

De la fonction aux spécifications



1. Pourquoi spécifier ?
2. Les normes
3. Une spécification ?
4. Maximum de matière, ...
5. Démarche de spécification
6. Application (Pince)

La partie « démarche de spécification » de ce cours est l'aboutissement de plus de trente années de travaux, d'enseignements et d'échanges scientifiques dans le domaine du tolérancement. Elle s'inscrit dans une réflexion collective, nourrie au fil du temps par de nombreuses discussions et collaborations au sein du GRT – Groupe de Recherche en Tolérancement, en particulier **avec Alex Ballu, Luc Mathieu, Pierre Bourdet, Bernard Anselmetti et Frédéric Charpentier**. Ces échanges ont profondément structuré la manière dont sont aujourd'hui posées, comprises et vérifiées les spécifications géométriques et fonctionnelles des produits mécaniques.

Ce cours ne vise pas à présenter de manière détaillée ma vision mathématique complète du tolérancement fondée sur la **logique du premier ordre**.

L'idée fondatrice est simple : dans les assemblages mécaniques réels, la présence de jeux et de contacts multiples conduit à une pluralité de configurations géométriques possibles. Dès lors, une spécification n'a de sens que si l'on précise dans quelles configurations elle doit être vérifiée. La formalisation mathématique proposée repose ainsi sur l'introduction explicite de quantificateurs logiques :

- ✓ le quantificateur existentiel (il existe) pour exprimer les conditions d'assemblabilité ;
- ✓ le quantificateur universel (pour tout) pour exprimer les exigences fonctionnelles robustes.

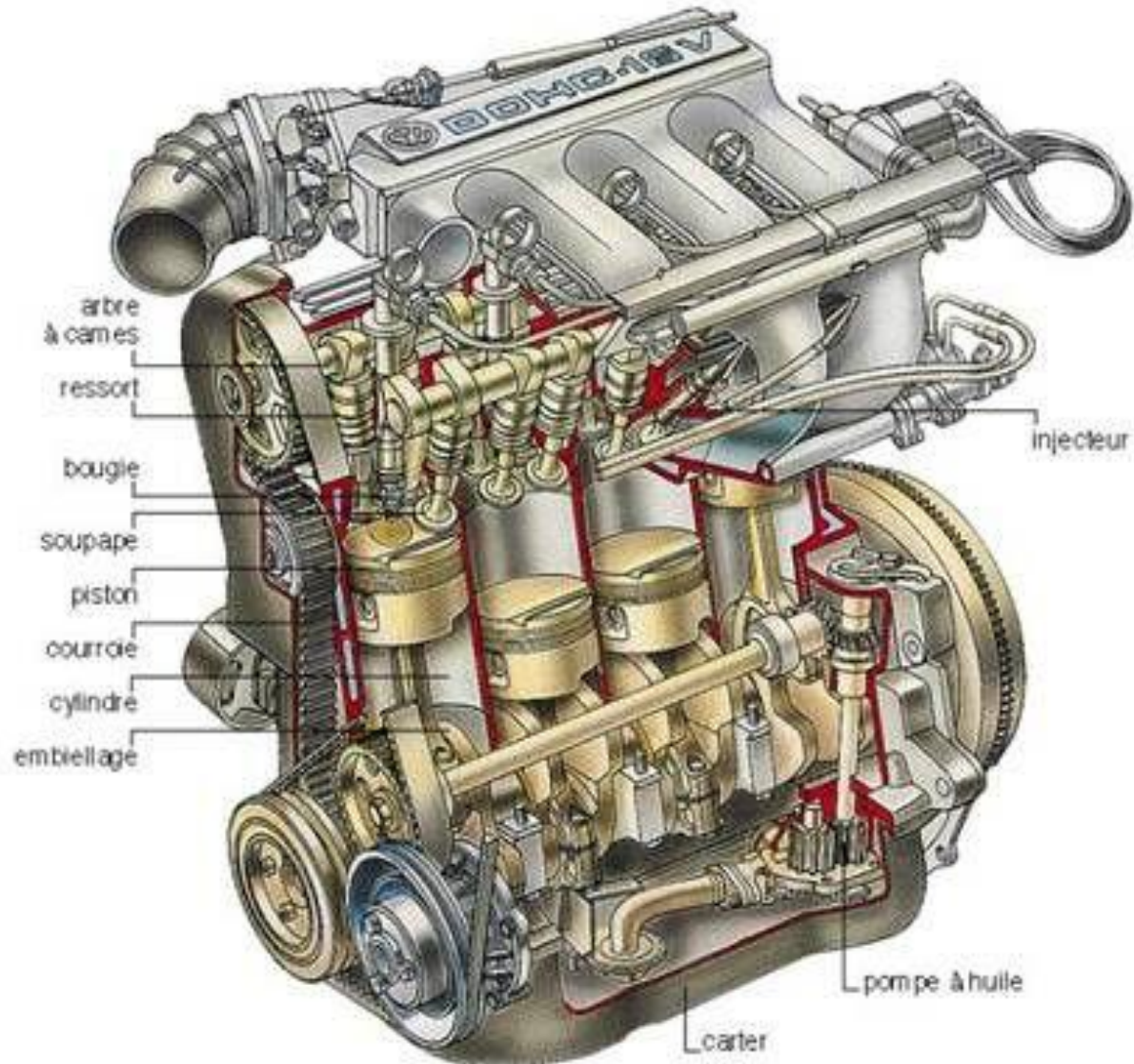
Sur le plan mathématique, le comportement géométrique d'un mécanisme est décrit dans un espace de variations regroupant les écarts de situation, les défauts intrinsèques des pièces, les variables de jeux et les caractéristiques fonctionnelles. Les exigences sont traduites sous forme de contraintes de compatibilité, d'interface et fonctionnelles, définissant des ensembles admissibles.

L'assemblabilité s'exprime alors comme l'existence d'au moins une configuration de jeux compatible avec les contraintes, tandis que la fonctionnalité exige que toute configuration admissible de jeux permette de satisfaire la condition fonctionnelle. Cette écriture unifiée lève les ambiguïtés classiques des spécifications et distingue clairement ce qui relève de la faisabilité de l'assemblage et de la robustesse fonctionnelle.

Cette formalisation a également ouvert la voie à des méthodes de calcul opérationnelles (raisonnement par contraintes quantifiées, simulation Monte-Carlo couplée à l'optimisation, méthodes de fiabilité système), aujourd'hui suffisamment matures pour traiter des mécanismes industriels fortement hyperstatiques. Ces aspects numériques, bien que fondamentaux, ne constituent pas le cœur de ce cours.

Le choix pédagogique retenu ici est volontairement différent : il s'agit avant tout de donner du sens aux spécifications, d'éclairer leur sémantique et d'aider l'étudiant ou l'ingénieur à formuler des exigences cohérentes avec l'usage attendu du produit. La démarche de spécification présentée dans ce cours doit ainsi être comprise comme une synthèse d'expérience, issue à la fois de la recherche, de l'enseignement et de la pratique industrielle, et non comme une construction purement théorique.

Pompe à engrenage



0. Mise en situation

Pompe à engrenage

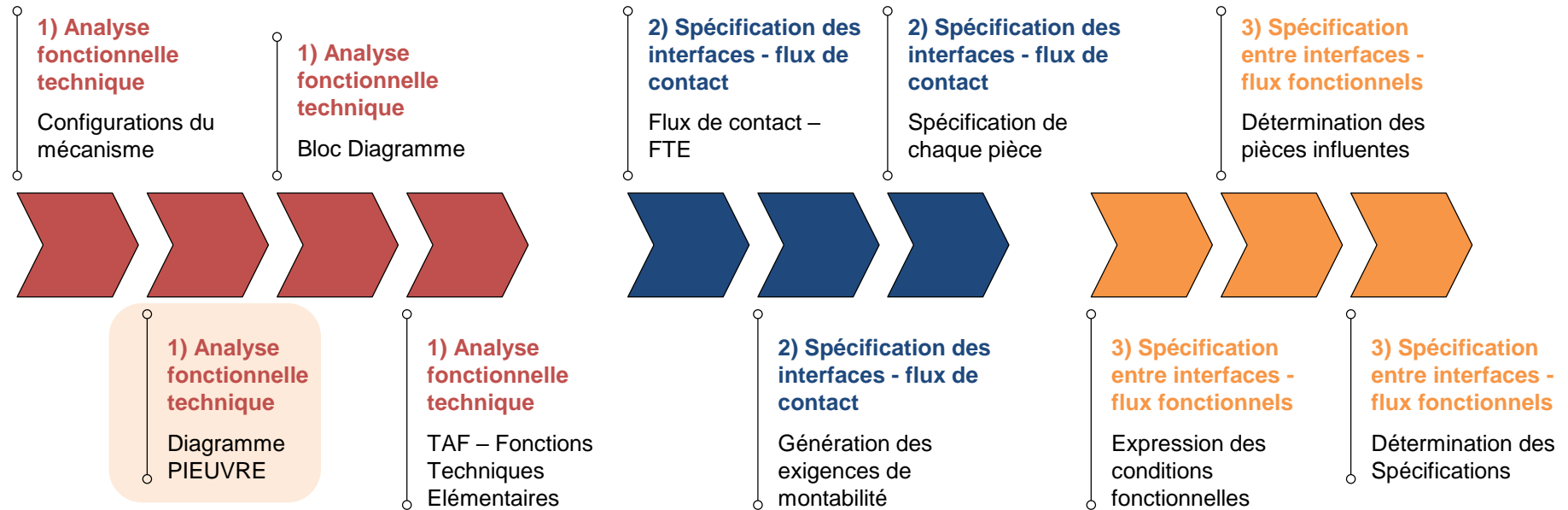
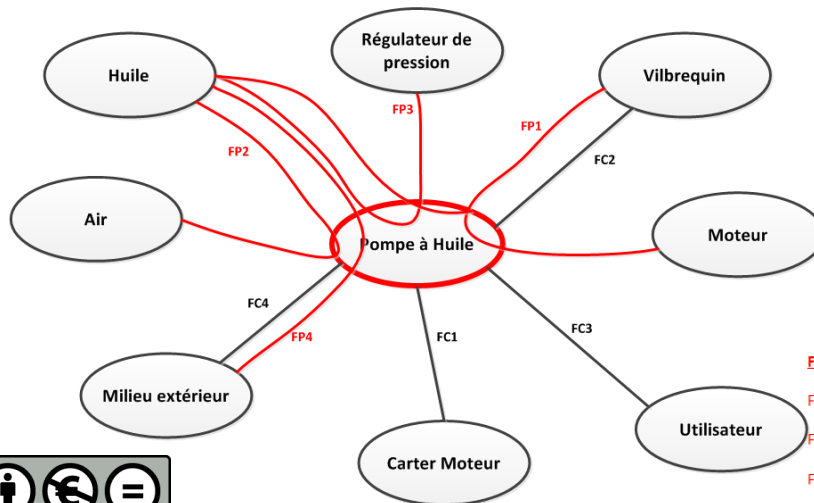


Diagramme Pieuvre: Pompe en marche



Fonctions principales:

- FP1 : Transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique.
- FP2 : Echanger des calories entre l'huile et l'air.
- FP3 : Accumuler et réguler la pression d'huile.
- FP4 : Empêcher toutes fuites d'huile vers le milieu extérieur.

Fonctions de contrainte:

- FC1 : Fixer et adapter la pompe sur différents moteurs.
- FC2 : Motoriser la pompe et respecter les limites de rotation.
- FC3 : Ne pas gêner l'utilisateur (bruits, vibrations,...).
- FC4 : Résister au milieu extérieur.

0. Mise en situation

Pompe à engrenage

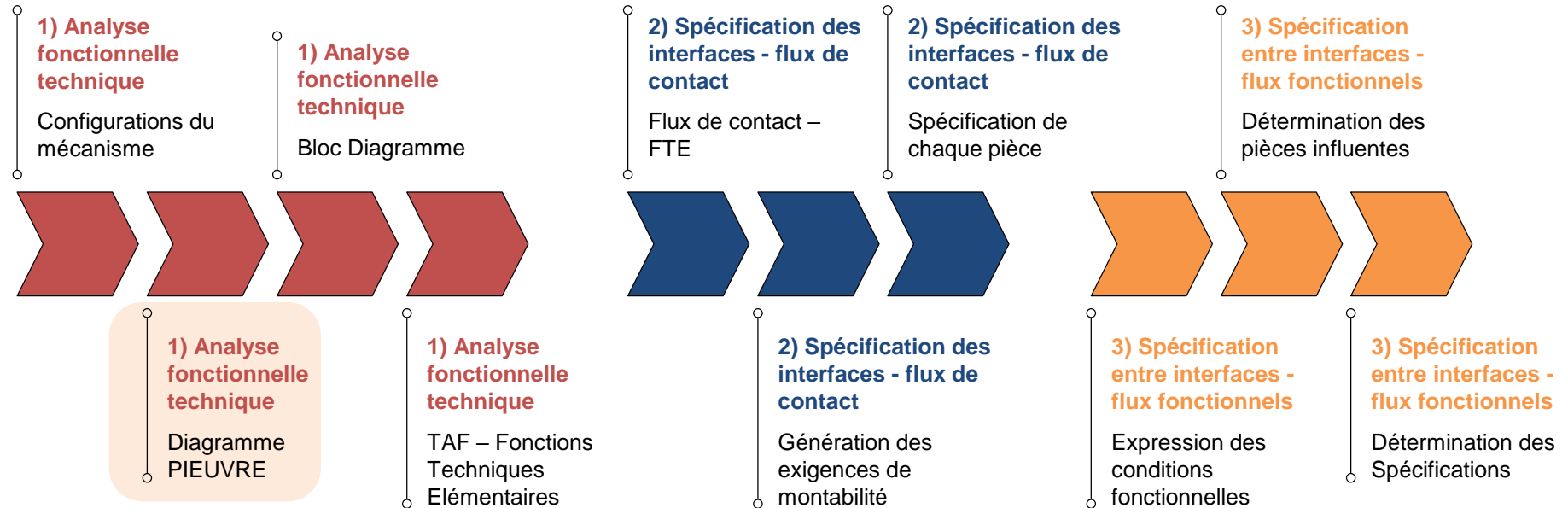
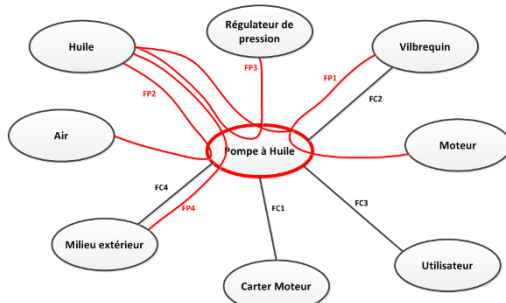


Diagramme Pieuvre: Pompe en marche



FP1	FP2	FP3	FP4	FP5	FP6	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	Points	%
FP1	2	2	3	2	3	3	1	3	2	2	3	3	1	30	22,222
FP2	1	2	1	1	3	1	2	1	1	1	2	1	1	13	9,6296
FP3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	8	5,9259
FP4	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	6	4,4444
FP5	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	6,6667
FP6	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	8	5,9259
FC1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2,963
FC2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	22	16,296
FC3	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	0,7407
FC4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	3,7037
FC5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2,2222
FC6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	3,7037
FC7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	4,4444
FC8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	11,111
Total														135	100

Caractérisation des fonctions d'un système

0. Mise en situation

Pompe à engrenage

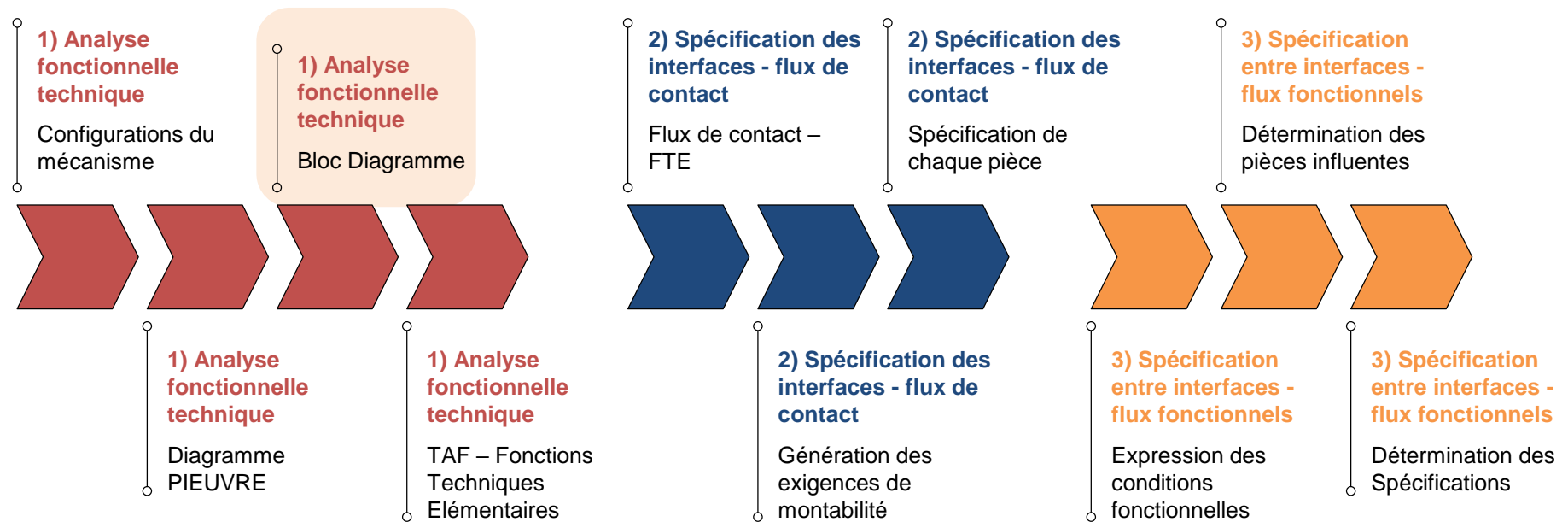
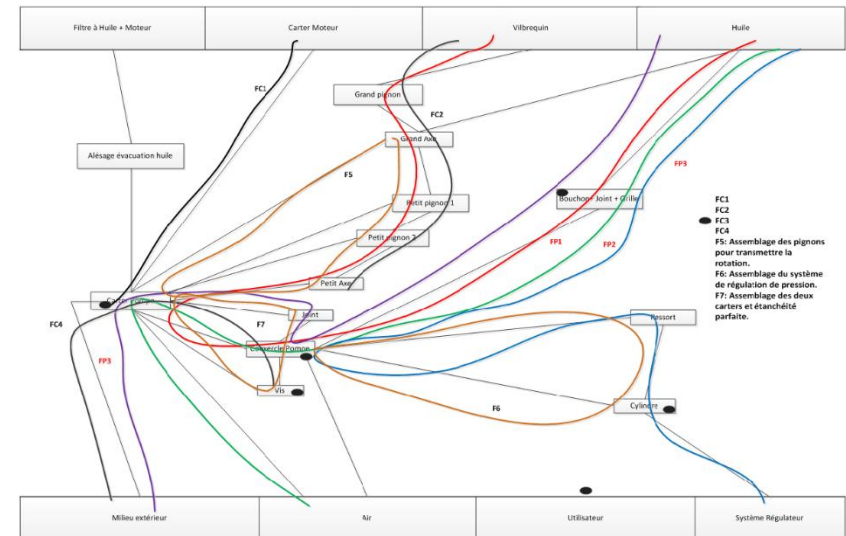
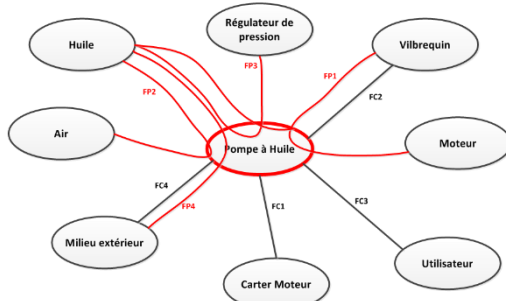


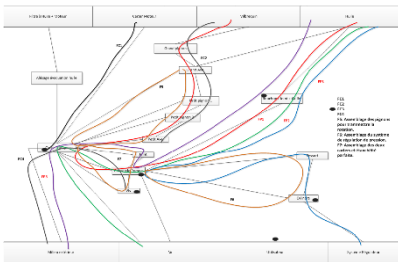
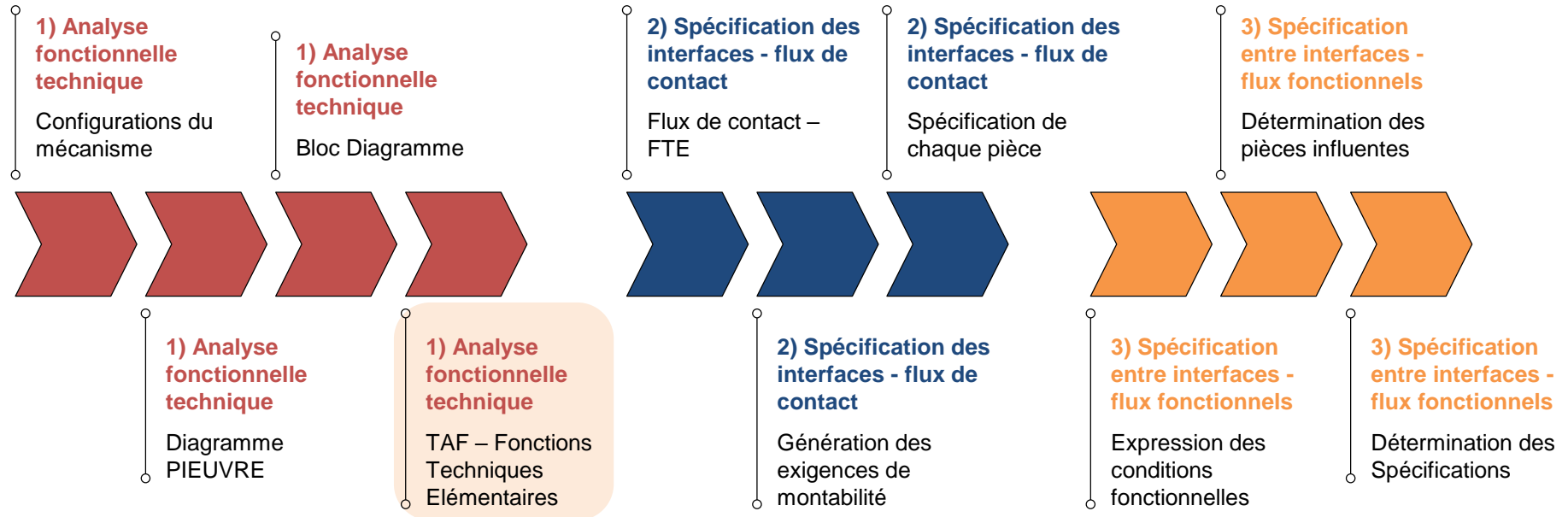
Diagramme Pieuvre: Pompe en marche



Analyse de la valeur d'une solution par l'analyse des flux fonctionnels

0. Mise en situation

Pompe à engrenage



No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces		
					Surf.1	Surf.2	Surf.3 GF
1	positionne	Couvercle de pompe	axial	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position des 2 carters	plan a		
2	positionne	Joint	axial	La FTE permet de caractériser la mise en position du joint sur le carter	plan a		
3	se positionne	Carter moteur	axial et radial	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position des 2 carters	plan c	cylindres d	
4	guide	Grand axe	radial	La FTE permet de caractériser la qualité du guidage de l'axe	cylindre i		
5	guide	petit axe	radial	La FTE permet de caractériser la qualité du guidage de l'axe	cylindre h		
6	positionne	4 vis	radial	La FTE permet de caractériser la qualité du maintien en position de la liaison carter/couvercle	cylindres b		
7	positionne	petit pignon 1	axial	La FTE permet de caractériser la qualité du guidage axial	plan g		
8	positionne	petit pignon 2	axial	La FTE permet de caractériser la qualité du guidage axial	plan g		
9	laisse passer	petit pignon 1	radial	La FTE permet de caractériser le contact non souhaité entre le carter et les engrenages	cylindre f		
10	laisse passer	petit pignon 2	radial	La FTE permet de caractériser le contact non souhaité entre le carter et les engrenages	cylindre j		

Sollicitations			Critères d'acceptation	
Quoi	Combien	CAE - CFG	Combien	Comment
Compression axiale	100 Mpa	Etanchéité-Contrainte axiale	Pas de fuites- $\sigma < 180$ Mpa	Visuel-RDM
Compression axiale	10 Mpa	Etanchéité-Jeu axial	Pas de fuite- $J < 0$	Chaînes de cotes-Visuel
Compression axiale	100 Mpa	Contrainte axiale	$\sigma < 180$ Mpa (Alu) 230 (Acier)	RDM
Compression radiale	10- >1000 Mpa	Contraintes axiale et radiale	$\sigma < 180$ Mpa (Alu) 230 (Acier)	RDM
Compression radiale	10- >1000 Mpa	Contraintes axiale et radiale	$\sigma < 180$ Mpa (Alu) 230 (Acier)	RDM
Traction axiale	100 Mpa	Contrainte axiale	$\sigma < 180$ Mpa (Alu) 230 (Acier)	RDM
Compression axiale	10- >1000 Mpa	Contrainte axiale	$\sigma < 180$ Mpa (Alu) 230 (Acier)	RDM
Compression axiale	10- >1000 Mpa	Contrainte axiale	$\sigma < 180$ Mpa (Alu) 230 (Acier)	RDM
-	-	Jeu radial	$J > 0$	Chaînes de cotes
-	-	Jeu radial	$J > 0$	Chaînes de cotes

