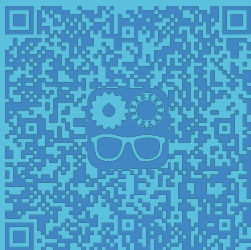
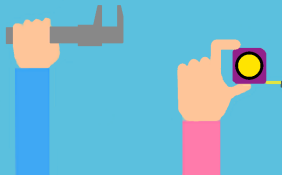




# Spécifications géométriques



Renaud Costadoat  
Lycée Dorian



## Introduction

### Savoir

Vous êtes capables :

- De définir le modèle nominal d'une pièce ou d'un assemblage,
- D'analyser un cahier des charges afin de déterminer les exigences sur une pièce.

### Problématique

Vous devez être capables :

- De limiter les défauts acceptables d'une pièce,
- De spécifier une pièce sur un dessin.

## Écarts géométriques: le Jeu

**Besoin** : Un mécanisme est conçu pour répondre à un besoin.



*Exemple* : Table basse.

*Exigences* :

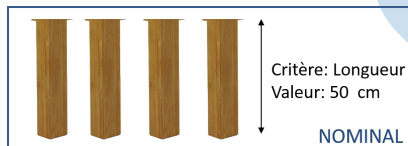
- Mettre un objet à hauteur d'homme,
- Positionner l'objet par rapport au sol.

## Conception

**Conception** : Les composants du mécanismes sont utilisés pour répondre aux fonctions.

Pour positionner l'objet par rapport au sol, il faut le surélever par rapport au sol de 50 cm, il est nécessaire que les 4 pieds aient une longueur de 50 cm.

**Résultat de la conception:**



## Fabrication

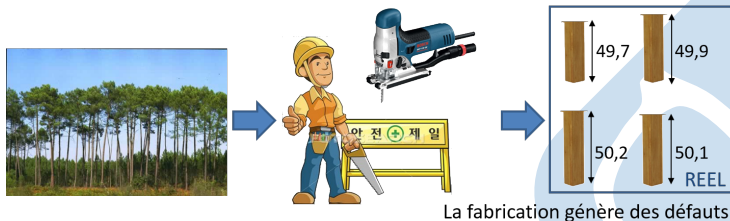


TABLE NOMINALE



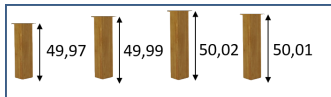
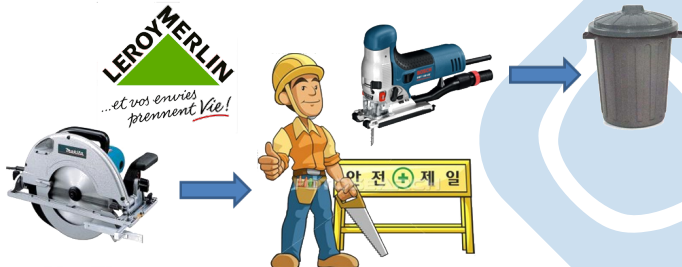
TABLE REELE



Le client est mécontent

## Fabrication

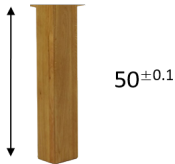
Première solution: Amélioration des moyens de production.



La table a toujours des défauts, cependant:  
Répond-t-elle au besoin ?

## Mise en place de niveaux sur les valeurs

- Il est nécessaire de mettre en place des niveaux sur les valeurs des critères,
- Ces niveaux sont issus de l'expérience du concepteur, de simulations, d'essais sur des prototypes, etc...
- Lorsque les critères sont liés à des valeurs géométriques, il sont appelés spécifications géométriques,
- Les niveaux associées sont appelés tolérances géométriques.

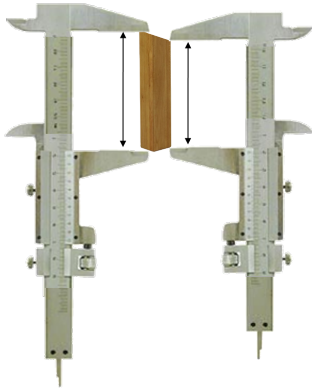


Spécification: Longueur comprise entre 49,9 et 50,1 mm

- Un pied de 49,94 convient,
- Un pied de 50,11 ne convient pas.

