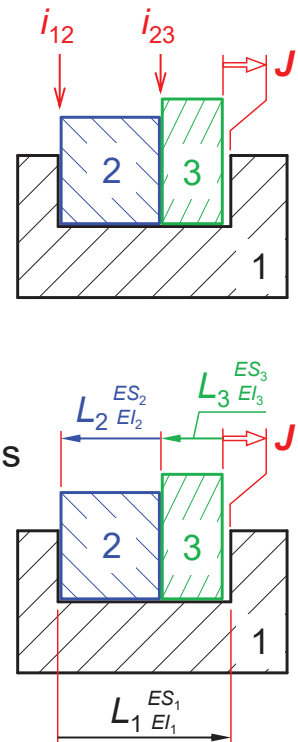
## Chaîne de cotes (2/3)

### • Méthodologie (suite)

3. Identifier les interfaces de contact restantes entre les pièces de l'empilement
4. Tracer le chemin qui permet, en traversant la matière des pièces et les interfaces de contact entre elles, et sans jamais passer par du « vide », de rejoindre la pointe de  $J$  depuis la base de  $J$
5. Poser l'équation générale de la chaîne de cotes en utilisant les cotes de chacune des pièces :

$$J = - \sum_i L_i^{ES_i} + \sum_k L_k^{ES_k}$$

Avec indice «  $i$  » si sens opposée à  $J$   
 indice «  $k$  » si même sens que  $J$



## Chaîne de cotes (3/3)

### • Méthodologie (fin)

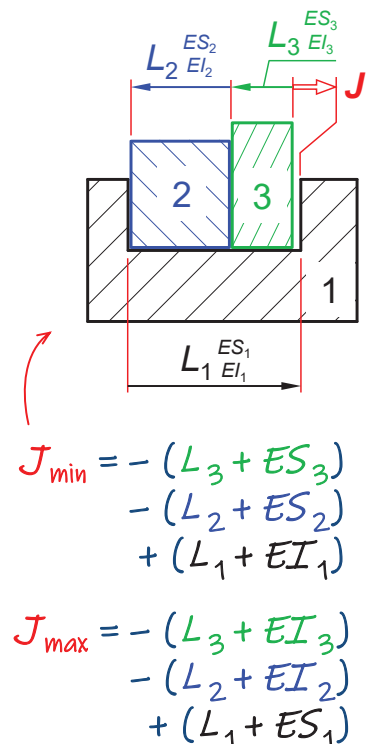
6. Calcul du jeu min. et du jeu max. :

$$J_{\min} = - \sum_i (L_i^{ES_i})_{\max} + \sum_j (L_j^{ES_j})_{\min}$$

$$= - \sum_i (L_i + ES_i) + \sum_k (L_k + EI_k)$$

$$J_{\max} = - \sum_i (L_i^{ES_i})_{\min} + \sum_k (L_k^{ES_k})_{\max}$$

$$= - \sum_i (L_i + EI_i) + \sum_k (L_k + ES_k)$$





# Annexes

# 9 HhXY'gi fZUW'Yhtolérance' =GC 'fP/#&L

## " Tolérance' =GCžWUfUW, fY'XY'ĐU ghYa YbžYhi gi fY

- Š^ Á&ççc+^ Á^ Áçð • c{ ^ } oÁ[ ãÁ d^ Á&[] • ^ | ç. Á' | Á' ~ c' Áæ  
ã' | ..^ Á^ Áç ã' Á' Á' • c- { ^
- A U]g'i gi fY#fcXU] Y'XYg'gi fZUWg'Yb`Wc bHUW
  - ~ Š[ | • Á' Á' [] çæ ^ Á' áæð • c{ ^ } oÁ^ | | ...
  - ~ Š[ | • Á' Á' [] &ç[] } ^ { ^ } oÁ' áæð • c{ ^ } oÁ' | ã • ç c

## " 9 HhXY'gi fZUW'YhUa d`jhi XY'XY'Đ gi fY#Xi 'fcXU] Y

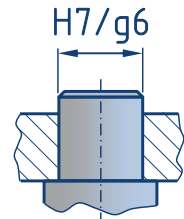


- Ü..ã' &ç[] } Á^ Á' áæ — d^ Á' ^ Á' Áç • ^ | ^ Á' Á' [ áæ ^ Á' M Dã. D;
- Ú^ | c' Á' [ ã • Á' [] | | çæ c' Á' áæ çæ Á' Á' | -æ^ Á' ç

# 9 HhXY'gi fZUW'Yh'U' ghYa Ybh' =GC 'fP/#&L

## " F,,[ `Y'Xi 'dci W

- Ô@ ã' áÁ } ^ Á' çæ • ^ Á' Á' \* [ • ã. Á' U Á' oÁ } Á'ð • c{ ^ } oÁ' U Á' é ç c  
| ^ Á' - { ^ Á' &ç[] - ^ oÁ' ç' ^ Á' ç } Á' ç ] ^ | | ^ Á' ç Q ø D
- Ú^ | { ^ oÁ' Á' ç ç ã' ^ | Á' ç • ^ | ^ Á' | • ~ ^ Á' ç[] | ..&ç[] } Á' ~ ã' ^ Á' ^  
| çð • c{ ^ } oÁ' • oÁ' | ç ç á^



- 9I Ya d`Y. 'U' ghYa YbhUfVfY#a cmYi 'Yb' < + # [ \*

	Classe de tolérance ISO	Chiffre (IT)	Classe de rugosité ISO	Rugosité arithmétique
Arbre	g6	6	N6	Ra 0,8
Moyeu	H7	7	N7	Ra 1,6