Identification, formalisation, caractérisation des fonctions techniques élémentaires de chaque composant à partir de l'analyse des flux

0. Mise en situation

1) Analyse fonctionnelle technique

Configurations du mécanisme



1) Analyse fonctionnelle technique

Bloc Diagramme

1) Analyse fonctionnelle technique

Diagramme PIEUVRE

1) Analyse fonctionnelle technique

TAF – Fonctions Techniques Élémentaires

2) Spécification des interfaces - flux de contact

Flux de contact – FTE



2) Spécification des interfaces - flux de contact

Spécification de chaque pièce

2) Spécification des interfaces - flux de contact

Génération des exigences de montabilité

3) Spécification entre interfaces - flux fonctionnels

Détermination des pièces influentes

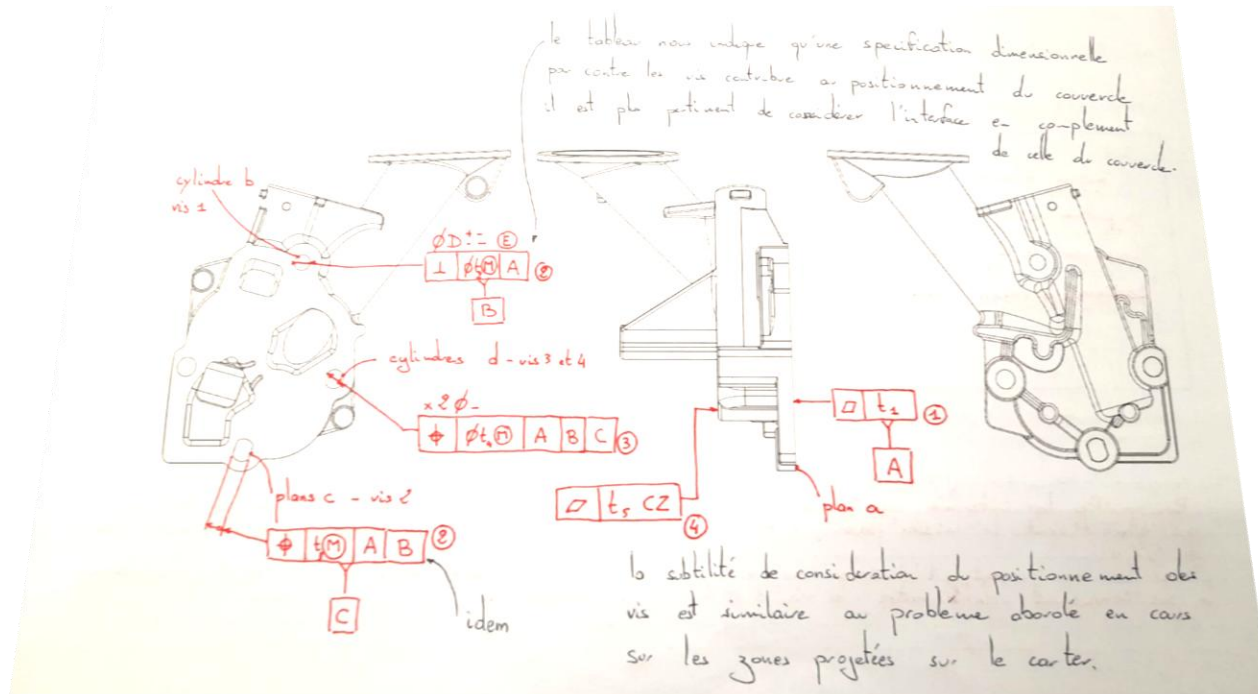


3) Spécification entre interfaces - flux fonctionnels

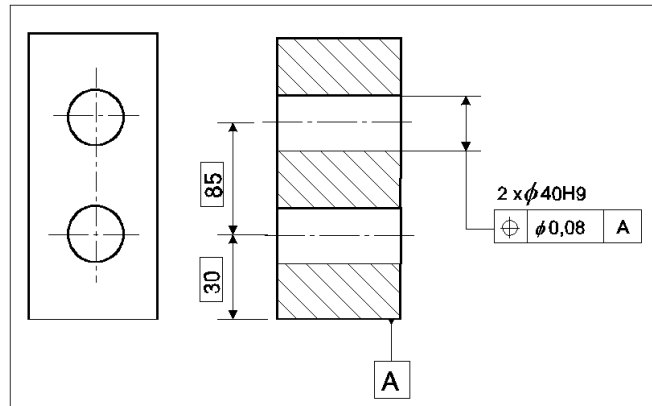
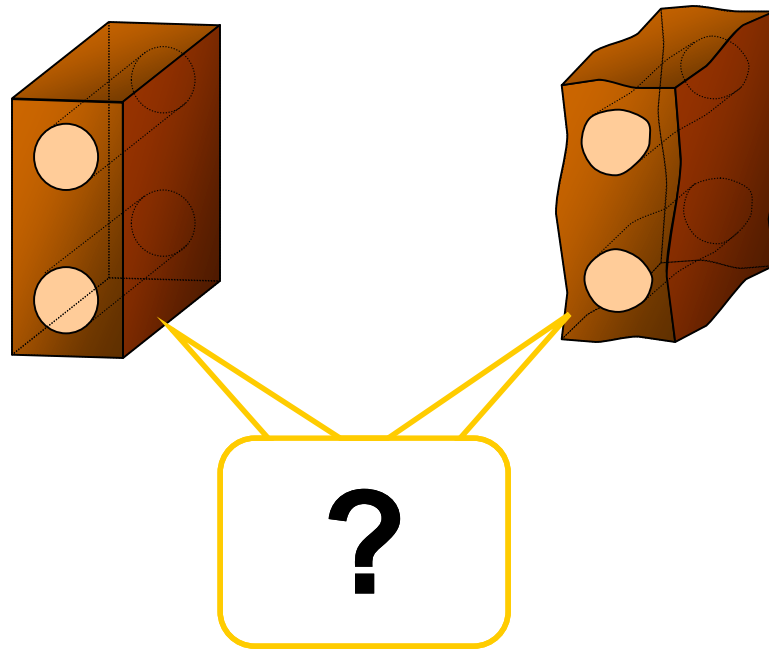
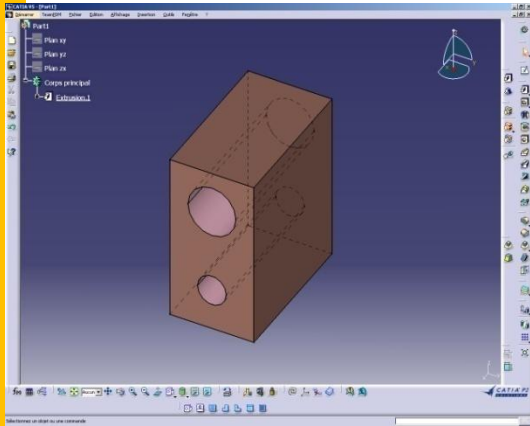
Expression des conditions fonctionnelles

3) Spécification entre interfaces - flux fonctionnels

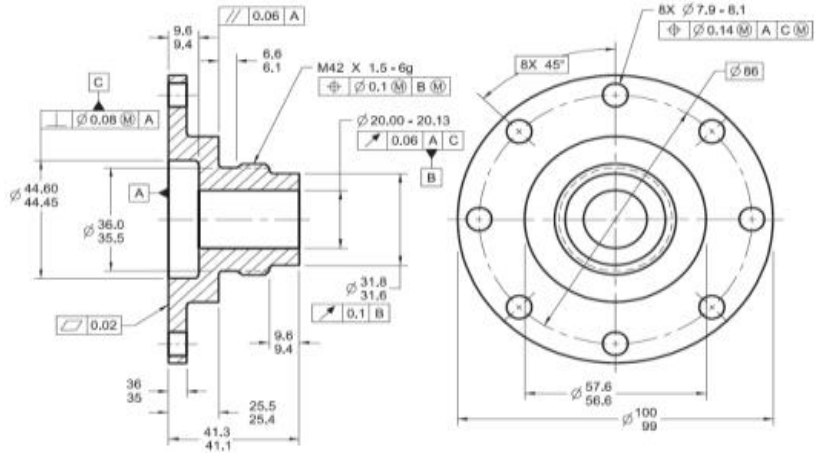
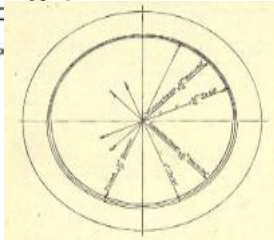
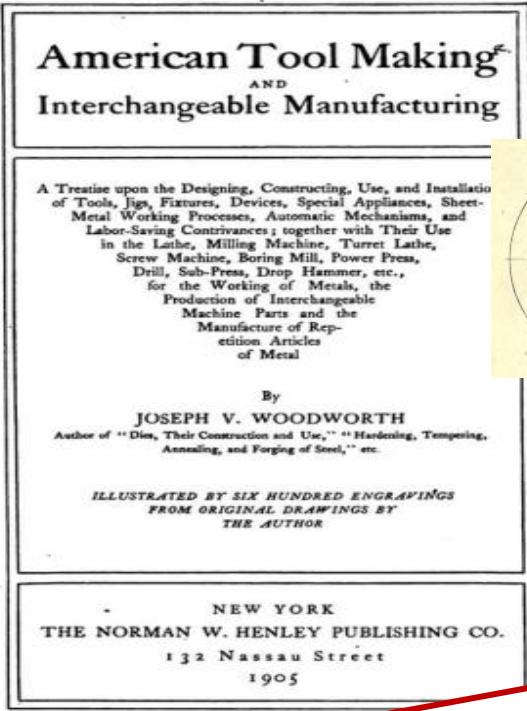
Détermination des Spécifications



1. Pourquoi spécifier ?



1. Pourquoi spécifier ?

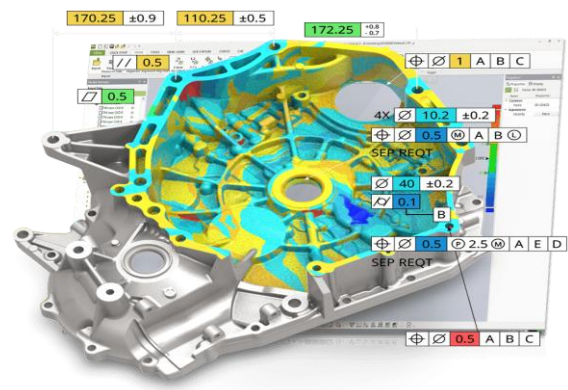


Interchangeability

Standards

CAD

Simulation



Industry 1.0

- Mechanization
- Steam power
- Weaving loom

1784

Industry 2.0

- Mass production
- Assembly line
- Electrical energy

1870

Industry 3.0

- Automation
- Computers and electronics

1969

Industry 4.0

- Cyber Physical Systems
- Internet of things
- Networks

Today

techno méca

COTATION ISO

Les nouvelles normes, une évolution nécessaire

FRÉDÉRIC CHARPENTIER^[1]

L'évolution du langage normalisé à partir du concept GPS (spécification géométrique du produit) fait apparaître des normes conceptuelles nécessaires à l'homogénéisation des normes applicatives. Parmi ces normes conceptuelles, l'ISO 17450-1 de juin 2005, qui permet de comprendre l'évolution des normes applicatives, l'ISO 1101 de janvier 2006 et son amendement, ainsi que l'ISO 5459, qui doit être publiée très prochainement. L'objet de cet article est non pas de décrire de façon exhaustive le contenu des normes présentées, mais d'en donner les axes directeurs. Pour plus d'informations, il est nécessaire de consulter les normes elles-mêmes.

La cotation fonctionnelle des produits industriels devient une préoccupation grandissante dans les démarches de conception intégrée. Afin de répondre à des problématiques de prescription, de conception et de vérification, les différents acteurs industriels contribuant à l'élaboration des produits doivent utiliser un système de communication rigoureux et général. La démarche normative liée à la spécification géométrique des produits (GPS) s'efforce de donner des outils permettant de répondre à ces problématiques.

La normalisation constitue alors un outil de communication avec les différents acteurs (les utilisateurs, les concepteurs produit, les concepteurs méthode, les fabricants, les pouvoirs publics et tous les autres partenaires). Les différentes normes sont élaborées, par consensus, par l'ensemble des acteurs du marché, au travers de groupes de travaux dans les bureaux de la normalisation.

Il est important de rappeler que les normes ne sont pas des textes législatifs ou réglementaires, mais bien des textes de références officiels auxquels chacun peut se référer de façon volontaire. Cette adhésion volontaire explique que certaines entreprises n'y adhèrent pas de façon systématique. Mais « la normalisation est une activité essentiellement technique à vocation économique » [1] [2].

Une étude effectuée dans les années 1990 dans le secteur de l'automobile française révélait que 80 % des difficultés rencontrées lors des mesures dimensionnelles sont dues principalement à une méconnaissance des normes de la part des concepteurs produit ou méthode ou des métrologues [2]. Les 20 % restants

mots-clés

conception et définition, cotation, lycée technologique, postbac

sont dus aux lacunes des normes ou à leurs divergences de l'une à l'autre.

En 1996, un comité technique est créé, le TC 213 (TC : comité technique) ; il est chargé des « spécifications dimensionnelle et géométrique des produits ». Ce comité travaille à partir d'un outil de programmation et d'analyse mis au point sous forme de matrice : la matrice GPS. Celle-ci a pour but de visualiser les normes existantes, pour chaque caractéristique dimensionnelle, macrogéométrique ou microgéométrique, allant du langage graphique à l'exigence de l'appareillage de mesure, en passant par des définitions univoques et des procédures de mesure.

Le concept GPS, une norme ISO ?

Le concept, mis en place sous forme de matrice, permet d'identifier les normes manquantes et les doublons. Il donne lieu à une première norme ISO/GPS : « Schéma directeur » [3] [4].

Cette norme a pu déstabiliser, dans un premier temps, les différents utilisateurs des normes ISO, comme en témoigne l'expression suivante, fréquemment entendue lors des formations ou des consultations : « Je sais citer ISO mais pas GPS » [4].

Ne nous trompons pas de cible ; cette norme, expression du concept GPS, n'est pas une norme applicative par définition. Elle s'inscrit dans un processus qui permet de définir des concepts généraux (normalisés) utiles à des normes applicatives [4]. Ces dernières sont des normes que nous utilisons pour la plupart depuis les années 1980.

Ces concepts généraux vont permettre d'homogénéiser les termes et les définitions. La norme « Concepts généraux – partie 1 : Modèle pour la spécification et la vérification géométriques » [5] est présentée ci-après.

À qui s'adresse les normes conceptuelles ?

En premier lieu, aux normalisateurs, afin qu'ils puissent faire « l'état de l'art » des normes associées à la prescription, la conception et la vérification des produits. Puis à tous ceux qui souhaitent comprendre

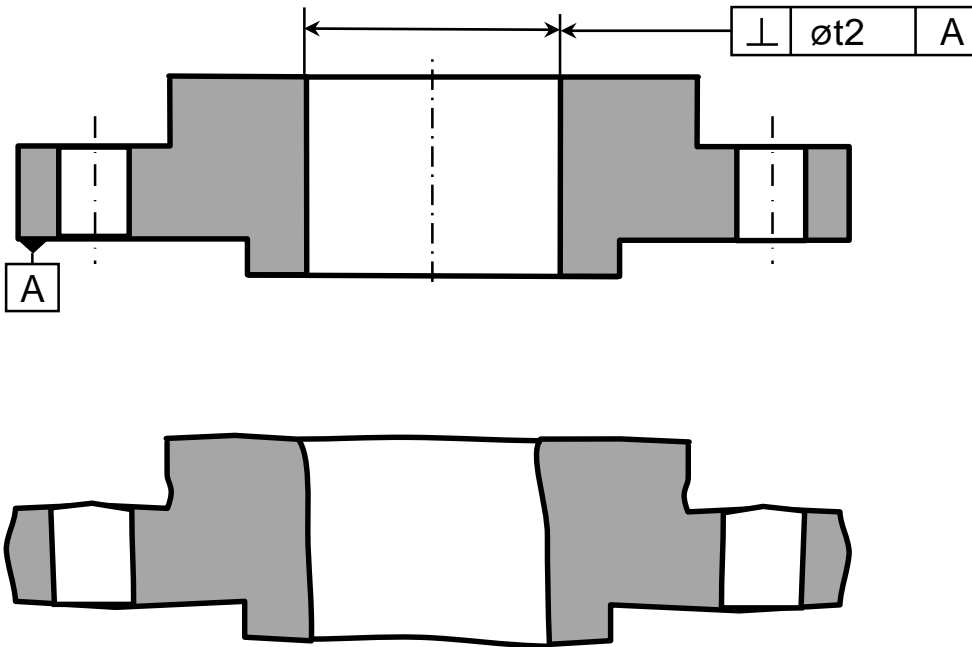
[1] Professeur agrégé de génie mécanique, formateur vacataire à l'ESCP/Cnam dans la formation Ingénieurs 2000, expert français de l'ISO à l'UNM au TC 213 (GPS). Courriel: Frederic.Charpentier@efc-technic.com

[2] Les chiffres entre crochets sur fond gris renvoient à la bibliographie en fin d'article.

3. Qu'est ce qu'une spécification ?

Chaque spécification à une signification bien précise, au-delà de son type

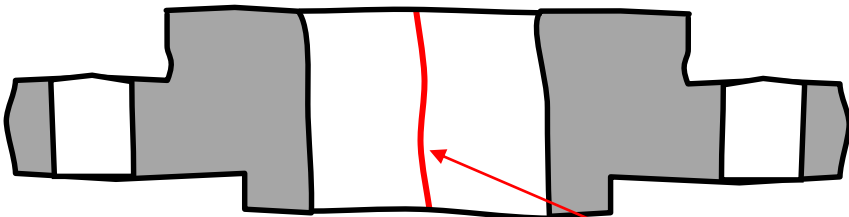
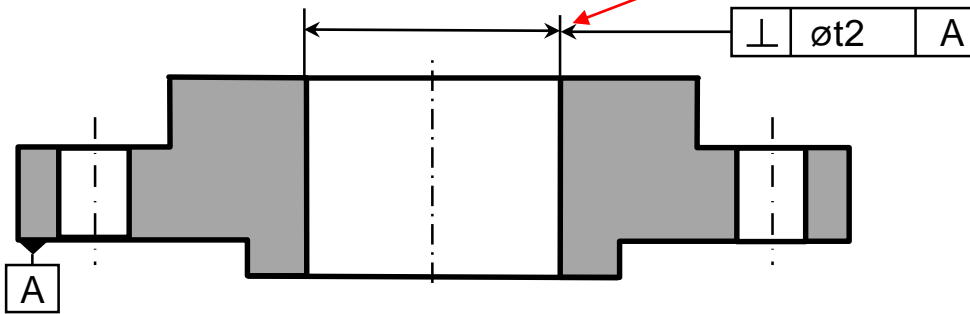
Une **spécification** exprime une **condition géométrique** sur des éléments



3. Qu'est ce qu'une spécification ?

Élément tolérancé : élément géométrique de la surface réelle spécifiée (donc un élément réel / non idéal, issu du "skin model") auquel s'applique la condition

Désignation de l'élément tolérancé



Élément Tolérancé

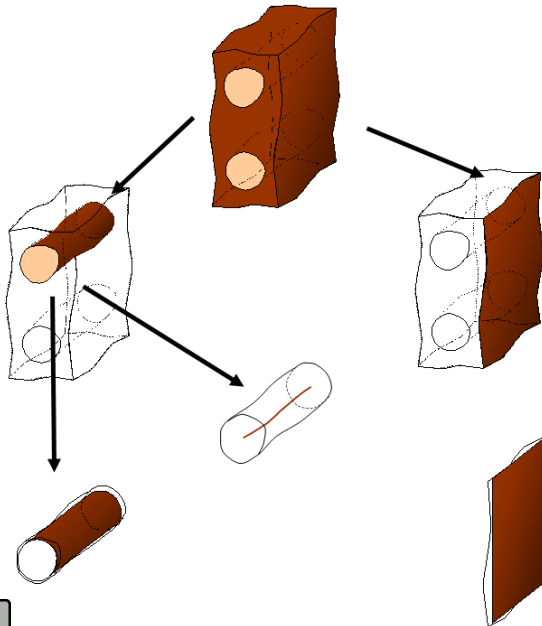
3. Qu'est ce qu'une spécification ?

Élément tolérancé : élément géométrique de la surface réelle spécifiée (donc un élément réel / non idéal, issu du "skin model") auquel s'applique la condition

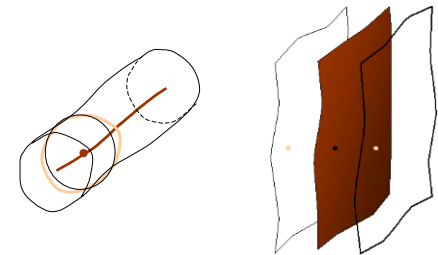
Nature de l'élément tolérancé

L'élément tolérancé peut être, selon l'intention fonctionnelle et la manière dont le cadre est rattaché sur le dessin :

- ✓ la surface réelle spécifiée elle-même (élément intégral),
- ✓ une ligne de la surface (ex. "ligne réputée rectiligne" extraite) (élément intégral),
- ✓ une surface médiane réelle (élément dérivé),
- ✓ un axe obtenu par association d'une surface cylindrique (élément dérivé),
- ✓ plus généralement tout autre élément associé à la surface spécifiée lorsque des conventions d'extraction/association sont définies.

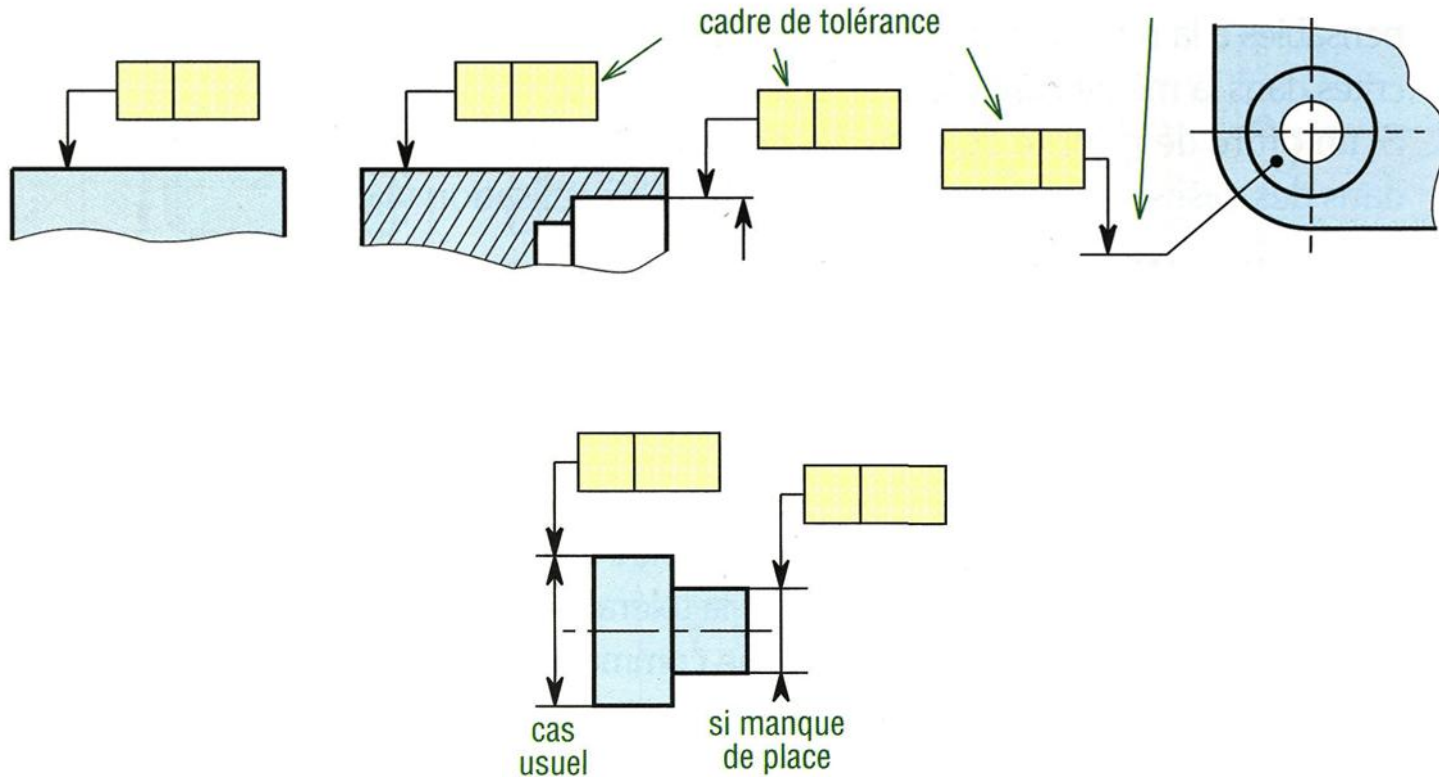


- ✓ Skin model
- ✓ Élément intégral
- ✓ Élément dérivé
- ✓ Élément associé



3. Qu'est ce qu'une spécification ?

Élément tolérancé : élément géométrique de la surface réelle spécifiée (donc un élément réel / non idéal, issu du "skin model") auquel s'applique la condition



3. Qu'est ce qu'une spécification ?

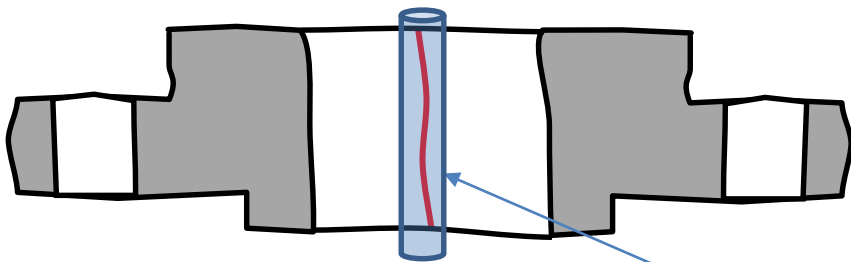
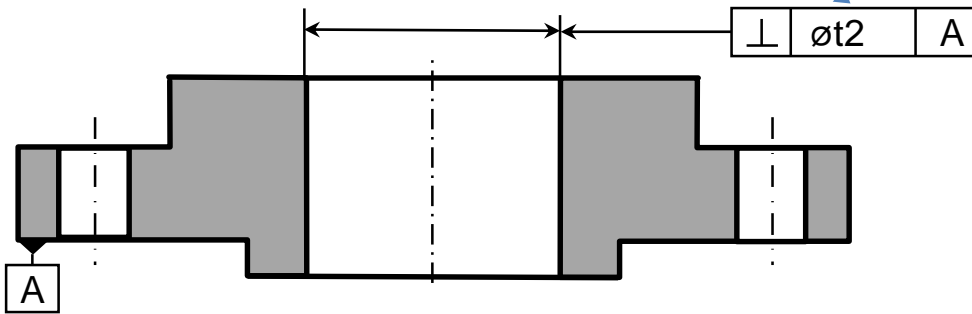
Élément tolérancé : élément géométrique de la surface réelle spécifiée (donc un élément réel / non idéal, issu du "skin model") auquel s'applique la condition

3. Qu'est ce qu'une spécification ?

Zone de tolérance : espace géométrique idéal (un volume ou une région, borné(e) par des surfaces/lignes idéales) dans lequel doit être contenu l'élément tolérancé pour que la spécification soit respectée.