## Nécessité de normes

**Problème:** Comment vérifier que la spécification est vérifiée ?



- Les deux mesures ne donnent pas le même résultat,
- Le client et le fabricant ne sont pas



d'accord,

- Il faut donc établir des normes pour spécifier les pièces,
- Ces spécifications doivent préciser le lien entre la géométrie et le contrôle.



## Spécification

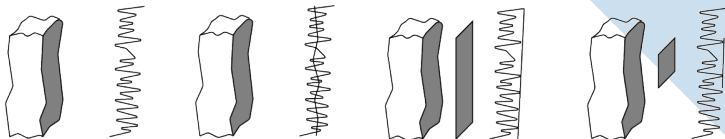
### Definition

Une **spécification** est une **condition** sur une **dimension** définie par une **caractéristique** sur des **éléments géométriques** identifiés par des **opérations** à partir du **modèle du réel**.

- **Condition:** Validée ou pas,
- **Dimension:** Valeur d'une caractéristique,
- **Caractéristique:** Angle ou distance,
- **Éléments géométriques:** Point, droite ou plan,
- **Opérations:** Présentées dans la suite,
- **Modèle du réel:** Modèle du réel représenté avec plus ou moins de détail et de réalisme.

## Eléments géométriques

- La spécification porte sur des éléments géométriques issus du réel,
- Le réel de la pièce intègre un certain nombre de défauts:
  - ▶ État de surface (rugosité),
  - ▶ Forme,
  - ▶ Position,
  - ▶ Orientation,
- Le modèle de la pièce intégrant tous ces défauts est le plus proche du réel,
- Le modèle qui n'intègre aucun défaut est le nominal.



## Opérations sur les éléments géométriques

- **Extraction et la partition:** Parfois, seules certaines parties de ce modèle sont utiles à l'étude, dans ces cas, des opérations d'extraction et de partition sont utiles,
- **Partition:** Consiste à décomposer la pièce en entités (Ex: Ne considérer qu'une surface d'un volume),
- **Extraction:** Extraire un certain nombre d'entités de la surface (Ex: Discrétisation d'une pièce (surface) en un nuage de points),
- Les éléments extraits et partitionnés sont des éléments **réels**,
- **L'association:** Consiste à associer un élément idéal à un élément réel. L'association nécessite la mise en place de contraintes et de critères d'association.

## Spécification et le tolérancement

- La spécification consiste à proposer de manière univoque des caractéristiques sur une géométrie,
- A partir d'un modèle défini d'une pièce, il est possible de mettre en place plusieurs types de spécification selon le besoin:
  - ▶ Spécifications dimensionnelles,
  - ▶ Spécifications géométriques,
- A ces spécifications sont associées des tolérances, intervalles dans lesquelles les valeurs (angles, distances) associées aux spécifications doivent être comprises.

## Principe de l'indépendance

- Chaque exigence (spécification) dimensionnelle ou géométrique spécifiée sur un dessin doit être respectée en elle-même (indépendamment) sauf si une relation particulière est spécifiée,
- Ainsi, sans relation spécifiée, la tolérance géométrique s'applique sans tenir compte de la dimension de l'élément. Les deux exigences sont traitées comme indépendantes.

## Spécifications dimensionnelles

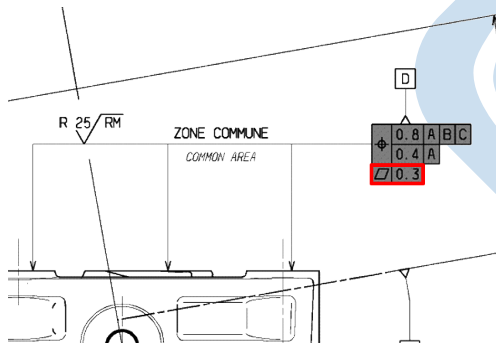
- **Définition:** Limite uniquement les dimensions locales réelles d'un élément mais pas ses écarts de forme (mesure entre deux points). Cela ne s'applique qu'à des éléments de type
  - ▶ Cylindre,
  - ▶ Plans parallèles en vis à vis.
- **Enveloppe:** Il est possible d'ajouter une exigence d'enveloppe dans le cadre de spécifications dimensionnelles linéaires. Cela implique que l'enveloppe de forme parfaite à la dimension au maximum de matière de l'élément ne soit pas dépassée.