La spécification est vérifiée si l'élément tolérancé est contenu dans cette zone de tolérance.

Désignation de la zone de tolérance

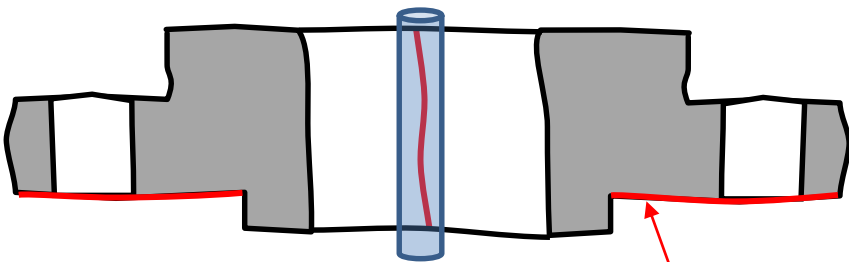
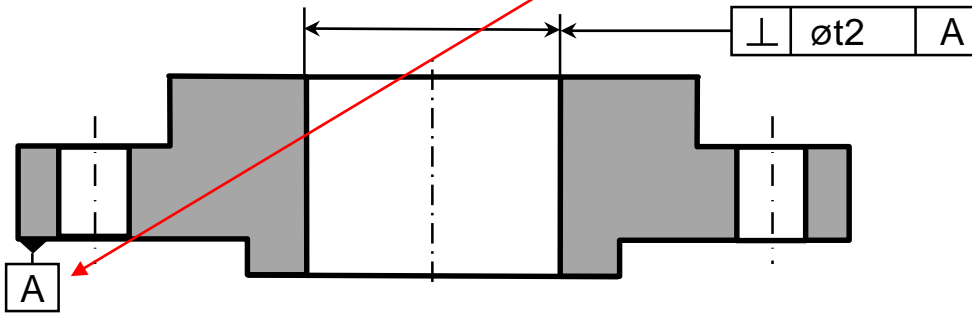


Zone de tolérance

3. Qu'est ce qu'une spécification ?

Élément de référence : élément réel d'une pièce (par ex. surface, arête, trou, etc.) utilisé pour établir/déterminer une référence spécifiée (c.-à-d. le repère théorique exact — plan/droite/point — auquel on rapportera ensuite la zone de tolérance)

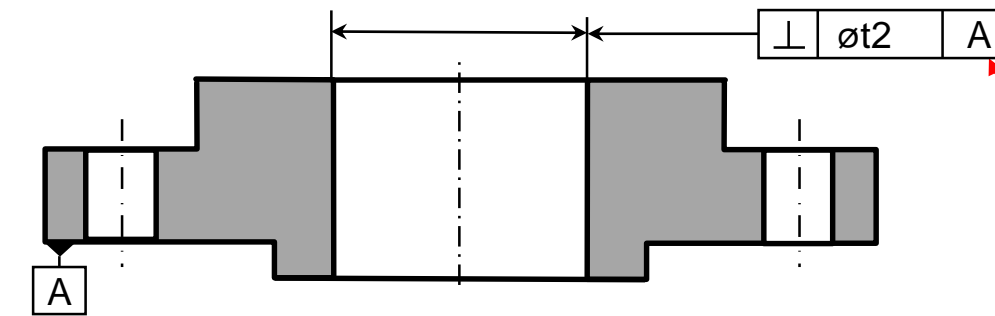
Désignation de l'élément de référence



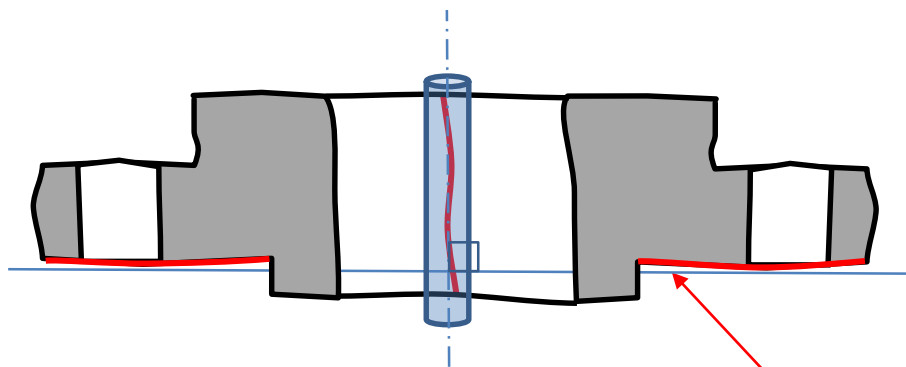
Élément de référence

3. Qu'est ce qu'une spécification ?

Référence spécifiée (RS) : forme géométrique théoriquement exacte (par ex. plan, droite, axe, etc.) défini par association aux éléments de référence, et par rapport à laquelle on définit la position et/ou l'orientation de la zone de tolérance (ou d'un gabarit).



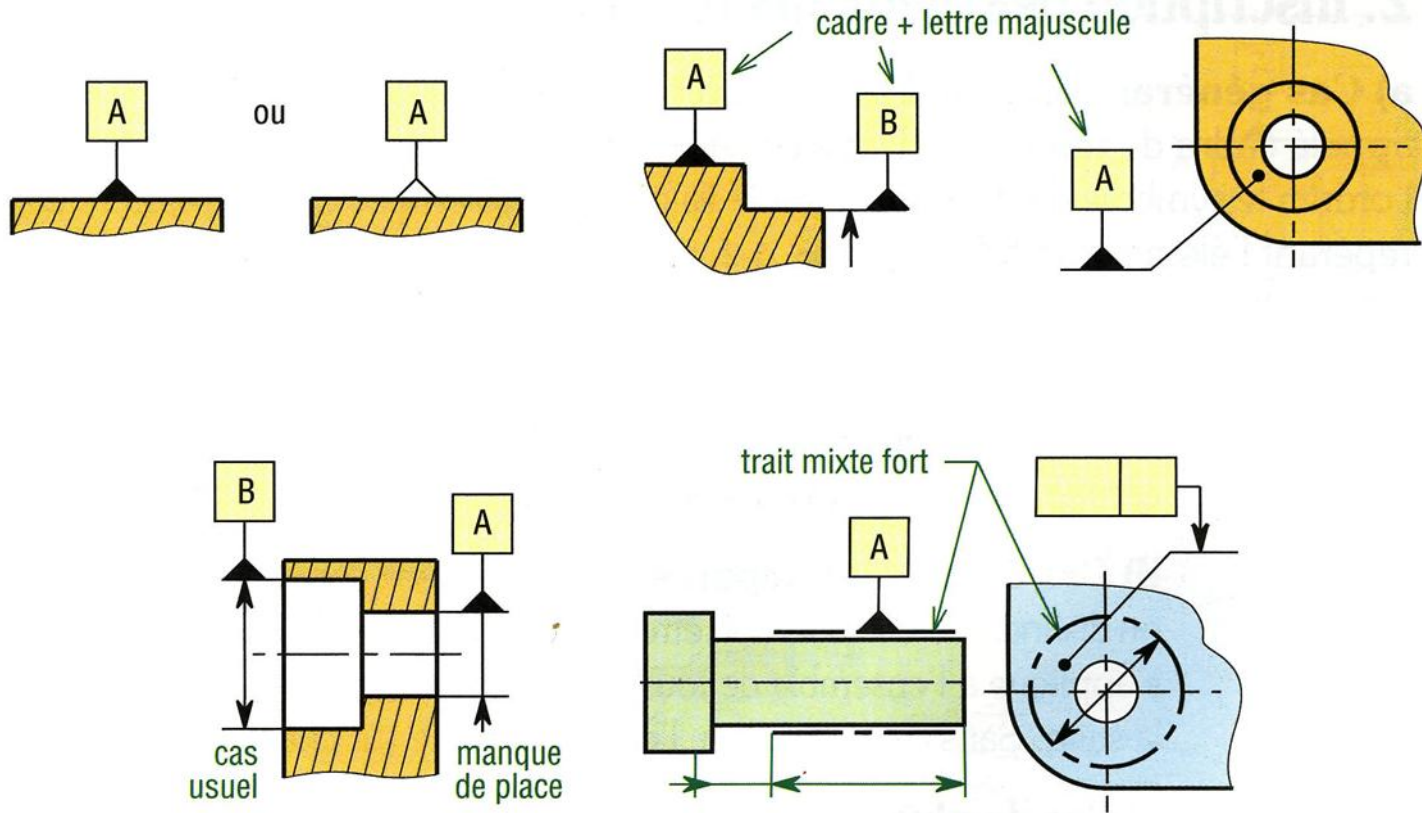
Désignation de la référence spécifiée



Référence spécifiée

3. Qu'est ce qu'une spécification ?

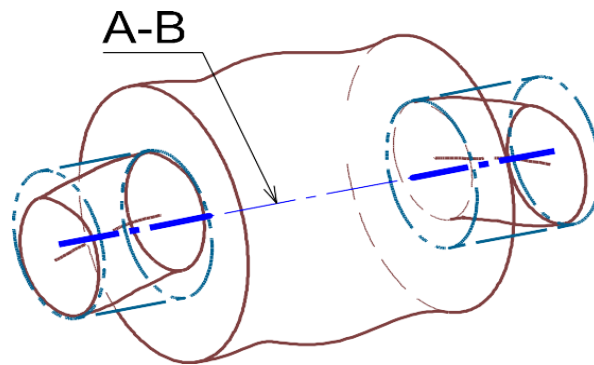
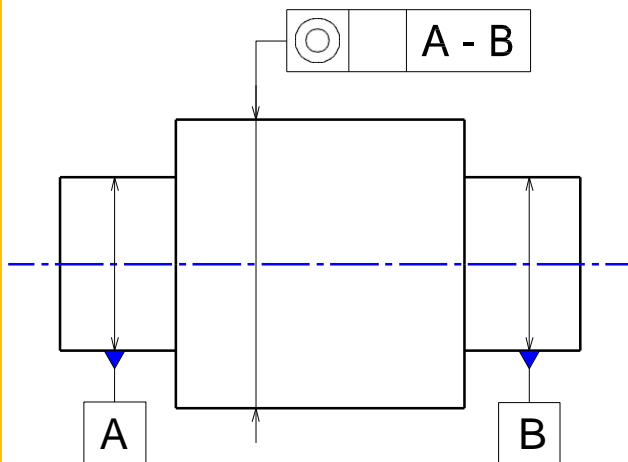
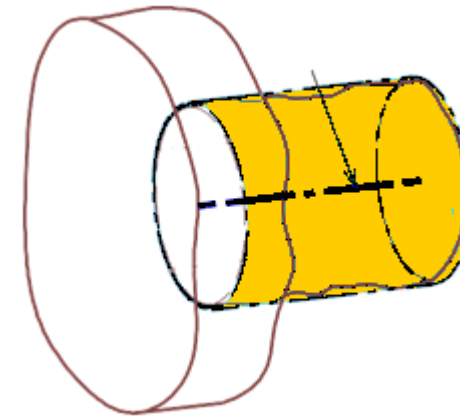
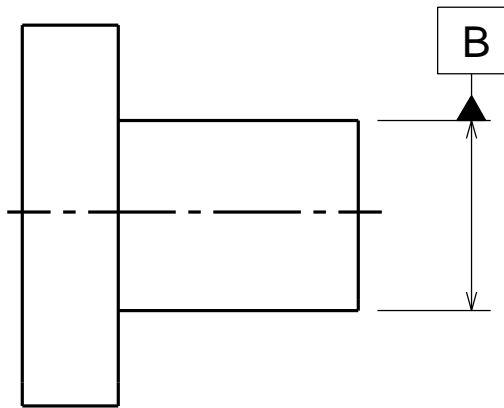
Référence spécifiée (RS) : forme géométrique théoriquement exacte (par ex. plan, droite, axe, etc.) défini par association aux éléments de référence, et par rapport à laquelle on définit la position et/ou l'orientation de la zone de tolérance (ou d'un gabarit).



3. Qu'est ce qu'une spécification ?

Référence spécifiée (RS) : forme géométrique théoriquement exacte (par ex. plan, droite, axe, etc.) défini par association aux éléments de référence, et par rapport à laquelle on définit la position et/ou l'orientation de la zone de tolérance (ou d'un gabarit).

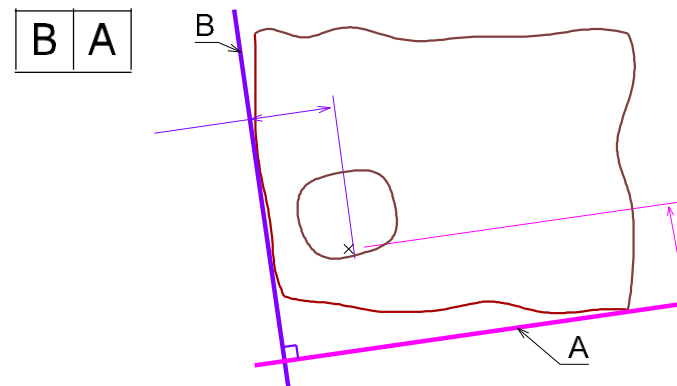
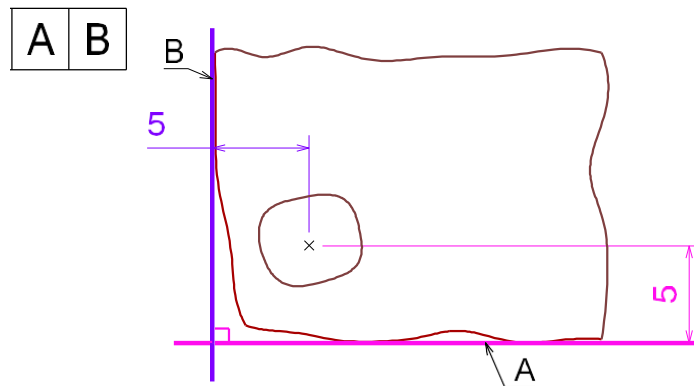
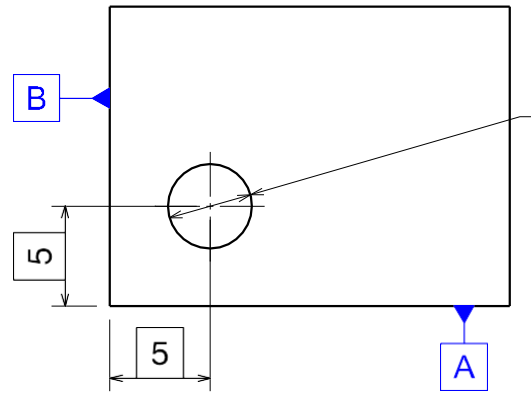
Références spécifiées cylindriques



3. Qu'est ce qu'une spécification ?

Référence spécifiée (RS) : forme géométrique théoriquement exacte (par ex. plan, droite, axe, etc.) défini par association aux éléments de référence, et par rapport à laquelle on définit la position et/ou l'orientation de la zone de tolérance (ou d'un gabarit).

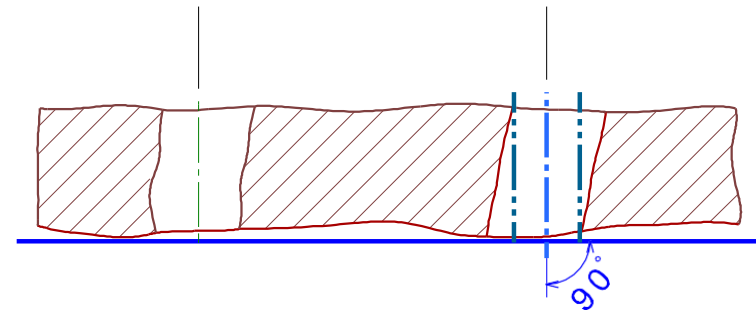
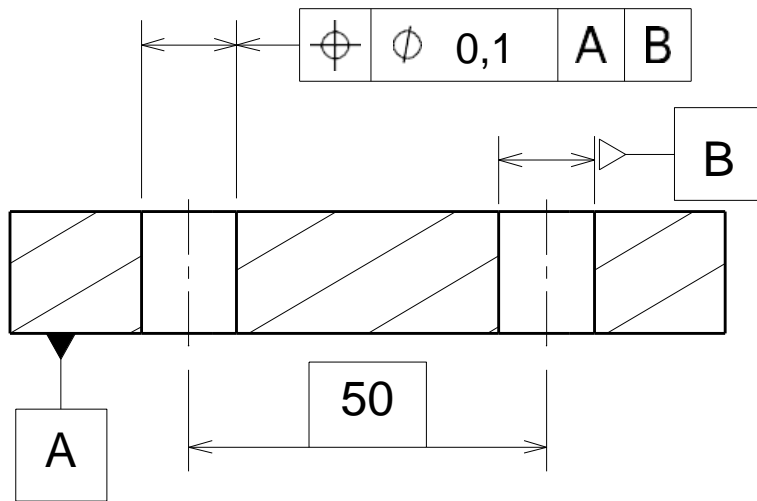
Références spécifiées planes



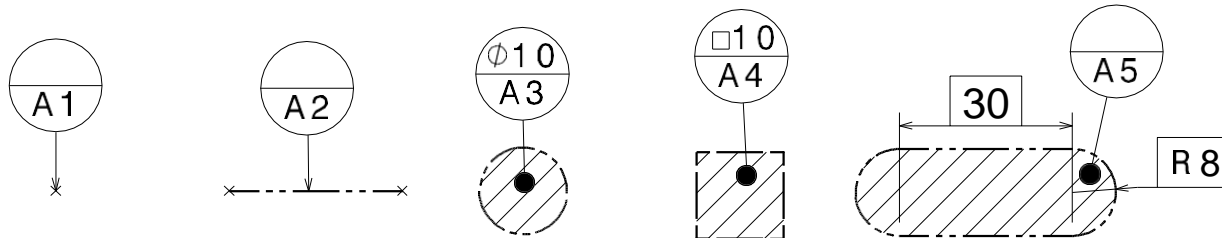
3. Qu'est ce qu'une spécification ?

Référence spécifiée (RS) : forme géométrique théoriquement exacte (par ex. plan, droite, axe, etc.) défini par association aux éléments de référence, et par rapport à laquelle on définit la position et/ou l'orientation de la zone de tolérance (ou d'un gabarit).

Références spécifiées hybrides

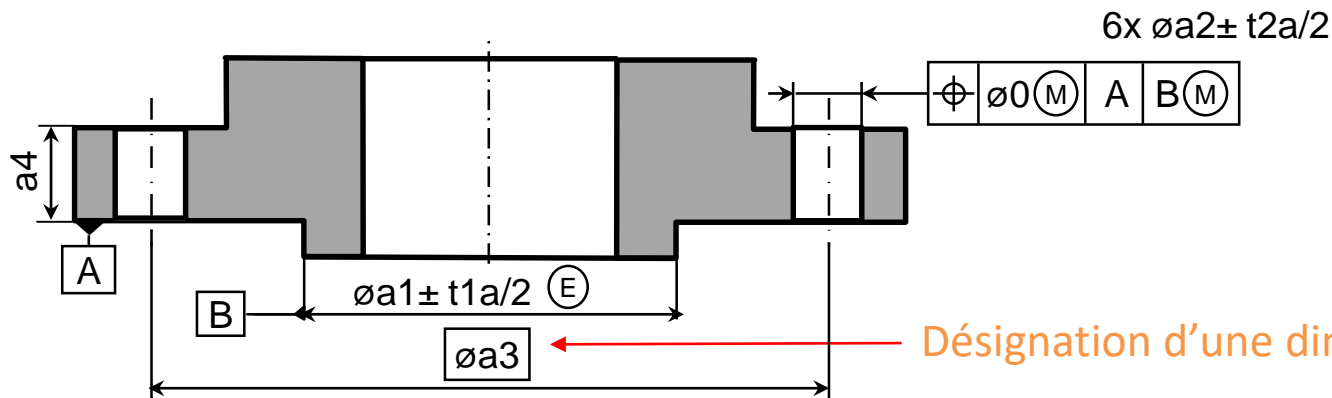


Références partielles



3. Qu'est ce qu'une spécification ?

Dimension théorique exacte (DTE / TED) : cote encadrée exprimant une relation nominale théoriquement exacte (sans tolérance propre) utilisée pour définir la géométrie/position/orientation théorique d'un élément (ou du support de la zone de tolérance) par rapport aux références spécifiées ; la variation admissible est portée par la spécification géométrique (cadre de tolérance) et non par la cote elle-même.

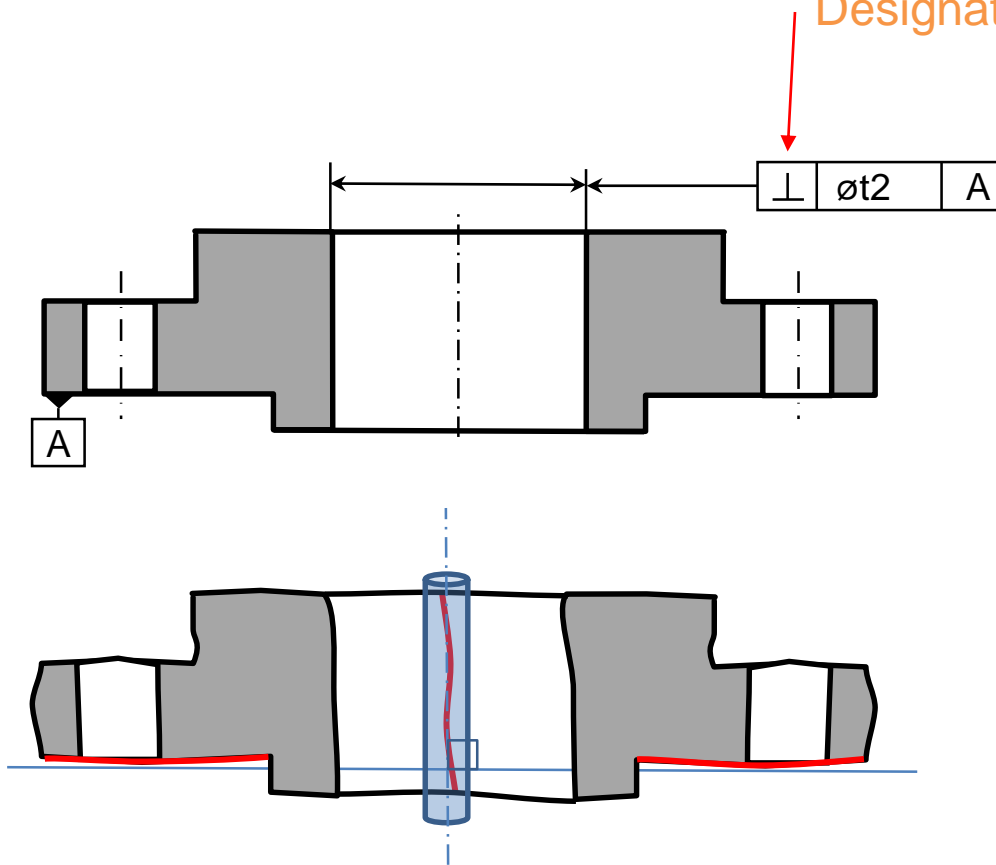


Désignation d'une dimension théorique exacte

3. Qu'est ce qu'une spécification ?



















Type de spécification : catégorie de la spécification géométrique (ISO 1101) indiquant la nature de l'exigence portée par le symbole (forme / orientation / position / battement) et, par conséquent, la manière dont la zone de tolérance est définie et référencée.

Désignation du type de la spécification



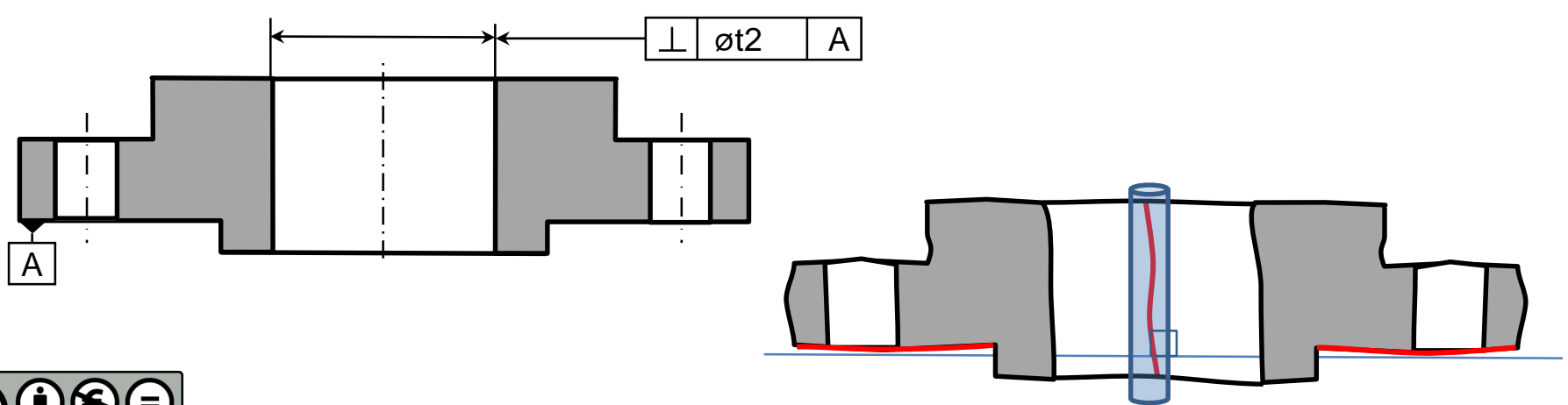
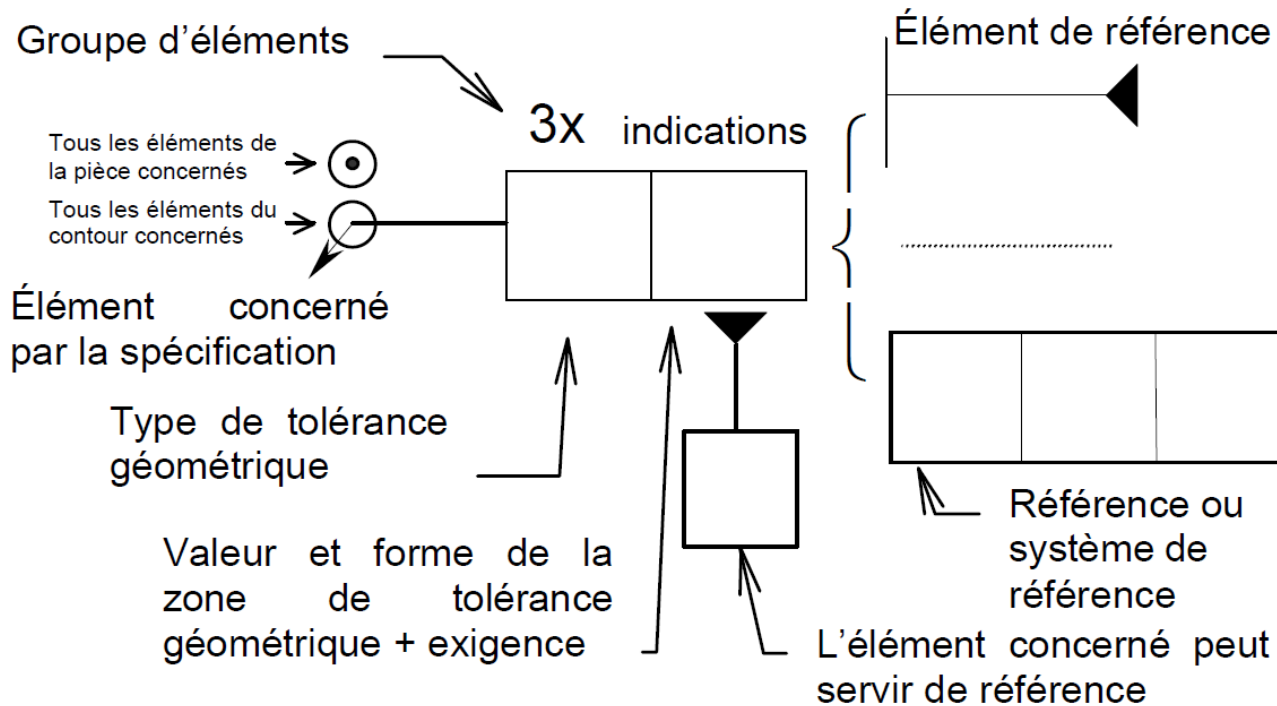
3. Qu'est ce qu'une spécification ?

Type de spécification : catégorie de la spécification géométrique (ISO 1101) indiquant la nature de l'exigence portée par le symbole (forme / orientation / position / battement) et, par conséquent, la manière dont la zone de tolérance est définie et référencée.

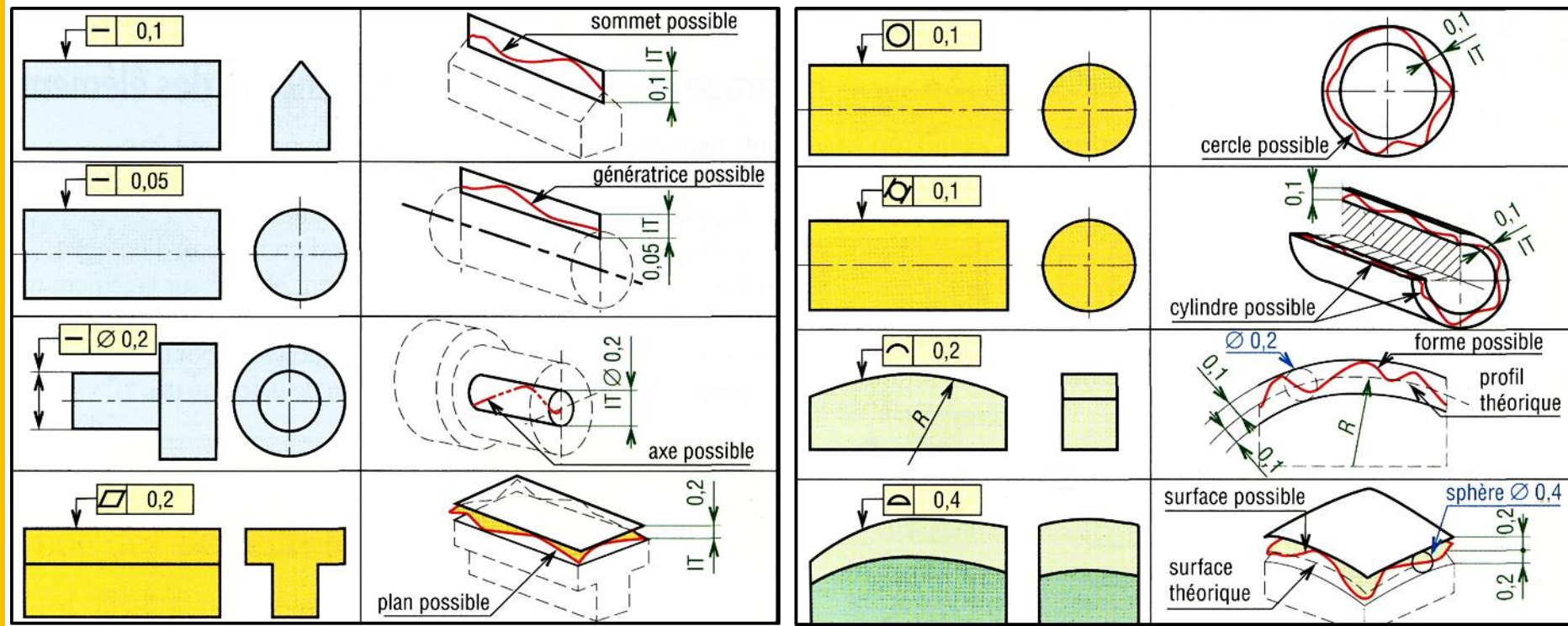
Tolérances	Cas généraux		Cas particuliers	
Forme	Forme d'une ligne quelconque		Rectitude	
	Forme d'une surface quelconque		Circularité	
Orientation	Inclinaison		Planéité	
			Cylindricité	
Position	Localisation		Parallélisme	
			Perpendicularité	
			Concentricité	
Coaxialité				
			symétrie	
Battements <i>(Le battement est le défaut conjugué de forme, d'orientation et de position mesuré au cours de la rotation d'un élément autour d'un axe de référence)</i>	Battements circulaires (norme ISO) simples (norme NF)		Radial	
			Axial	
			Oblique	
	Battements totaux		Radial	
			Axial	
			Oblique (Norme NF)	

3. Qu'est ce qu'une spécification ?

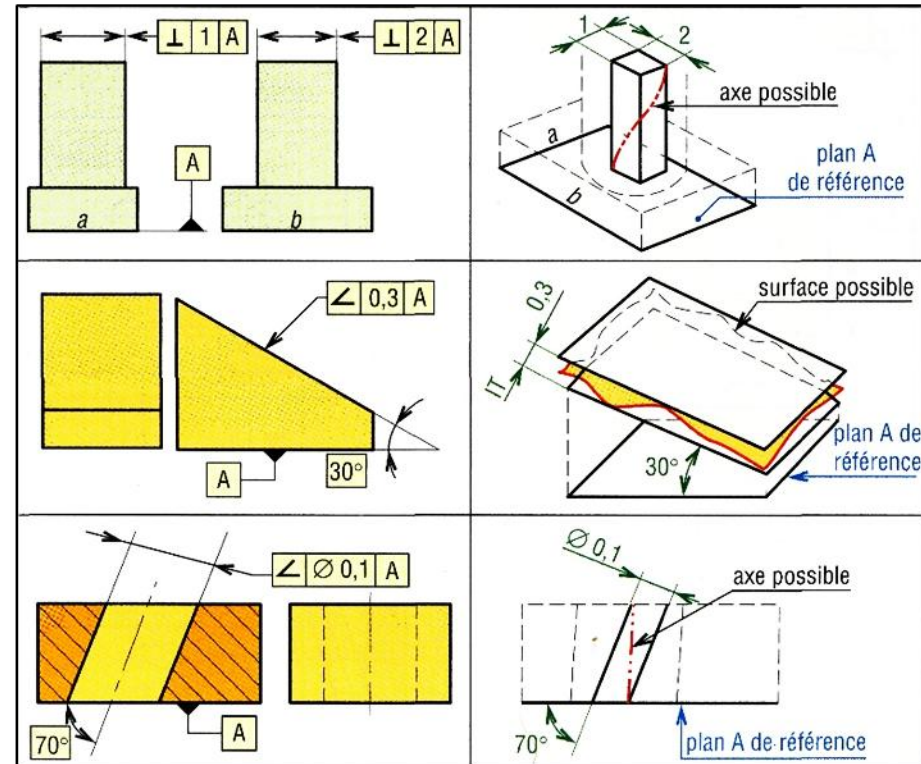
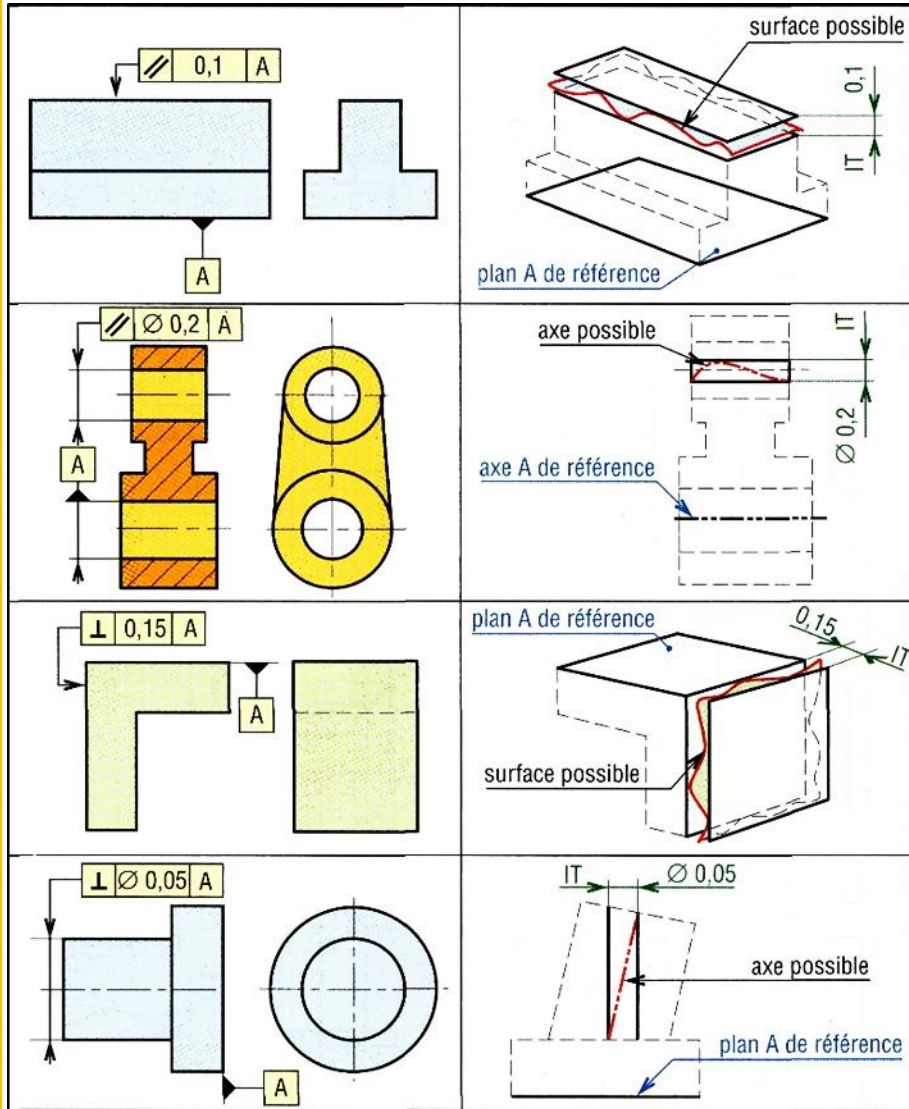
Syntaxe :



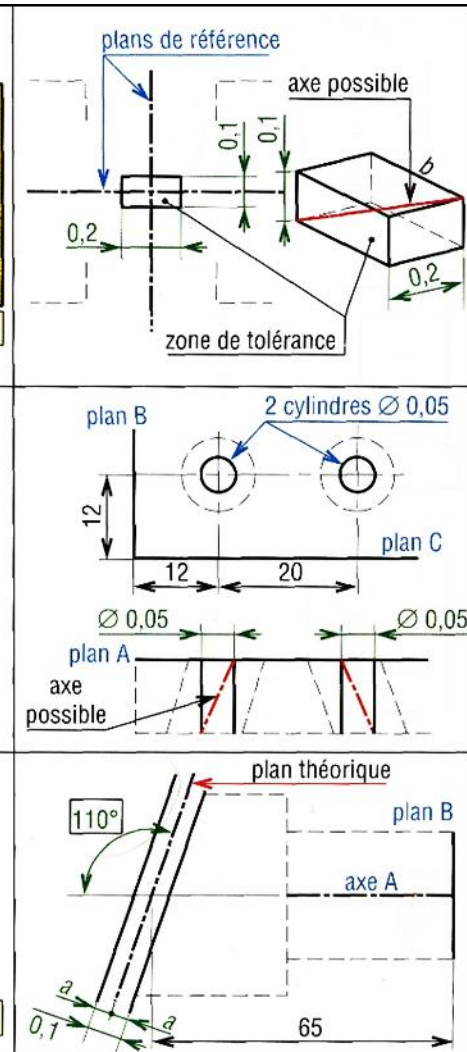
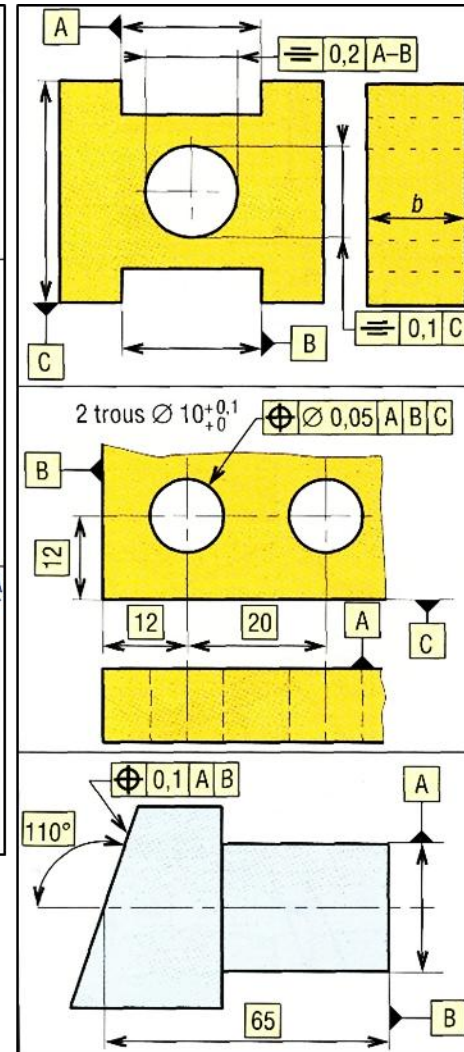
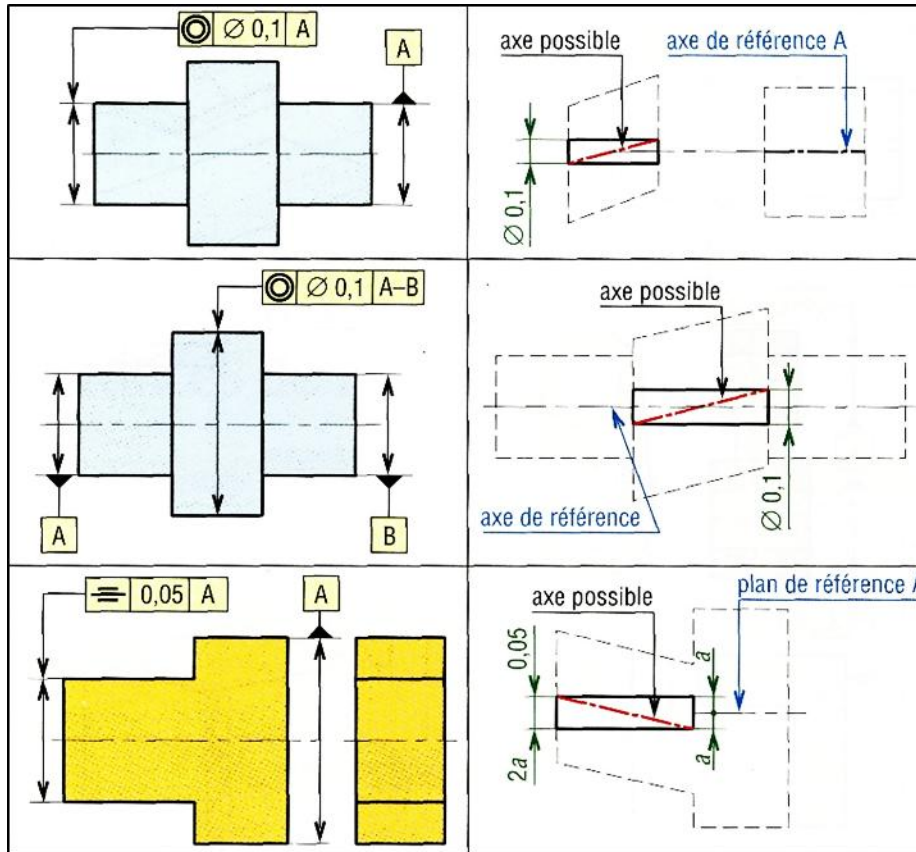
3. Qu'est ce qu'une spécification ? Illustrations



3. Qu'est ce qu'une spécification ? Illustrations

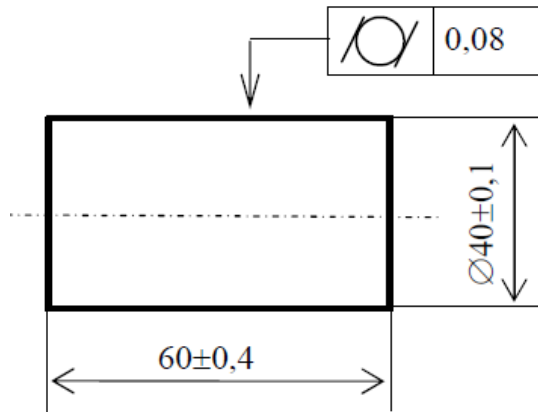


3. Qu'est ce qu'une spécification ? Illustrations



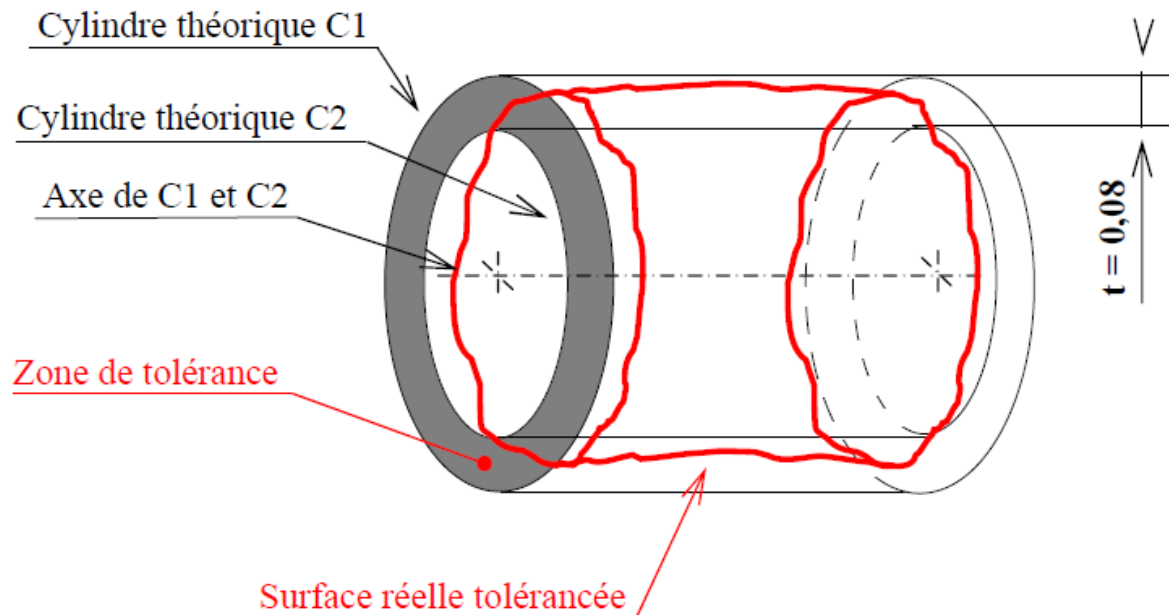
3. Qu'est ce qu'une spécification ? Illustrations

Syntaxe :



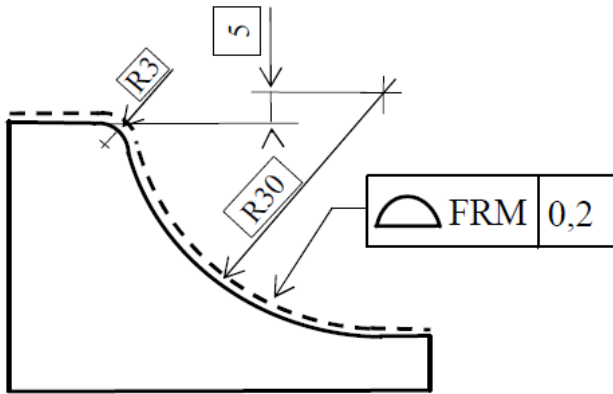
Commentaire :

Illustration :



3. Qu'est ce qu'une spécification ? Illustrations

Syntaxe :