## Spécifications géométriques

- Les spécifications géométriques consistent à définir une zone de tolérance qui doit contenir tous les points de l'élément réel afin qu'il soit conforme à la spécification,
- Une **zone de tolérance** est une portion de l'espace de géométrie parfaite, devant contenir l'élément réel.

## Spécifications de forme

- Une spécification de forme est une zone de tolérance indépendante du reste de la géométrie de la pièce
- Exemple issu du dessin de définition.





## Définir l'orientation/position de la zone

- Parfois, il est nécessaire de définir la position d'une géométrie par rapport à une autre,
- Problème: Il est impossible de s'appuyer directement sur une géométrie réelle avec défauts,
- Il faut donc définir une géométrie idéale capable de définir l'orientation et/ou la position de la zone de tolérance.

### Mise en place d'une référence

- Une référence est une surface partitionnée et/ou extraite de la pièce (élément réel),
- A cette surface un élément idéal est associé,
  1. Avec une contrainte par rapport à un autre élément,
  2. Avec une contrainte par rapport à la surface réelle,
  3. Avec un critère d'optimisation.



## Types de références

Il existe plusieurs types de références:

- Les références simples 

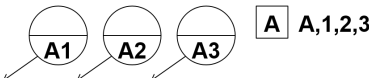
		<b>A</b>
--	--	----------

,
- Les références communes 

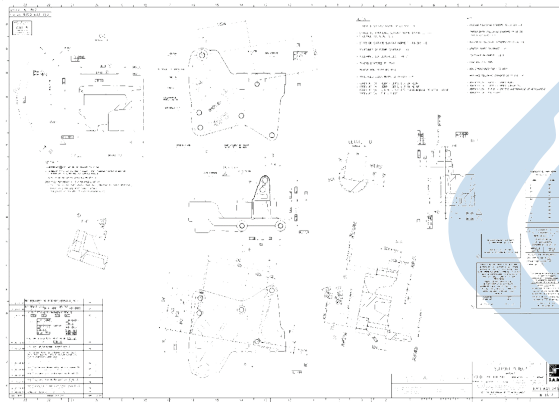
		<b>A-B</b>
--	--	------------

  - ▶ Élément simple formé à partir de plusieurs références
- Les systèmes de références spécifiées 

		<b>A</b>	<b>B</b>
--	--	----------	----------

,
  - ▶ B, référence secondaire, est en position théorique exacte par rapport à A, référence primaire,
- Les références partielles 

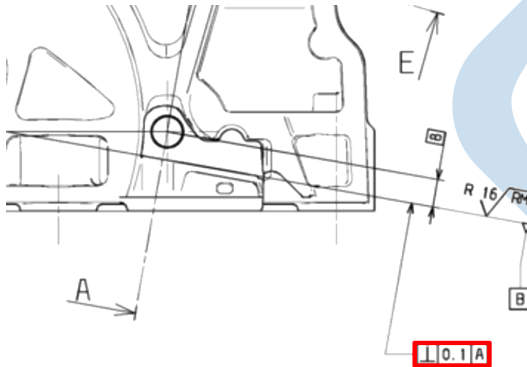
## Systèmes de références



1. Trouver les références,
2. Construire les systèmes de référence,
3. Déterminer les degrés de mobilité de la pièce au fur et à mesure.

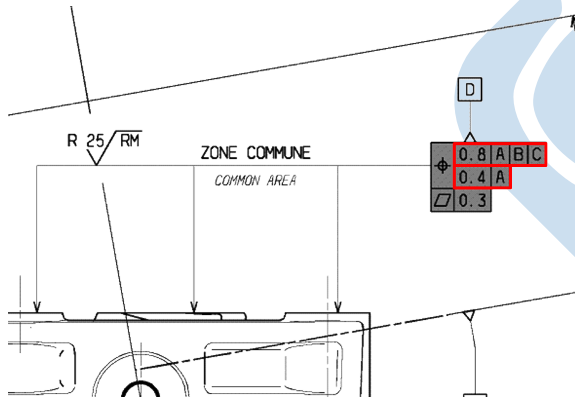
## Spécification d'orientation

- Pour ce type de spécifications, seul l'orientation de la référence spécifiée et la zone de tolérance est définie,
- Exemple issu du dessin de définition.