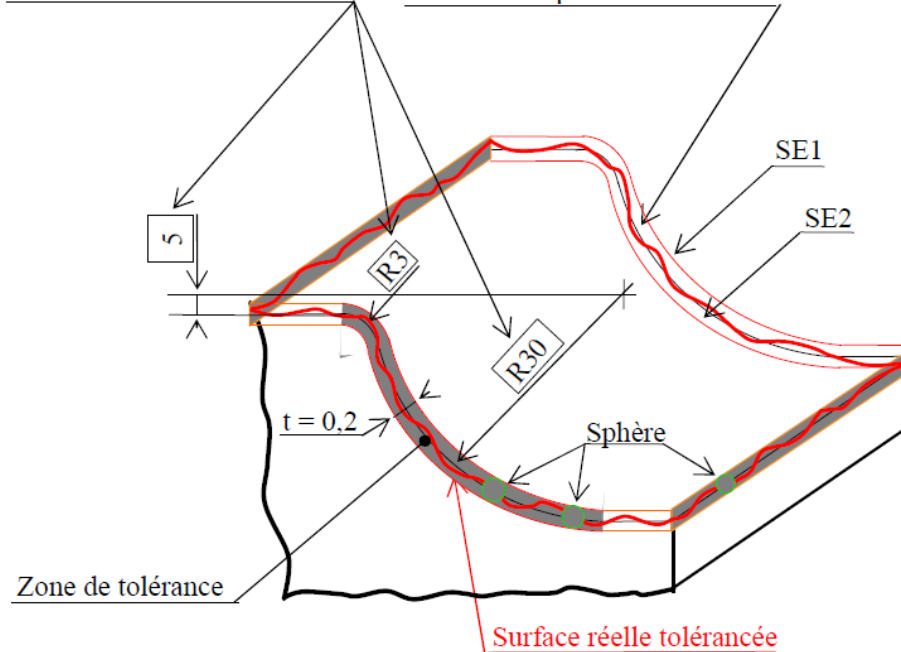


Commentaire :

Illustration :

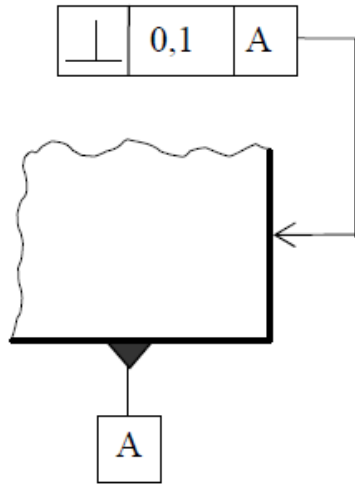
Cotes encadrées :
dimensions théoriques exactes

Support de la zone de tolérance :
forme théorique



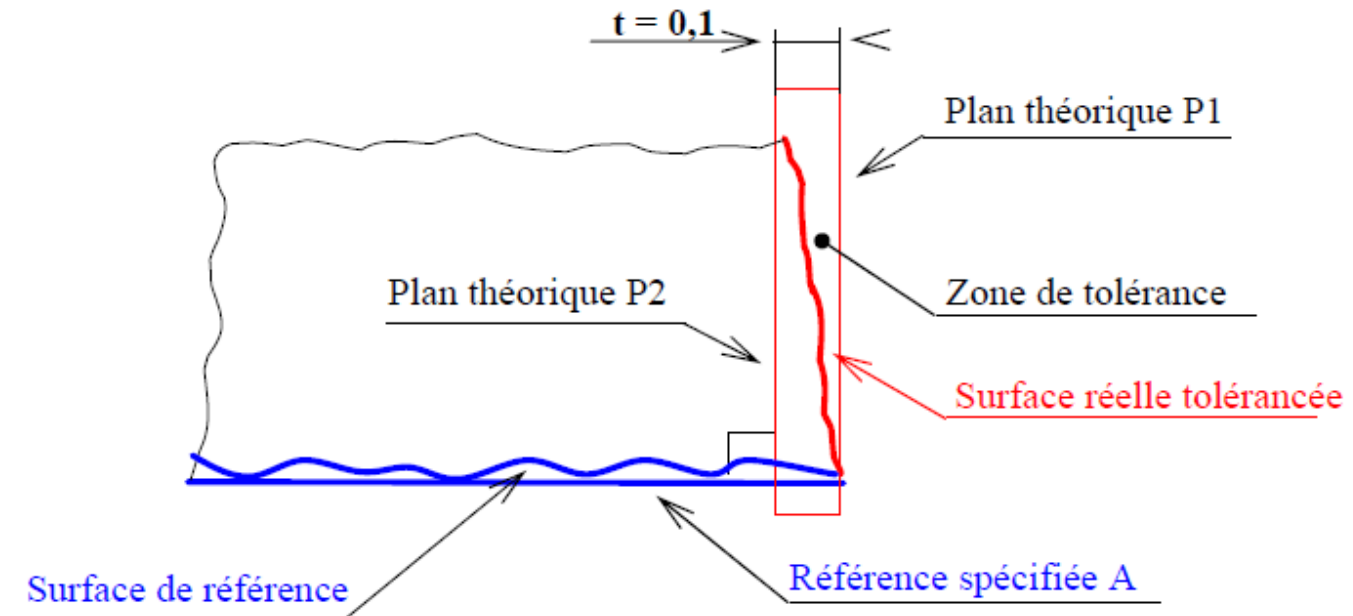
3. Qu'est ce qu'une spécification ? Illustrations

Syntaxe :



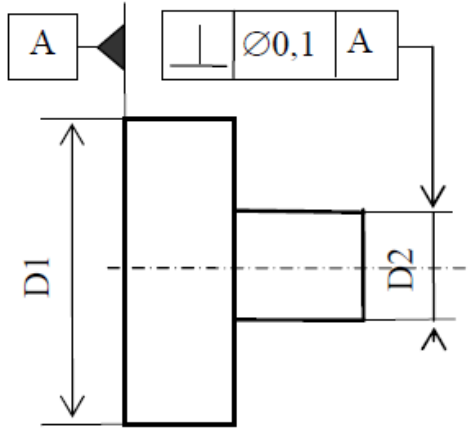
Commentaire :

Illustration :



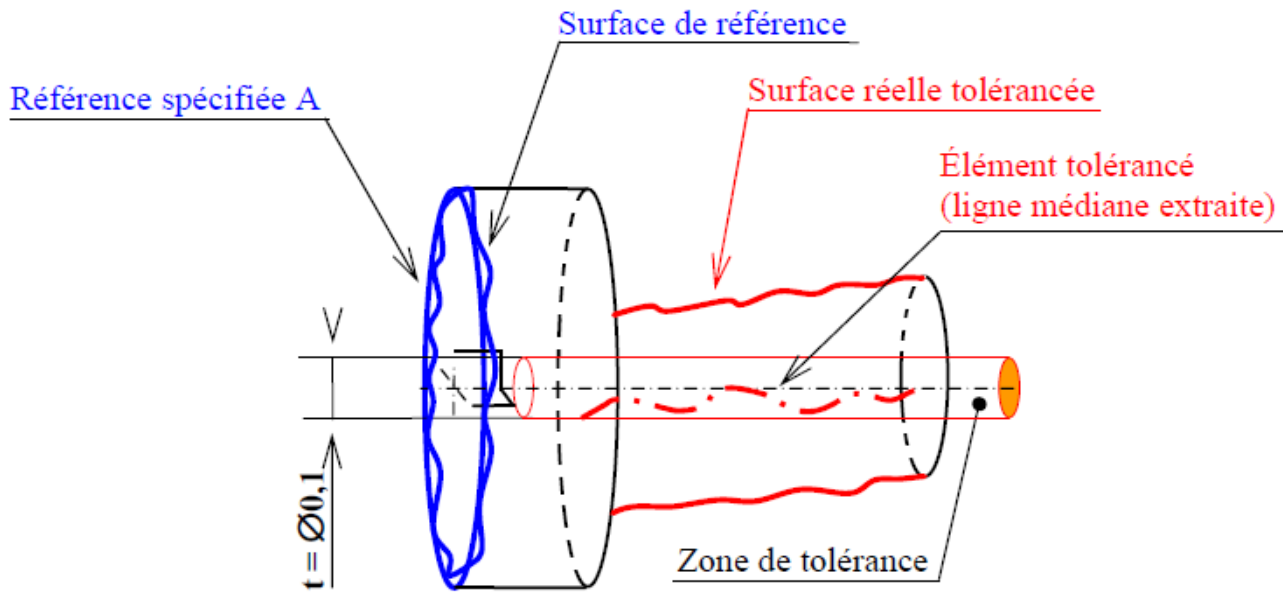
3. Qu'est ce qu'une spécification ? Illustrations

Syntaxe :



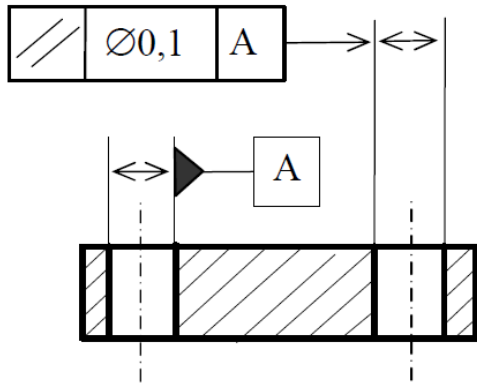
Commentaire :

Illustration :



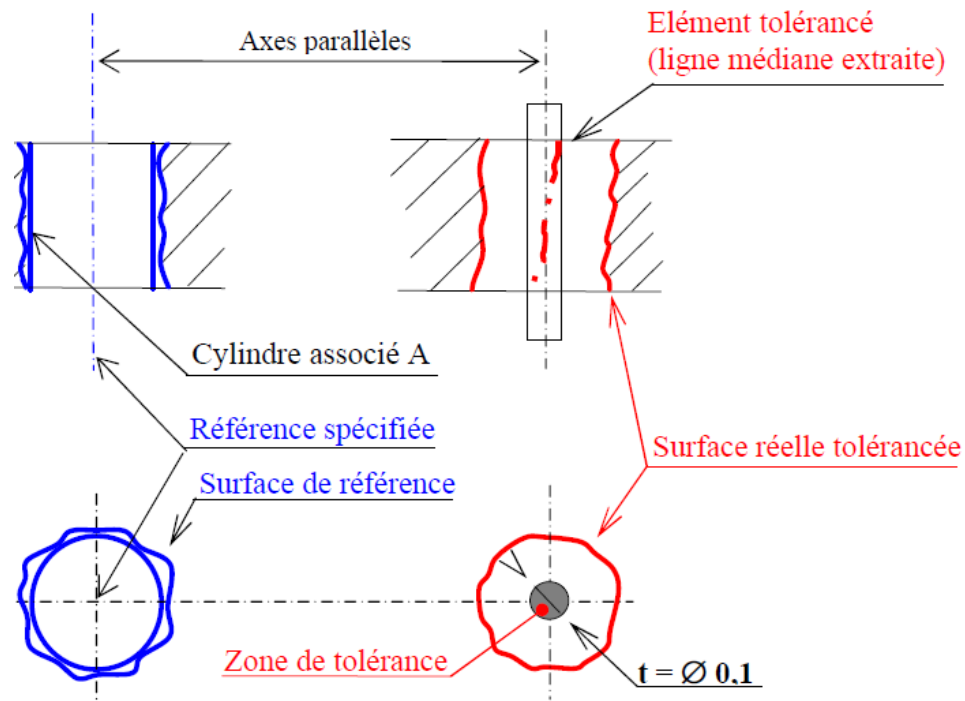
3. Qu'est ce qu'une spécification ? Illustrations

Syntaxe :



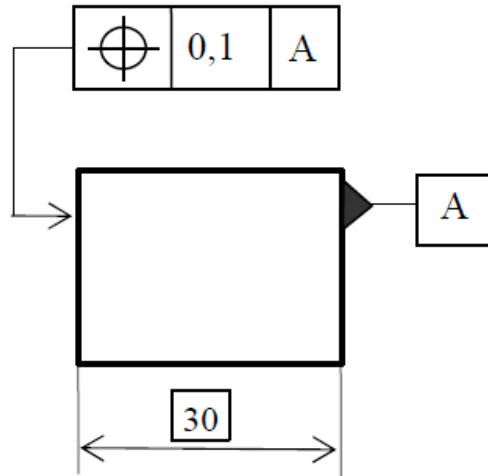
Commentaire :

Illustration :



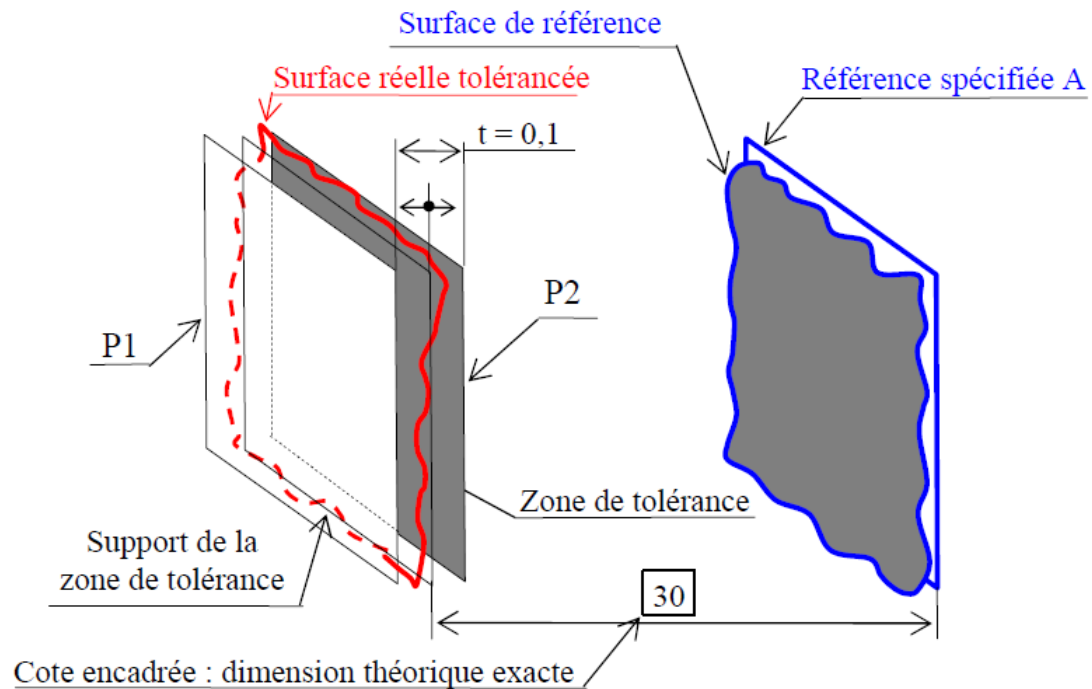
3. Qu'est ce qu'une spécification ? Illustrations

Syntaxe :



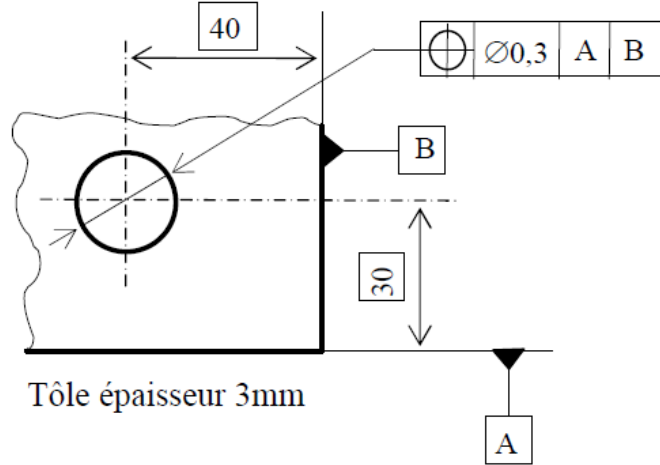
Commentaire :

Illustration :



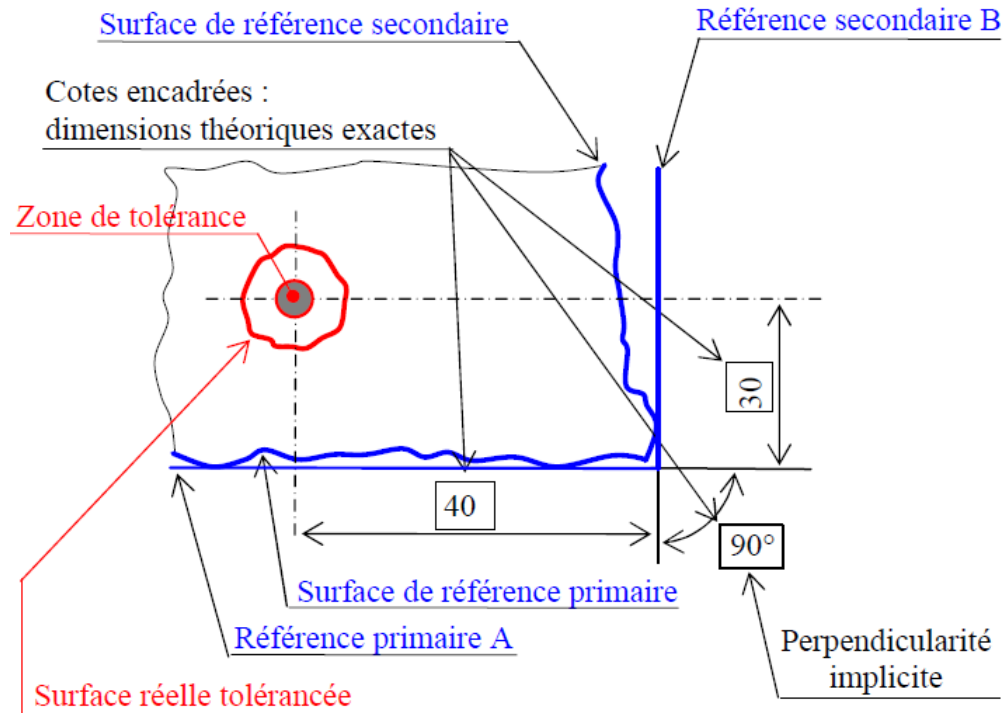
3. Qu'est ce qu'une spécification ? Illustrations

Syntaxe :



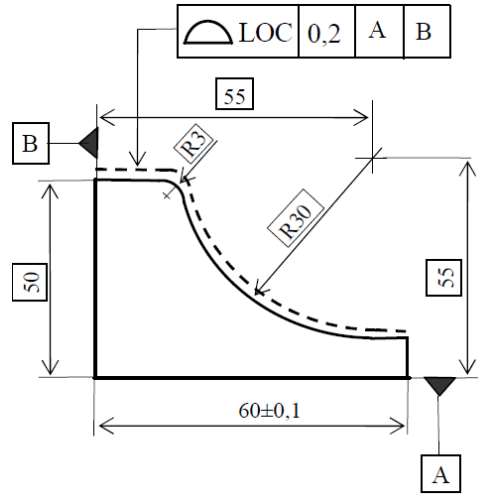
Commentaire :

Illustration :



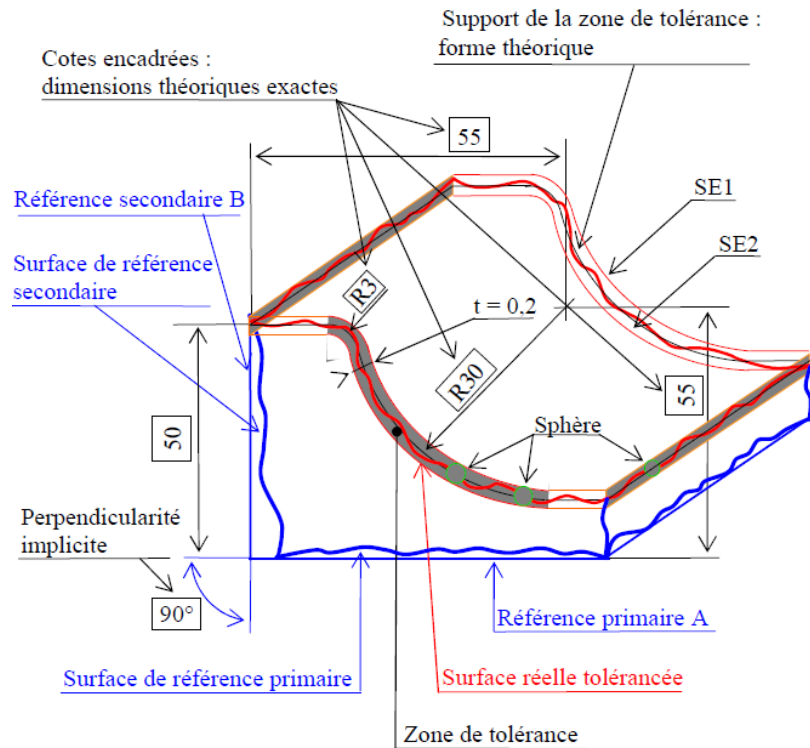
3. Qu'est ce qu'une spécification ? Illustrations

Syntaxe :

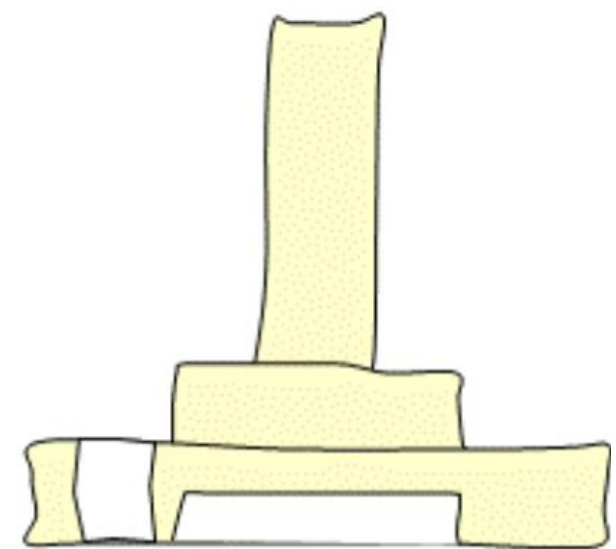
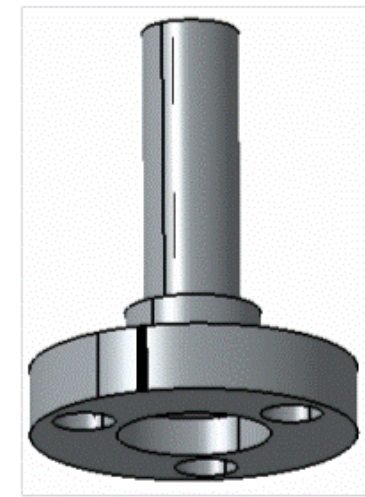
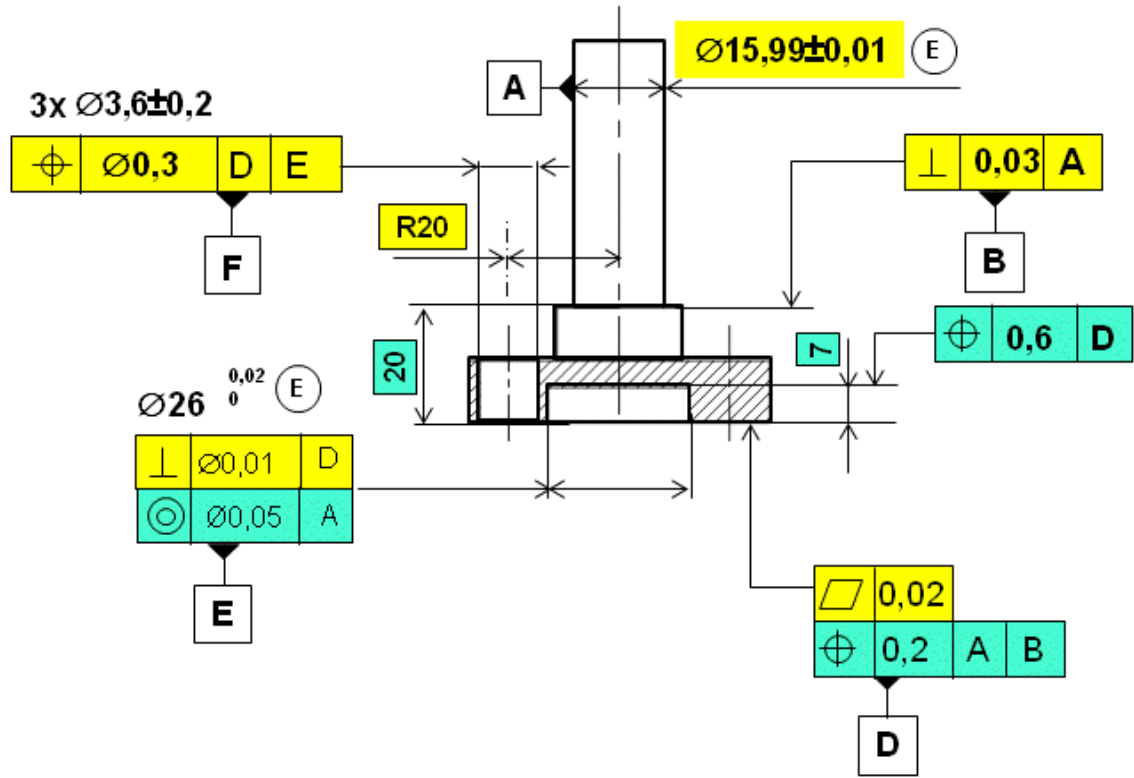


Commentaire :