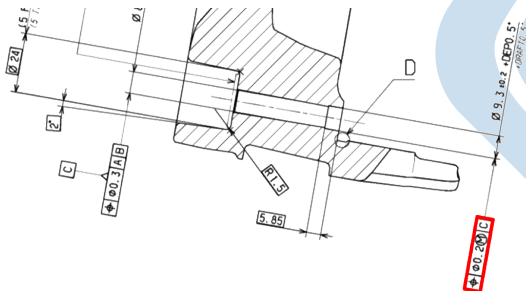
## Spécification de position

- Pour ce type de spécifications, la distance entre la référence spécifiée et la zone de tolérance est définie,
- Exemple issu du dessin de définition.





















## Maximum de matière

- Exception au principe de l'indépendance,
- Cette condition implique que l'état virtuel ne soit pas dépassé
- Exemple issu du dessin de définition.

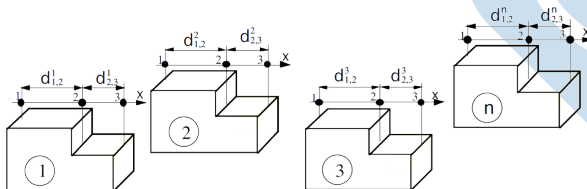


## Symboles des spécifications

Forme	 Ligne quelconque	 Surface quelconque	 Rectitude	 Circularité	 Planéité	 Cylindricité
Orientation	 Ligne quelconque	 Surface quelconque	 Inclinaison	 Parallélisme	 Perpendicularité	
Position	 Ligne quelconque	 Surface quelconque	 Localisation	 Coaxialité	 Symétrie	
Débattement	 Simple	 Total				

## Cotation une dimension

- Une dimension  $d_{i,j}^k$  c'est :
  - ▶ une grandeur mesurée représentée par une valeur (élément de R) noté  $g_{i,j}$ ,
  - ▶ une position géométrique notée par les indices  $i, j$  correspondant aux indices  $i$  et  $j$  des deux points considérés,
  - ▶ une pièce ou un assemblage désigné par l'exposant  $k$ .
- Une cote réelle  $C_{i,j}^*$  est une suite ordonnée d'un nombre fini de dimensions.  $i, j$  est l'indice définissant la position géométrique de la cote réelle.
  - ▶  $C_{1,2} : (d_{1,2}^1, d_{1,2}^2, d_{1,2}^3, \dots, d_{1,2}^p)$ ,
  - ▶  $C_{1,3} : (d_{1,3}^1, d_{1,3}^2, d_{1,3}^3, \dots, d_{1,3}^p)$ .

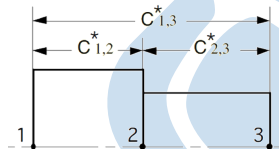




## Opérations sur les cotes unidirectionnelles

- Somme: Avec une chaîne fermée de 3 cotes  $C_{1,2}^*$ ,  $C_{2,3}^*$ ,  $C_{3,1}^*$ . Sur la  $k^{\text{ème}}$  pièce, la valeur  $g_{i,j}$  de l'une des trois dimensions  $d_{1,2}^k$ ,  $d_{2,3}^k$ , et  $d_{3,1}^k$  peut-être déduite des valeurs des deux autres dimensions.

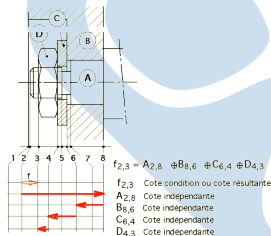
- ▶  $g_{1,3} = g_{1,2} + g_{2,3}$ ,
- ▶  $g_{1,2} = g_{1,3} - g_{2,3}$ ,
- ▶  $g_{2,3} = g_{1,3} - g_{1,2}$ .



- Inclusion: La dimension  $d_{i,j}^k$  sera incluse dans la cote réelle
  - ▶  $C_{i,j}^*$  : ( $d_{i,j}^1, d_{i,j}^2, d_{i,j}^3, \dots, d_{i,j}^p$ ) si  $d_{i,j}^k$  a sa valeur  $g_{i,j}^k$  comprise entre la plus grande et la plus petite des valeurs prises par les dimensions de la cote,
  - ▶  $C_{i,j}^* : g_{i,j}^{l_{\min i}} \leq g_{i,j}^k \leq g_{i,j}^{m_{\max i}}$ ,
  - ▶  $C_{i,j}^{*'} \subset C_{i,j}^*$ ,
  - ▶ Une cote  $C_{i,j}^{*'}$  sera incluse dans une cote  $C_{i,j}^*$  si toutes les dimensions de la cote  $C_{i,j}^{*'}$  sont incluses dans la cote  $C_{i,j}^*$ .

## Opérations sur les cotes unidirectionnelles

- Afin de systématiser la mise en équation des chaines de cotes il est possible d'utiliser la représentation vectorielle suivante :
  - ▶ la cote condition désigne la cote dépendante (flèche a double trait),
  - ▶ les cotes indépendantes sont des vecteurs (flèches à simple trait),
  - ▶ la cote condition est le vecteur résultant de la somme vectorielle des cotes indépendantes de la chaîne.
- ▶ Relation vectorielle sur x
  - ▶  $f_{2,3} = a_{2,8} - b_{8,6} - c_{6,4} - d_{4,3},$
- ▶ Relations entre les valeurs des cotes maxi et mini :
  - ▶  $f_{2,3 \text{ maxi}} = A_{2,8 \text{ maxi}} - B_{8,6 \text{ mini}} - C_{6,4 \text{ mini}} - D_{4,3 \text{ mini}},$
  - ▶  $f_{2,3 \text{ mini}} = A_{2,8 \text{ mini}} - B_{8,6 \text{ maxi}} - C_{6,4 \text{ maxi}} - D_{4,3 \text{ maxi}},$
- ▶ Relation entre les intervalles de tolerances :
  - ▶  $IT(f_{2,3}) = IT(A_{2,8}) + IT(B_{8,6}) + IT(C_{6,4}) + IT(D_{4,3})$



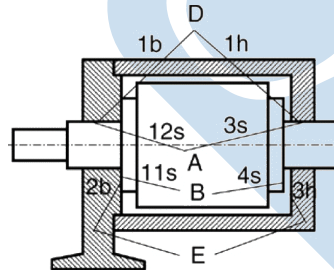
## Méthode de spécification

Les étapes suivantes permettent de générer une spécification:

1. Définition du mécanisme (géométrie),
2. Définition de la mise en position des pièces,
3. Mise en place des exigences,
4. Pour chaque exigence, une chaîne de cote 3D,
5. Mise en place des spécifications.

## Définition de la mise en position

- Comment les pièces sont positionnées ?
  - Le concepteur doit définir la mise en position des pièces du mécanisme
  - Il peut pour cela s'aider d'informations:
    - ▶ l'assemblage du mécanisme,
    - ▶ les exigences,
    - ▶ ...
- 
- Ex: Qu'est ce qui définit la position de l'arbre dans le mécanisme suivant ?



## Mise en place des spécifications

- En fonction de la mise en position, les premières spécification liées à l'assemblage peuvent être mises en place,
  - ▶ cf Tableau (Bernard Anselmetti)
- Le reste des spécifications sont déterminées à partir des exigences.

# Tableau des spécifications

Primary feature	Secondary feature	Tertiary feature	Primary feature	Secondary feature	Tertiary feature
<b>Plane</b> 			<b>Symmetrical parallel planes</b> 		
<b>Coplanar planes</b> 			<b>Cone</b> 		
<b>Parallel Planes</b> 			<b>Threading</b> 		
<b>Cylinder</b> 			<b>Sphere</b> 		
<b>Coaxial cylinders</b> 			<b>Continued surface</b> 		
<b>Set of parallel cylinders</b> 			<b>Discontinued surface</b> 		
<b>Threads</b> 			<b>Extruded fitting surface</b> 		

(1) the location replaces the orientation if a dimension is possible between current feature and primary or secondary feature

(2) the datum reference frame must be defined with comment

(3) symbol (M) must be added on toleranced surface and on datum surface if this surface is a feature of size with clearance.

## Les spécifications géométriques

### Savoir

Vous devez être capables :

- de déterminer les défauts potentiels d'une pièce,
- de modéliser l'impact de ces défauts à l'aide de torseurs de petits déplacements.

### Problématique

Il est nécessaire d'utiliser d'autres formes de représentation d'un mécanisme.

- *Problème: Comment limiter les défauts géométriques ?*
- **Perspectives:** Déterminer les spécifications géométriques sur une pièce.