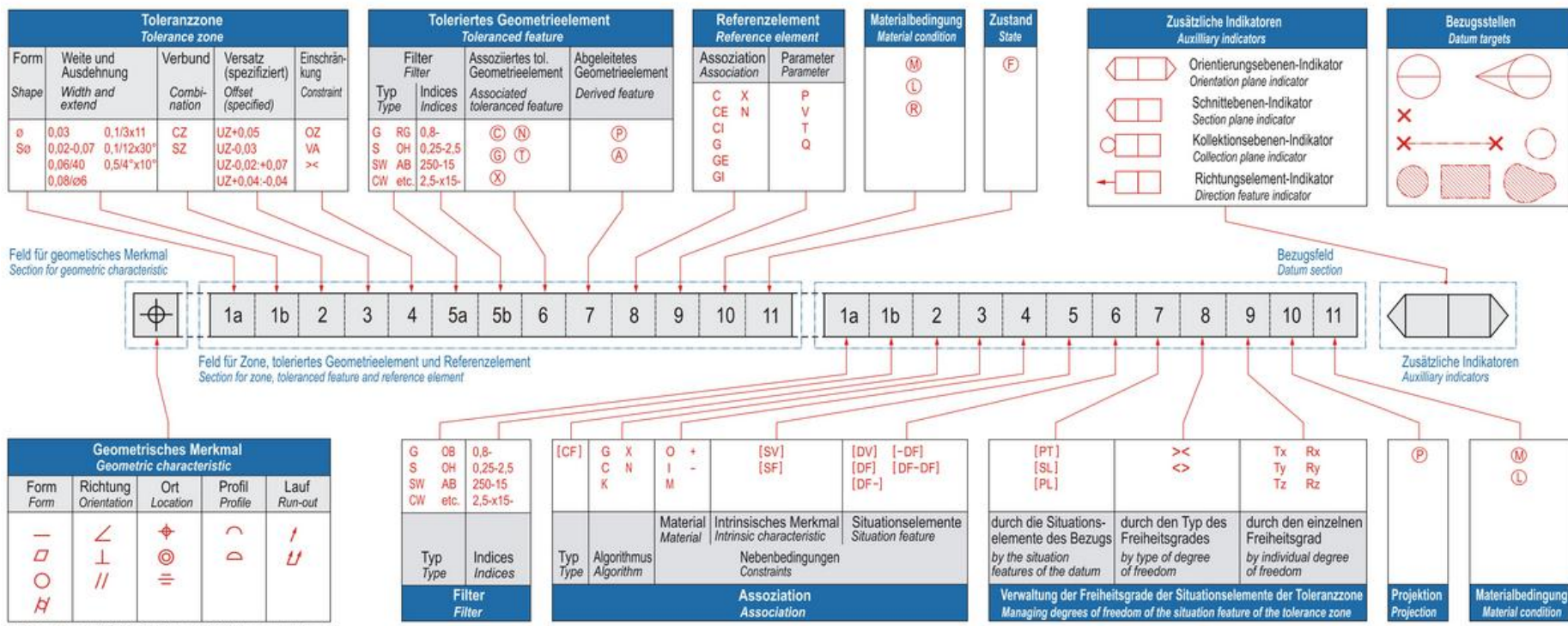
Illustration :



3. Qu'est ce qu'une spécification ? Discussions

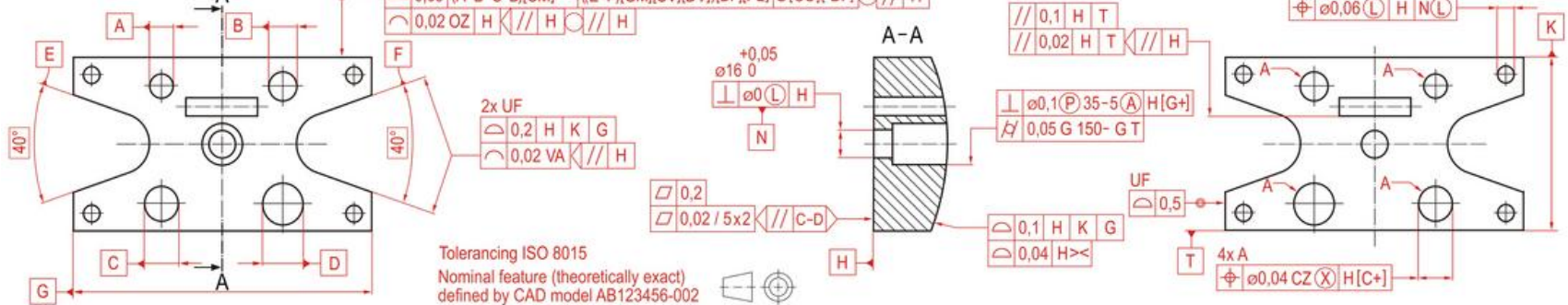


3. Qu'est ce qu'une spécification ? Nouveautés



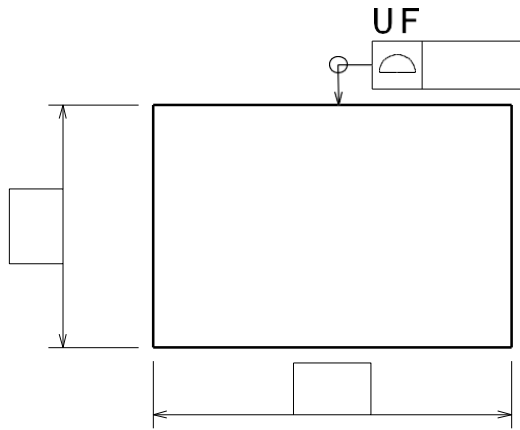
Profiltoleranzen können als Form-, Richtungs- oder Orts-toleranzen verwendet werden
Tolerances of profile can be applied as tolerances of form, orientation and location

Beispiel / Example:

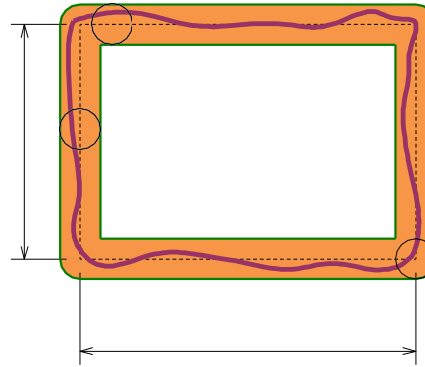


3. Qu'est ce qu'une spécification ? Nouveautés

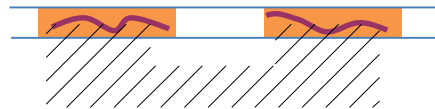
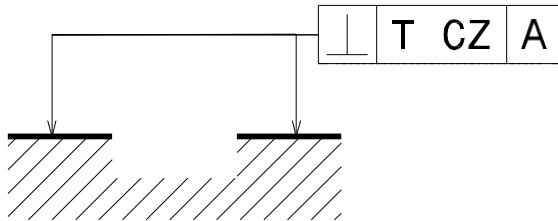
UF - United Feature



Tout autour (profil)

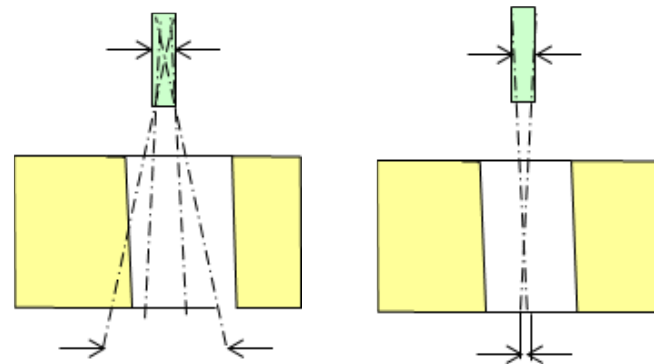
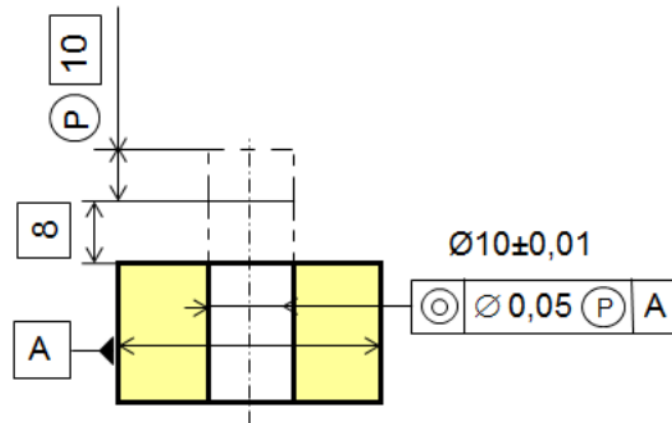
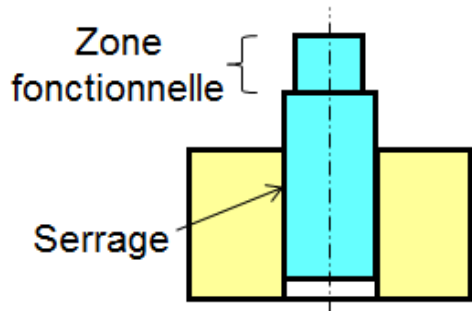


CZ - Commun Zone



3. Qu'est ce qu'une spécification ? Nouveautés

Zone projetée (P)



Exigence de l'enveloppe (E)

Maximum de matière (M)

Minimum de matière (L)

Section suivante du cours

3. Qu'est ce qu'une spécification ? Nouveautés

Contrainte d'orientation ><

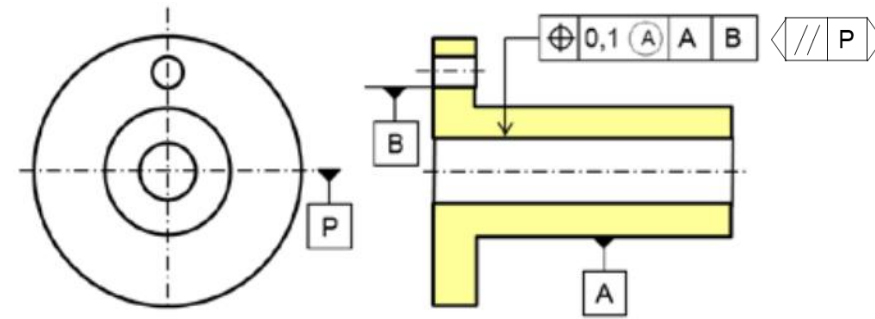
Élément dérivé (A)

Indicateur de plan d'intersection < // A

Indicateur de plan de collection ○ // A

Indicateur d'élément de direction ← // A

Indicateur de plan d'orientation < // A >



3. Qu'est ce qu'une spécification ? Discussions

Dans le domaine du tolérancement, il est essentiel de distinguer ce que l'on exige du produit pour qu'il fonctionne de ce que l'on impose aux pièces pour qu'elles puissent être fabriquées. Cette distinction conduit naturellement à différencier les spécifications géométriques fonctionnelles des spécifications géométriques de fabrication. Bien qu'elles utilisent les mêmes outils normatifs (tolérances géométriques, références, conditions de matière), leur intention, leur moment d'utilisation et leur rôle dans la conception sont fondamentalement différents.

Les spécifications géométriques fonctionnelles ont pour objectif de garantir le bon fonctionnement du produit assemblé. Elles traduisent les besoins fonctionnels issus de l'analyse fonctionnelle en exigences géométriques mesurables.

Elles répondent à une question centrale :

Quelles sont les contraintes géométriques minimales à respecter pour que la fonction soit assurée, quelles que soient les conditions admissibles d'assemblage ?

Les spécifications géométriques de fabrication ont pour objectif de rendre possible, maîtriser et contrôler la fabrication des pièces. Elles traduisent les capacités des procédés de fabrication et des moyens de production en contraintes géométriques.

Elles répondent à une autre question :

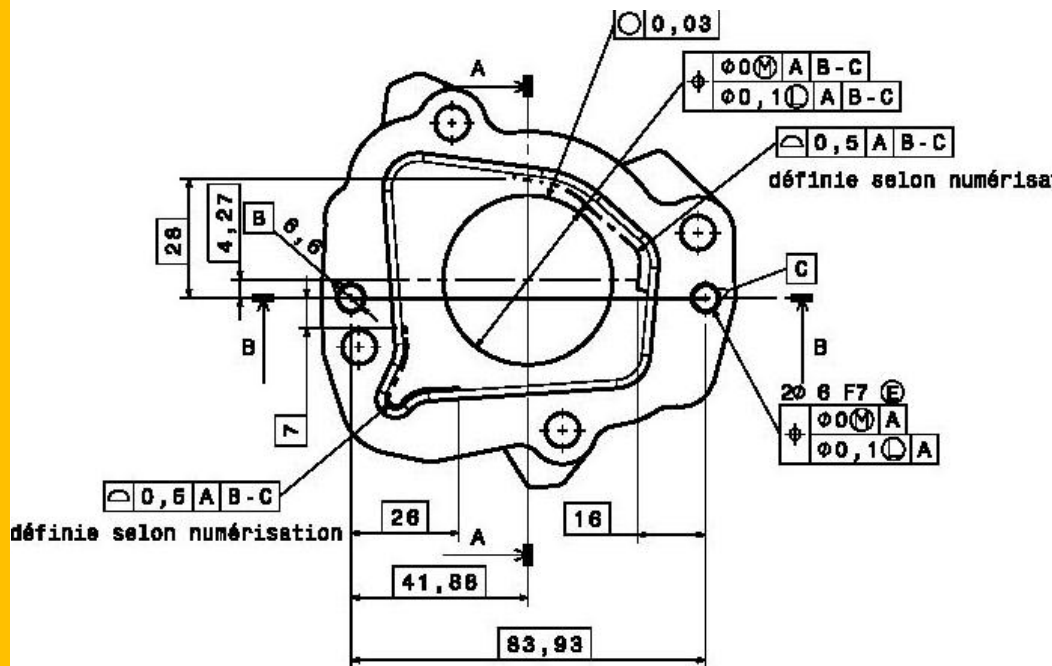
Quelles contraintes géométriques doit-on imposer à la pièce pour pouvoir la fabriquer, l'assembler et la contrôler de manière fiable ?

3. Qu'est ce qu'une spécification ? Discussions

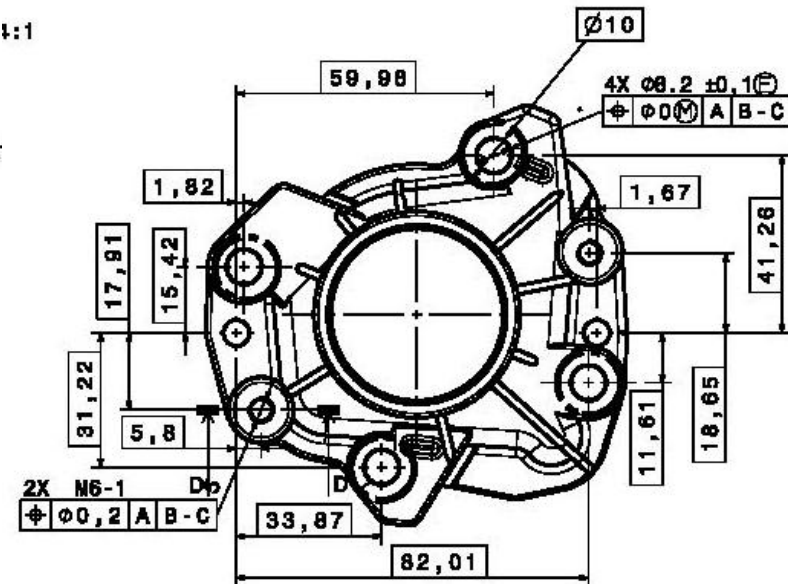
Les spécifications géométriques fonctionnelles ont pour objectif de garantir le bon fonctionnement du produit assemblé. Elles traduisent les besoins fonctionnels issus de l'analyse fonctionnelle en exigences géométriques mesurables.

Elles répondent à une question centrale :

Quelles sont les contraintes géométriques minimales à respecter pour que la fonction soit assurée, quelles que soient les conditions admissibles d'assemblage ?



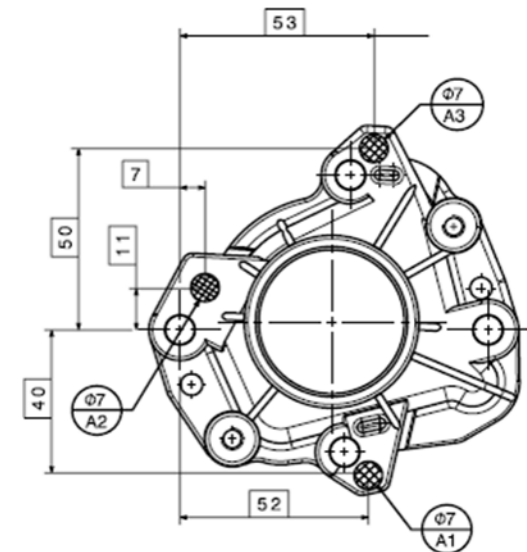
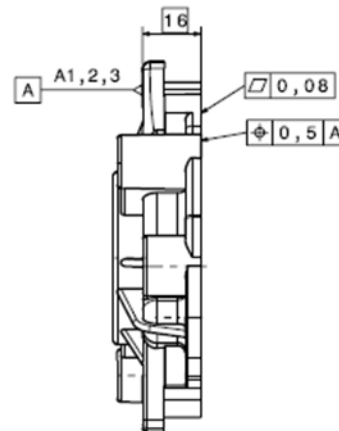
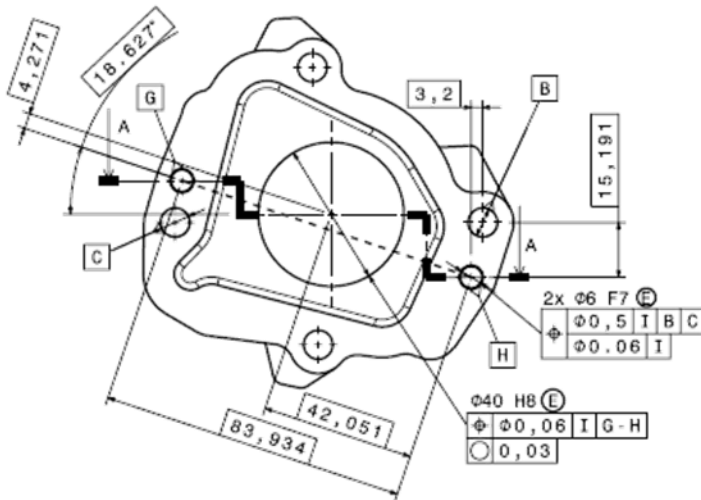
1:1



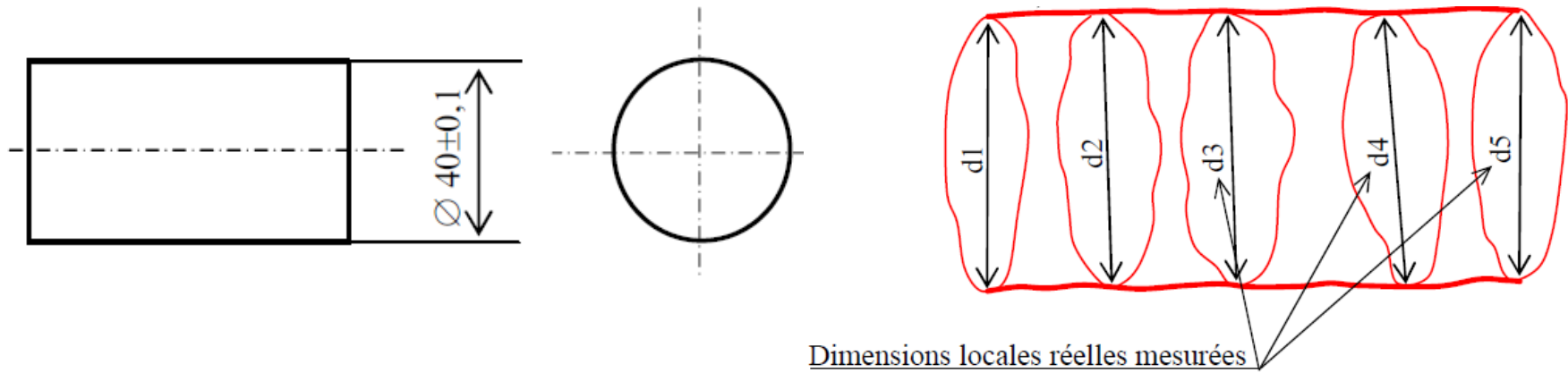
3. Qu'est ce qu'une spécification ? Discussions

Les spécifications géométriques de fabrication ont pour objectif de rendre possible, maîtriser et contrôler la fabrication des pièces. Elles traduisent les capacités des procédés de fabrication et des moyens de production en contraintes géométriques. Elles répondent à une autre question :

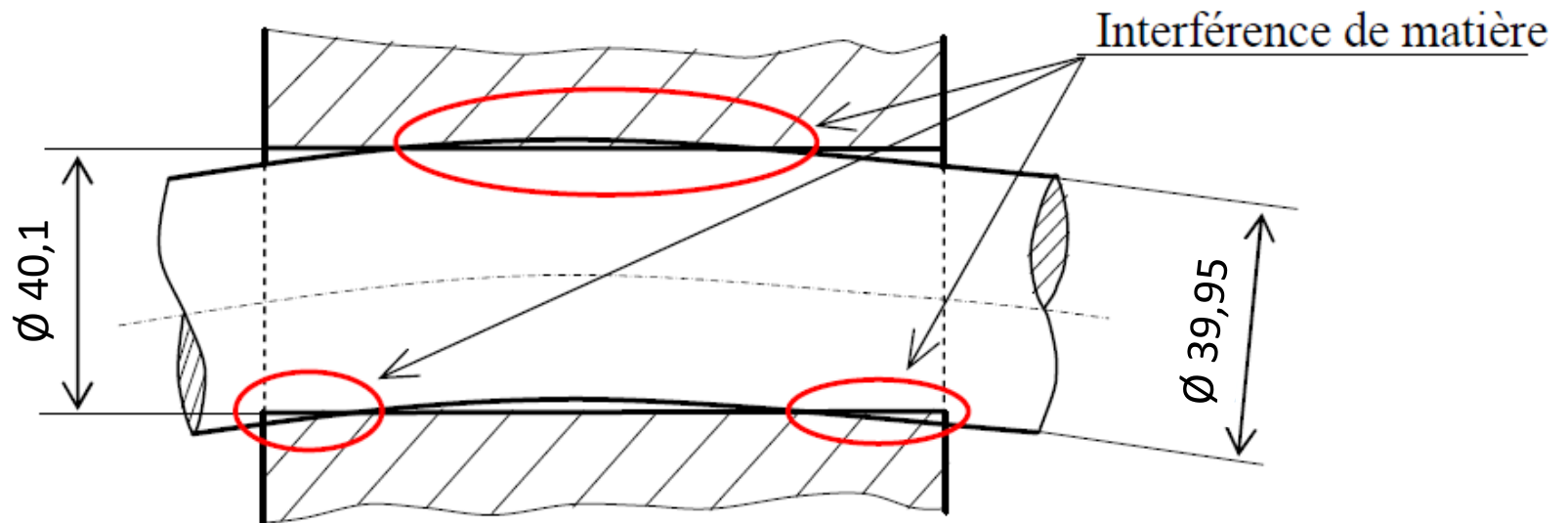
Quelles contraintes géométriques doit-on imposer à la pièce pour pouvoir la fabriquer, l'assembler et la contrôler de manière fiable ?



4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

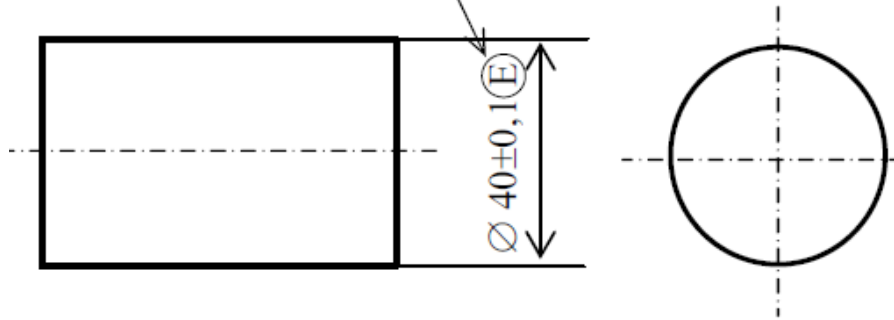


Dimensions locales réelles mesurées



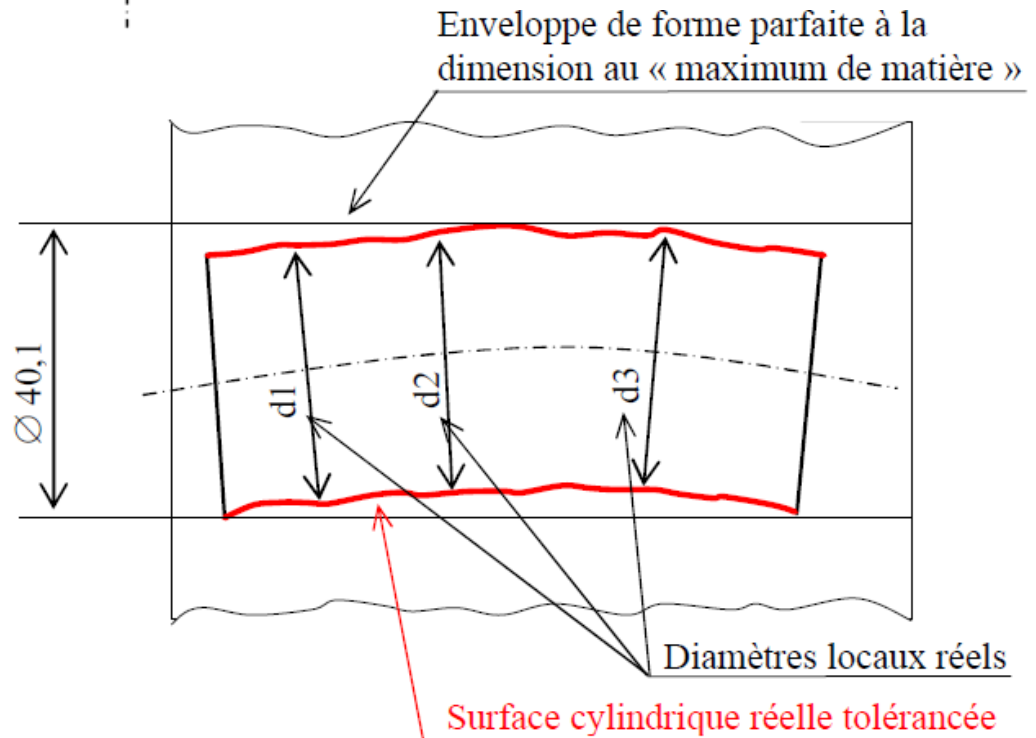
4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

Exigence d'enveloppe



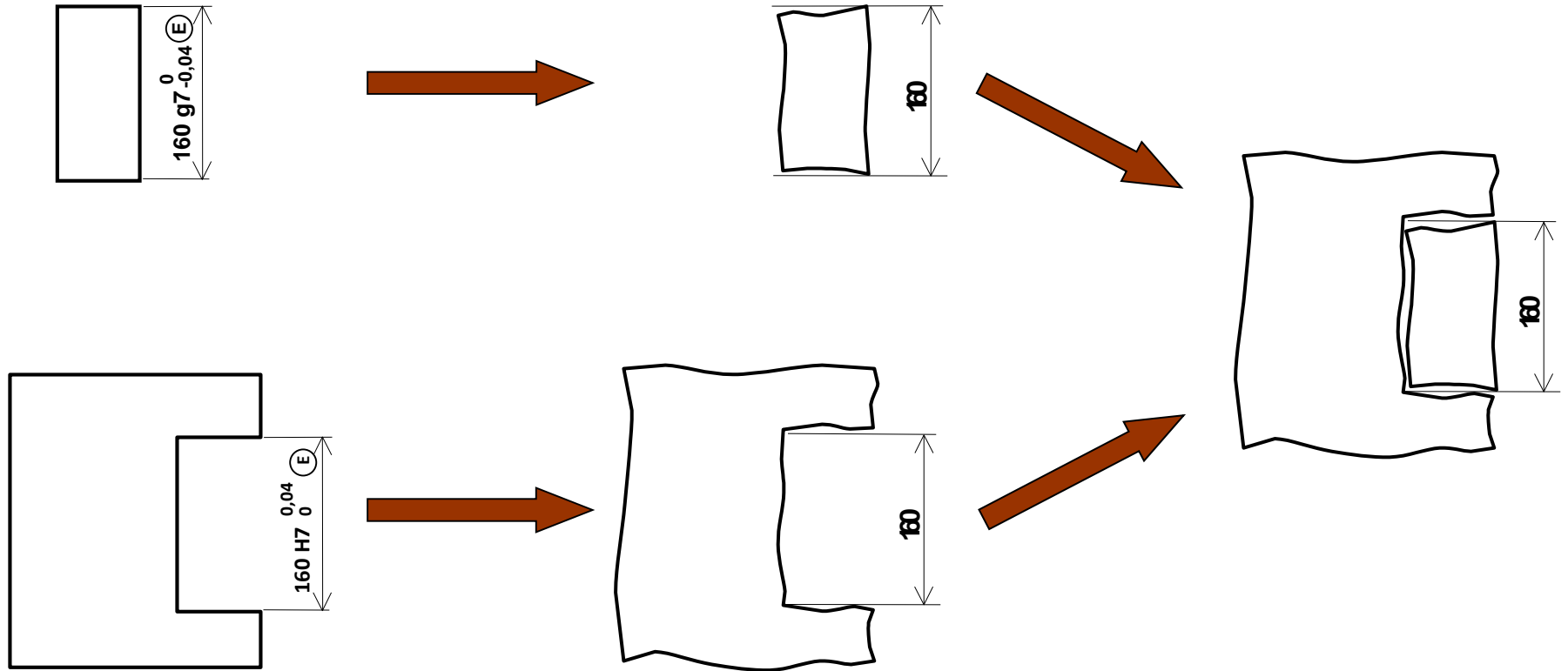
L'exigence de l'enveloppe permet de spécifier une dépendance *entre la dimension et la géométrie d'un élément.*

L'enveloppe de forme parfaite à la dimension au maximum de matière de l'élément ne doit pas être dépassée.



4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

L'exigence de l'enveloppe

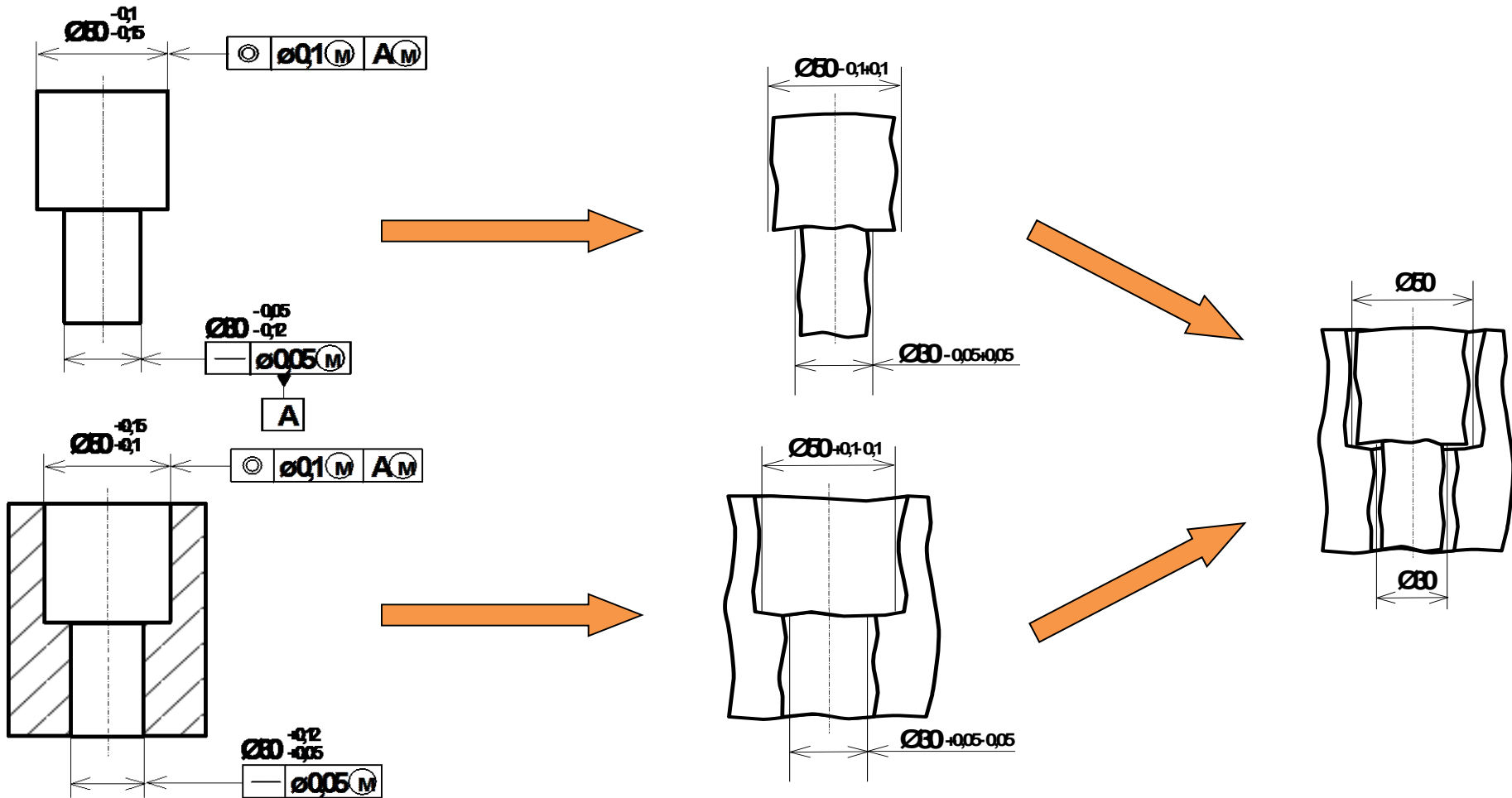


Les enveloppes limites identiques assurent l'assemblage des deux pièces

4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

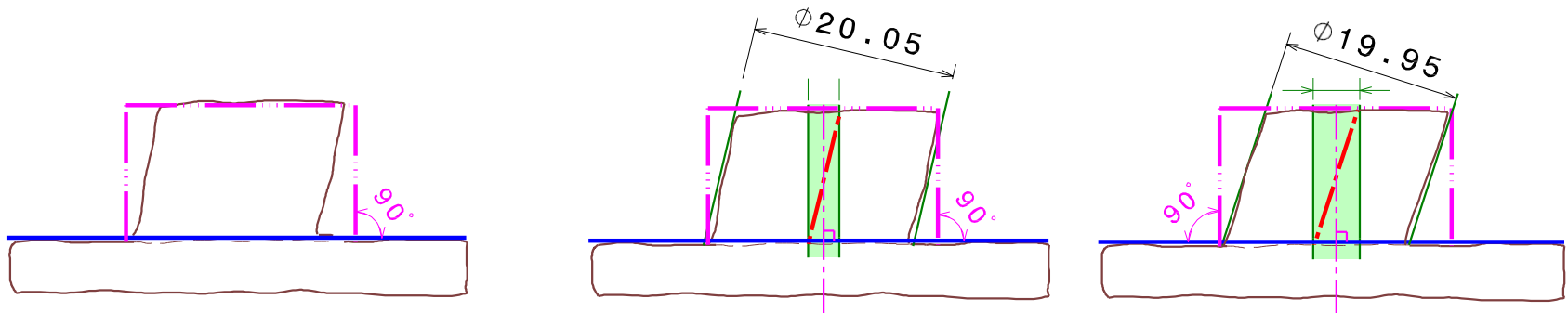
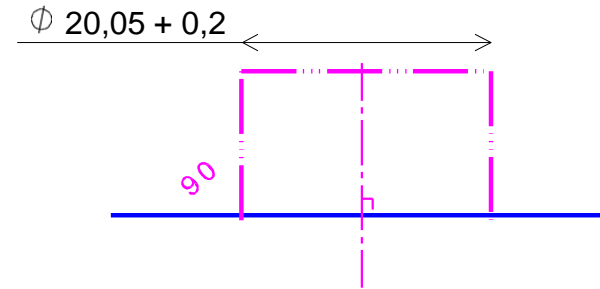
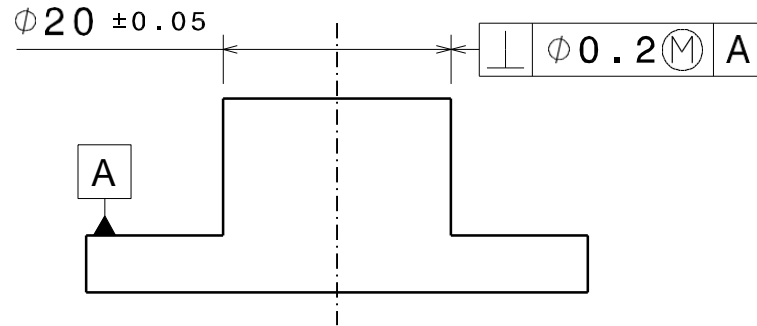
L'exigence du maximum de matière

Les états virtuels identiques assurent l'assemblage des deux pièces



4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

L'exigence du maximum de matière



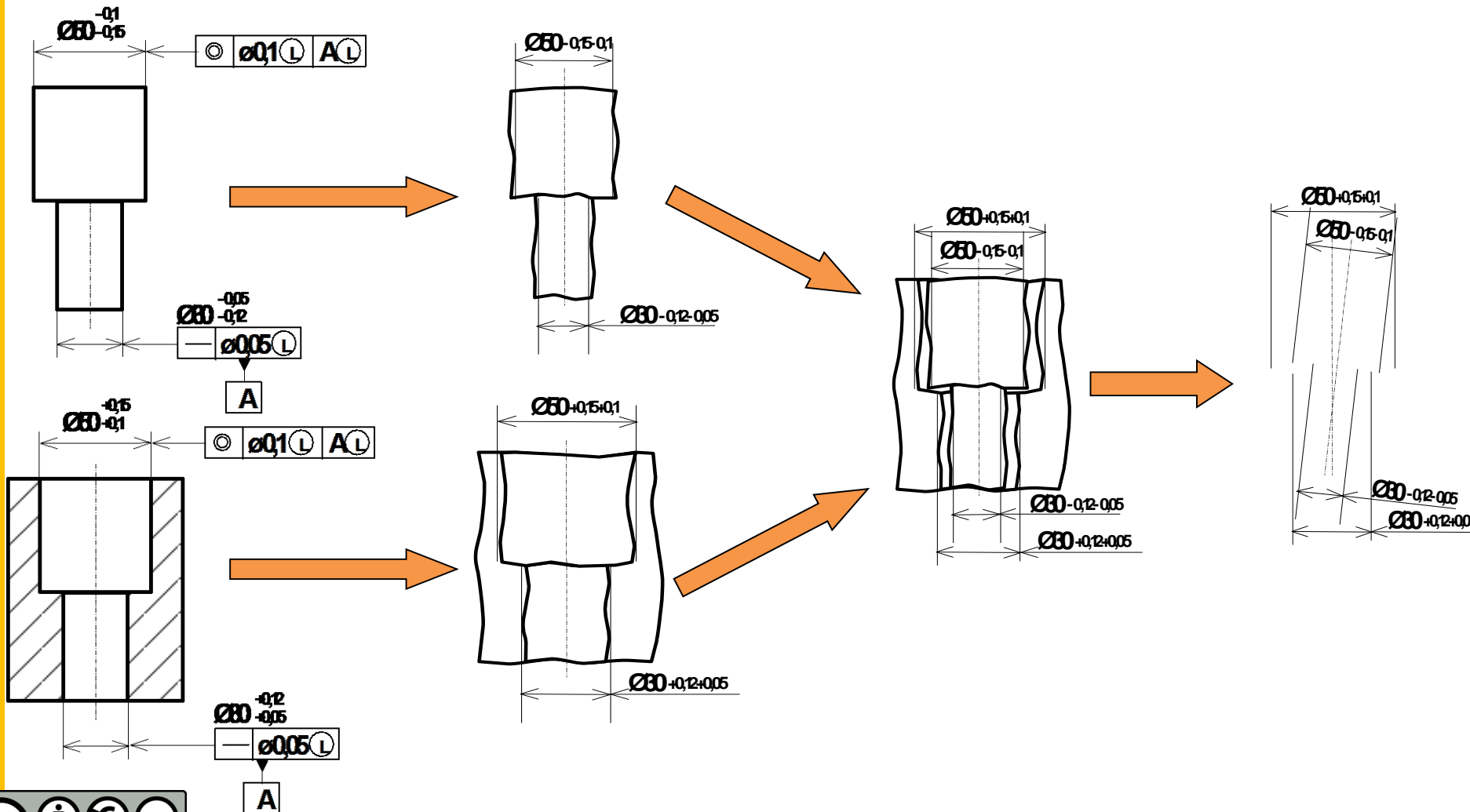
L'exigence du maximum de matière

- ✓ État au maximum de matière : État de l'élément considéré lorsque, en tout endroit, il est à la dimension limite telle que l'élément ait le maximum de matière.
- ✓ État virtuel : État de l'enveloppe limite de forme parfaite permis par les exigences du dessin pour l'élément. Il est généré par l'effet collectif de la dimension au maximum de matière et des tolérances géométriques (calibre fonctionnel).

4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

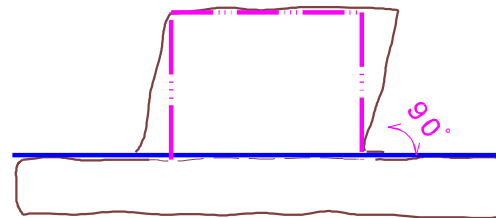
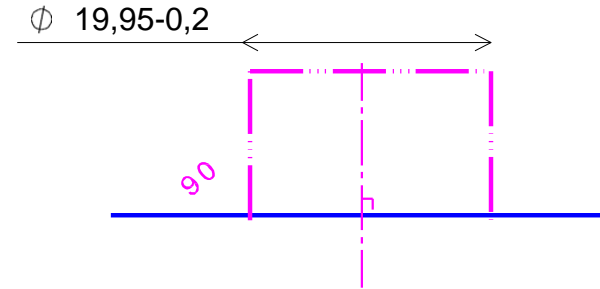
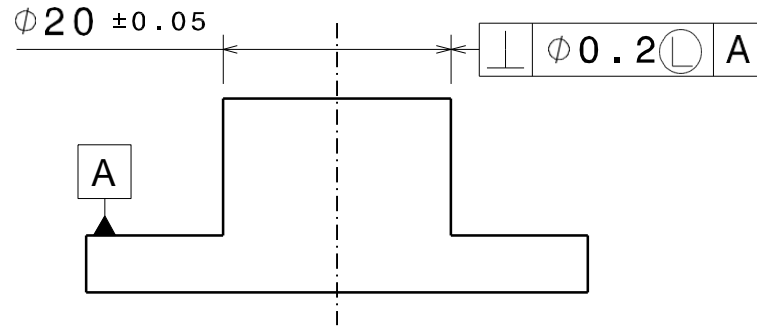
L'exigence du minimum de matière

Les états virtuels assurent une limite maximale du jeu entre les deux pièces



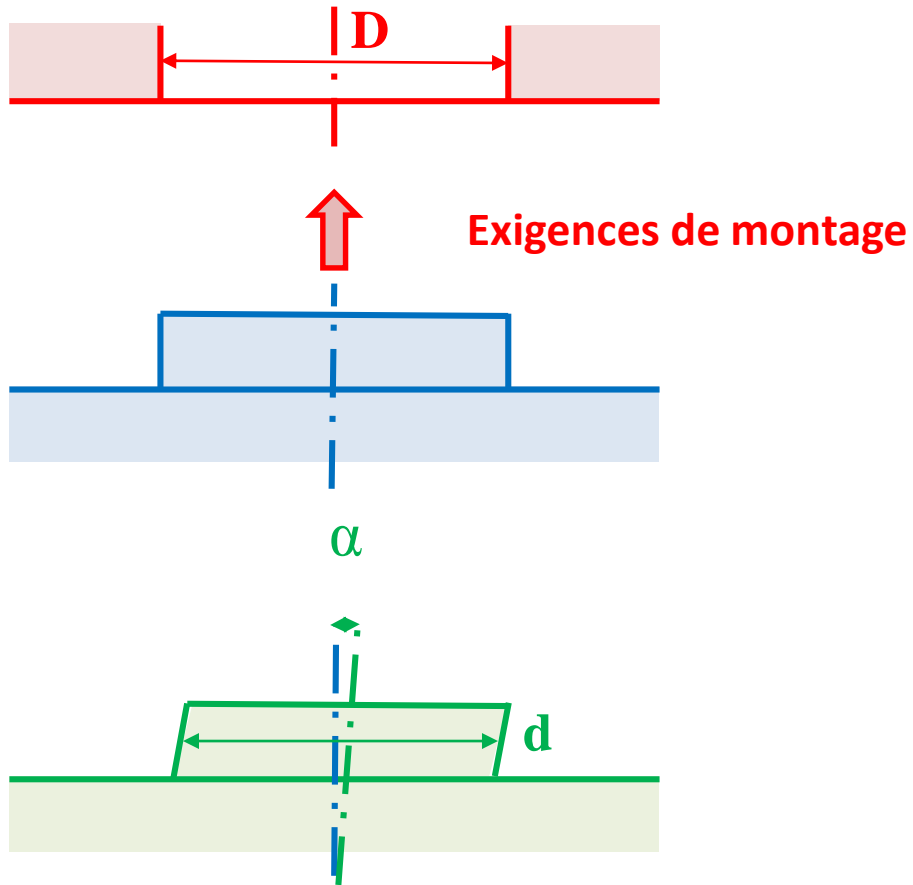
4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

L'exigence du minimum de matière



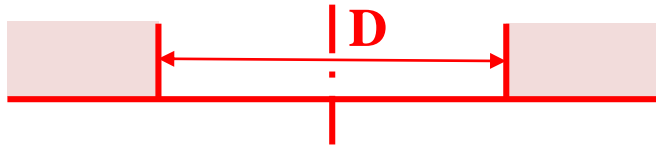
4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

Intérêt ?

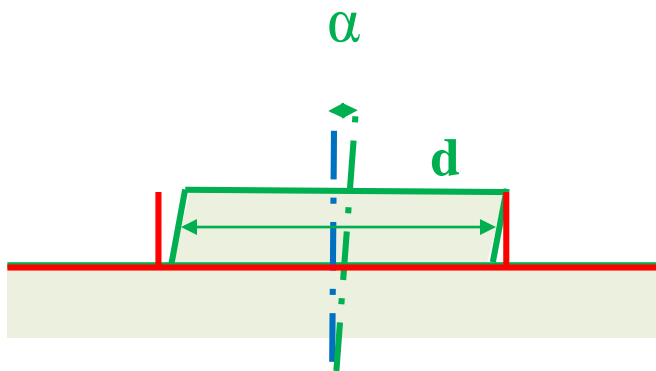


4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

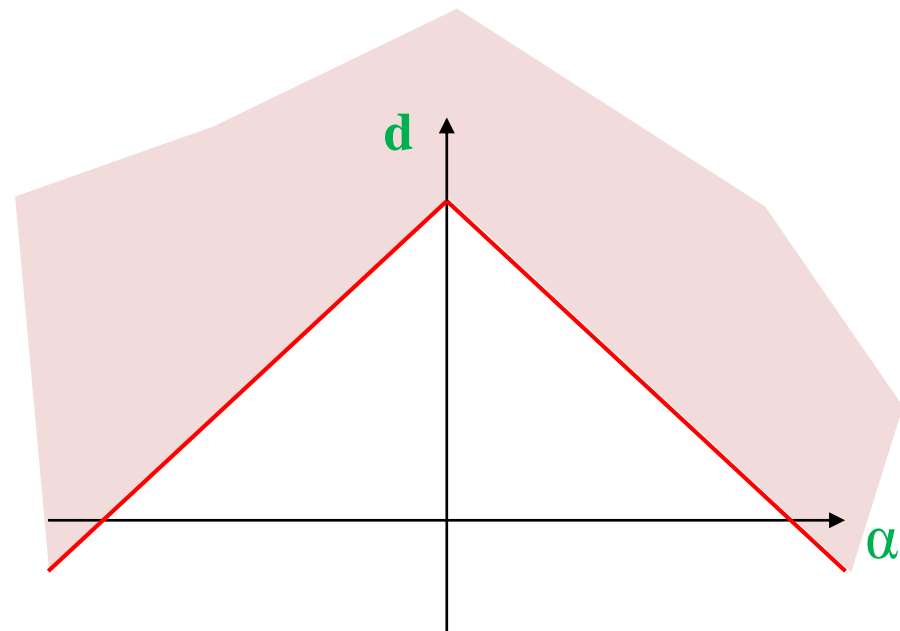
Intérêt ?



Exigences de montage

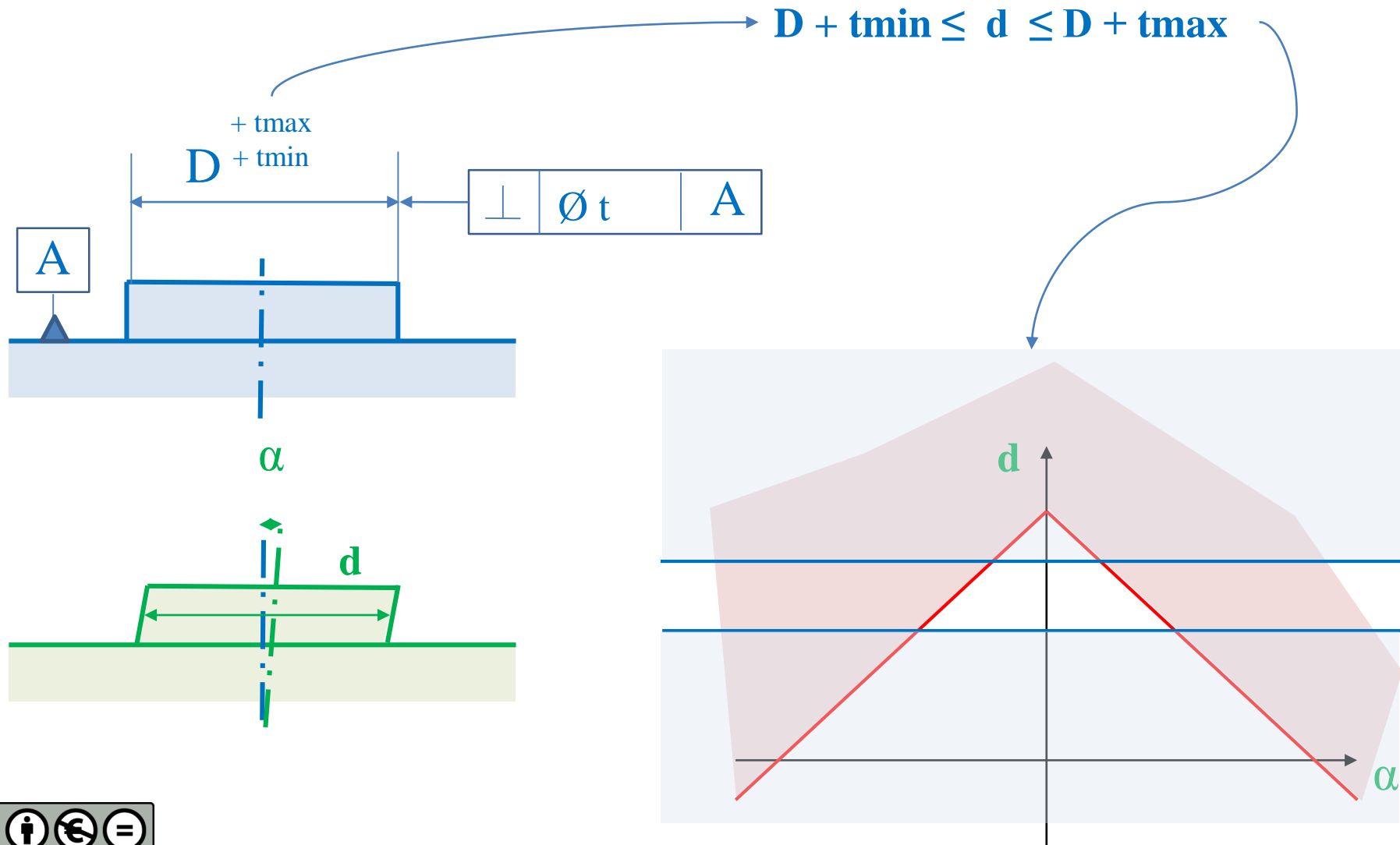


$$d \pm \alpha \cdot h \leq D$$



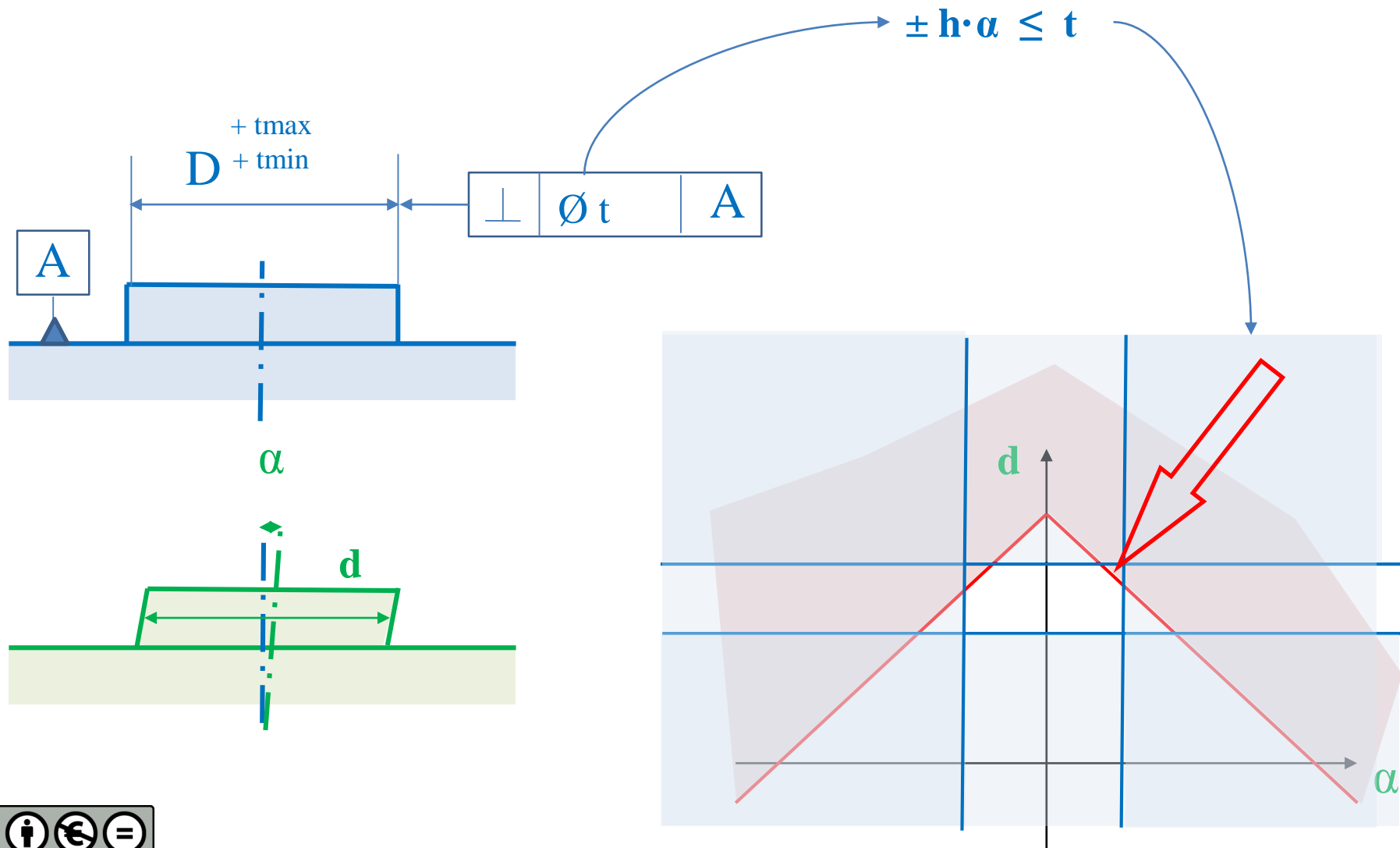
4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

Intérêt ?



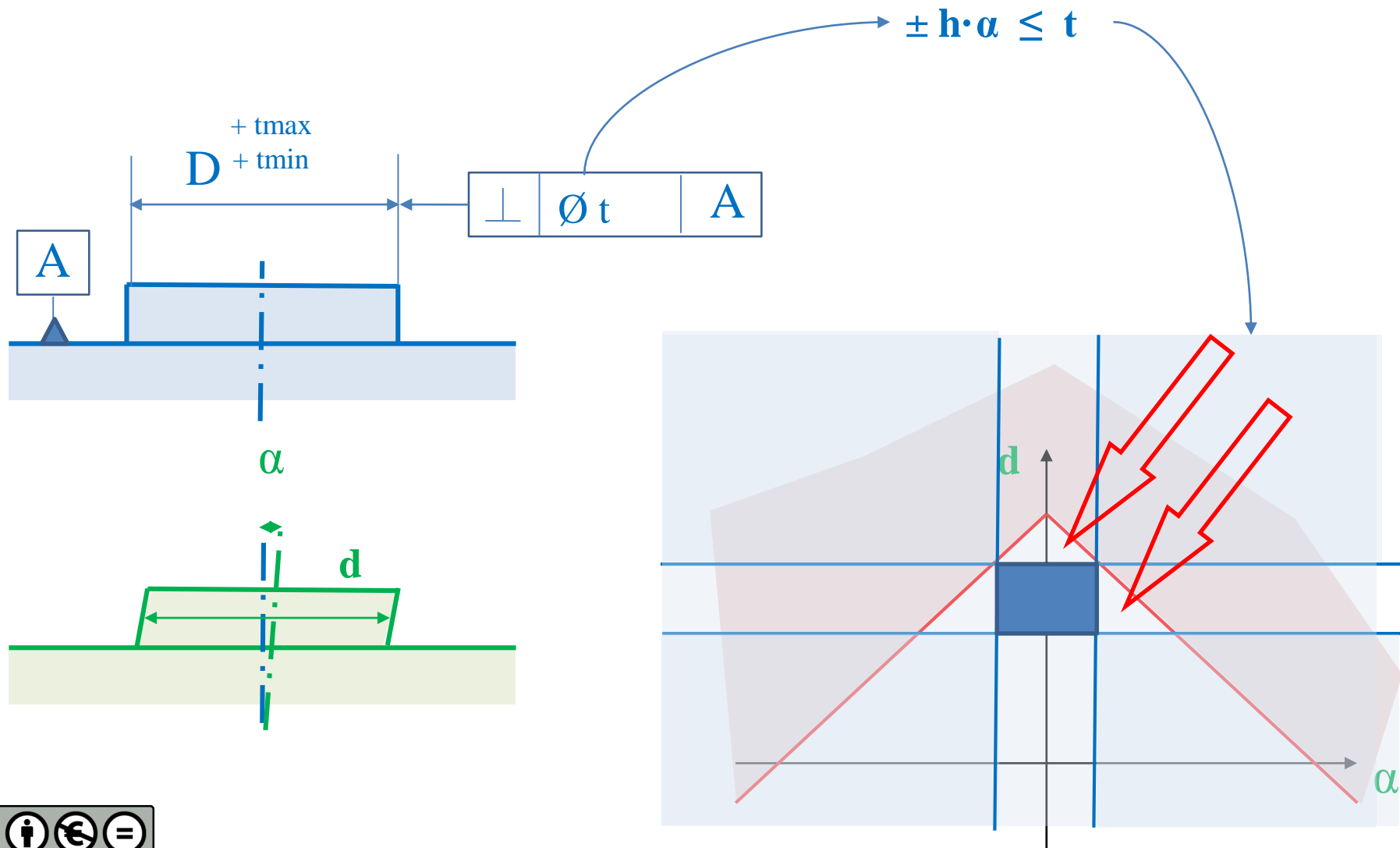
4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

Intérêt ?



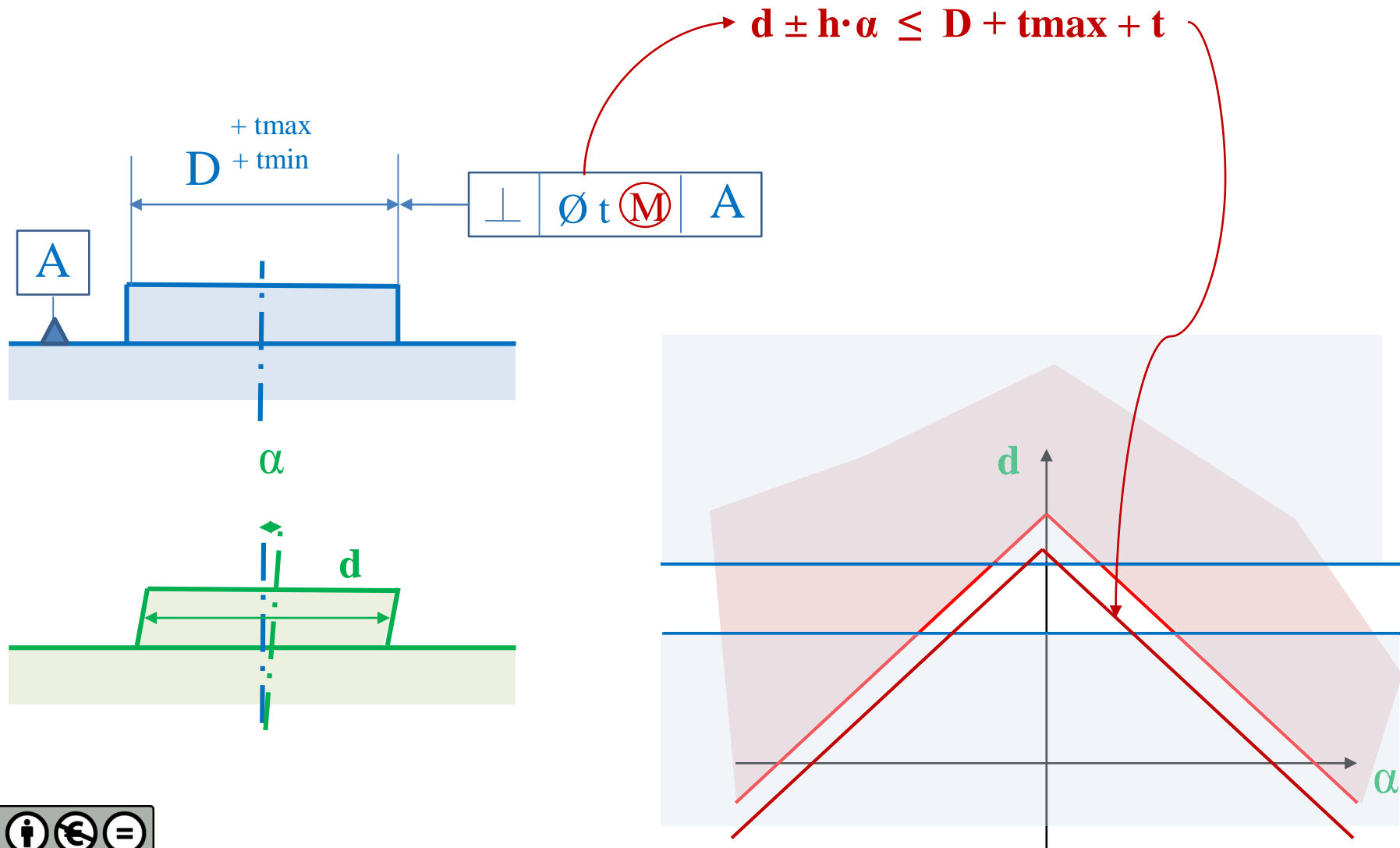
4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

Intérêt ?



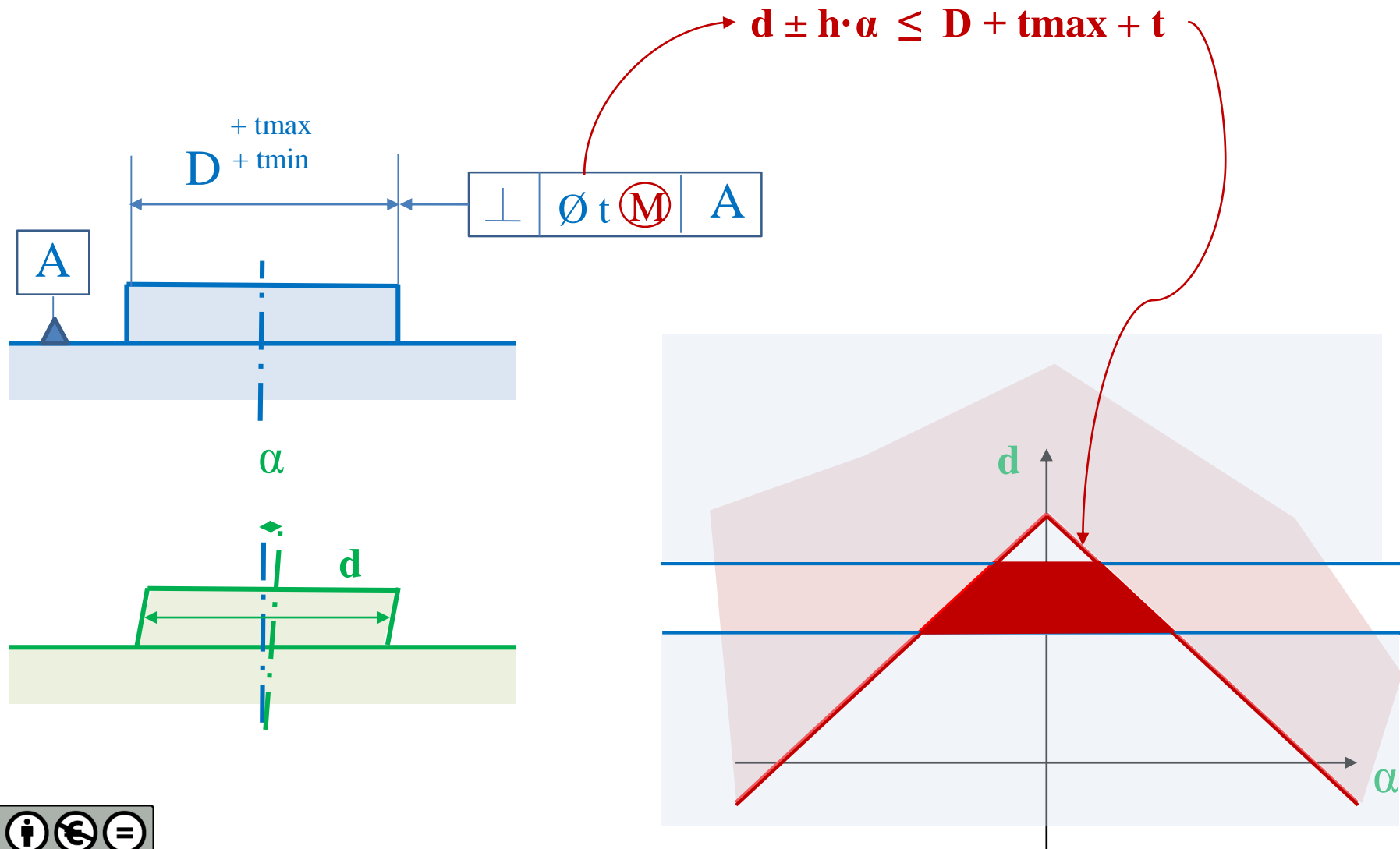
4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

Intérêt ?



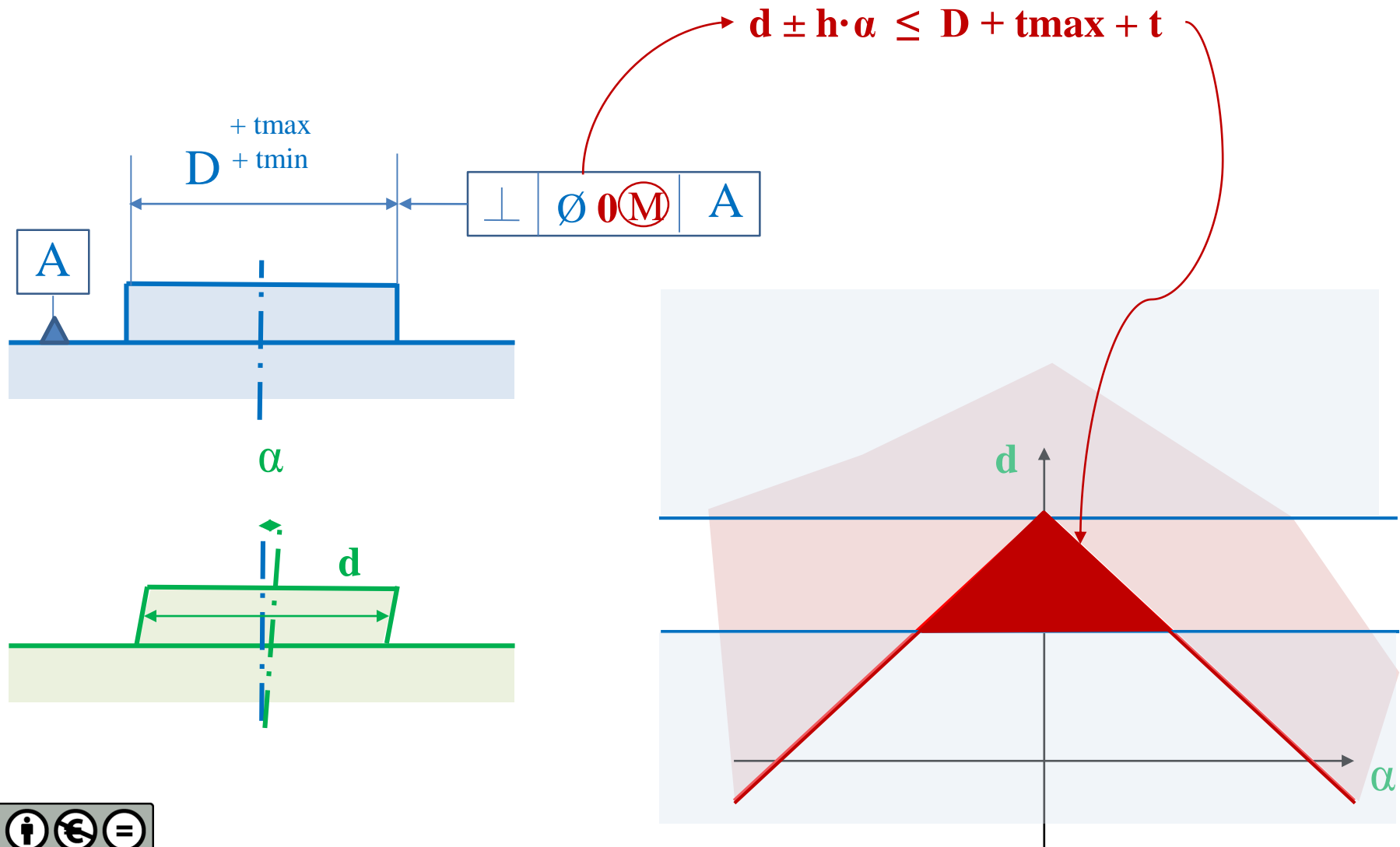
4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

Intérêt ?



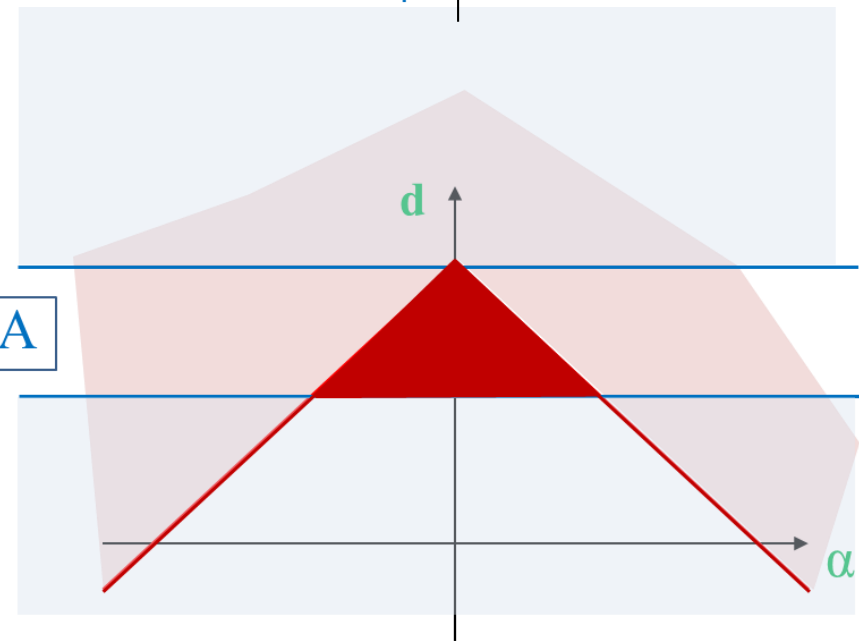
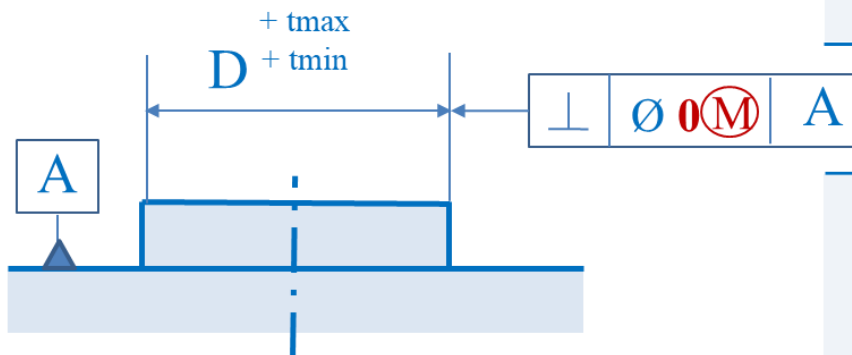
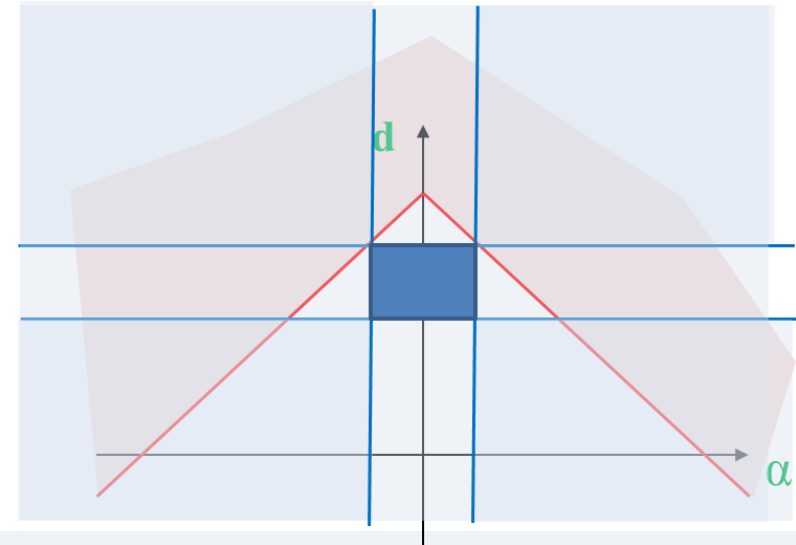
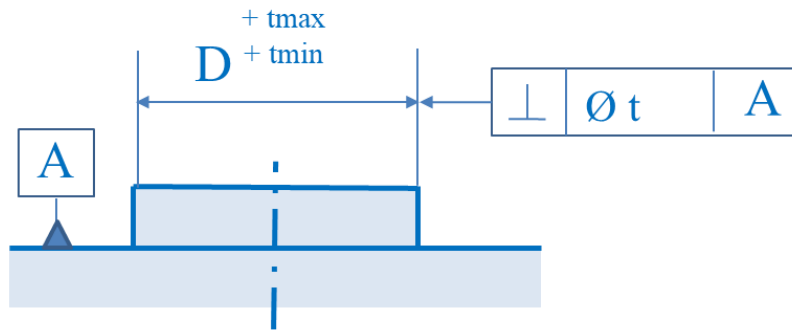
4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

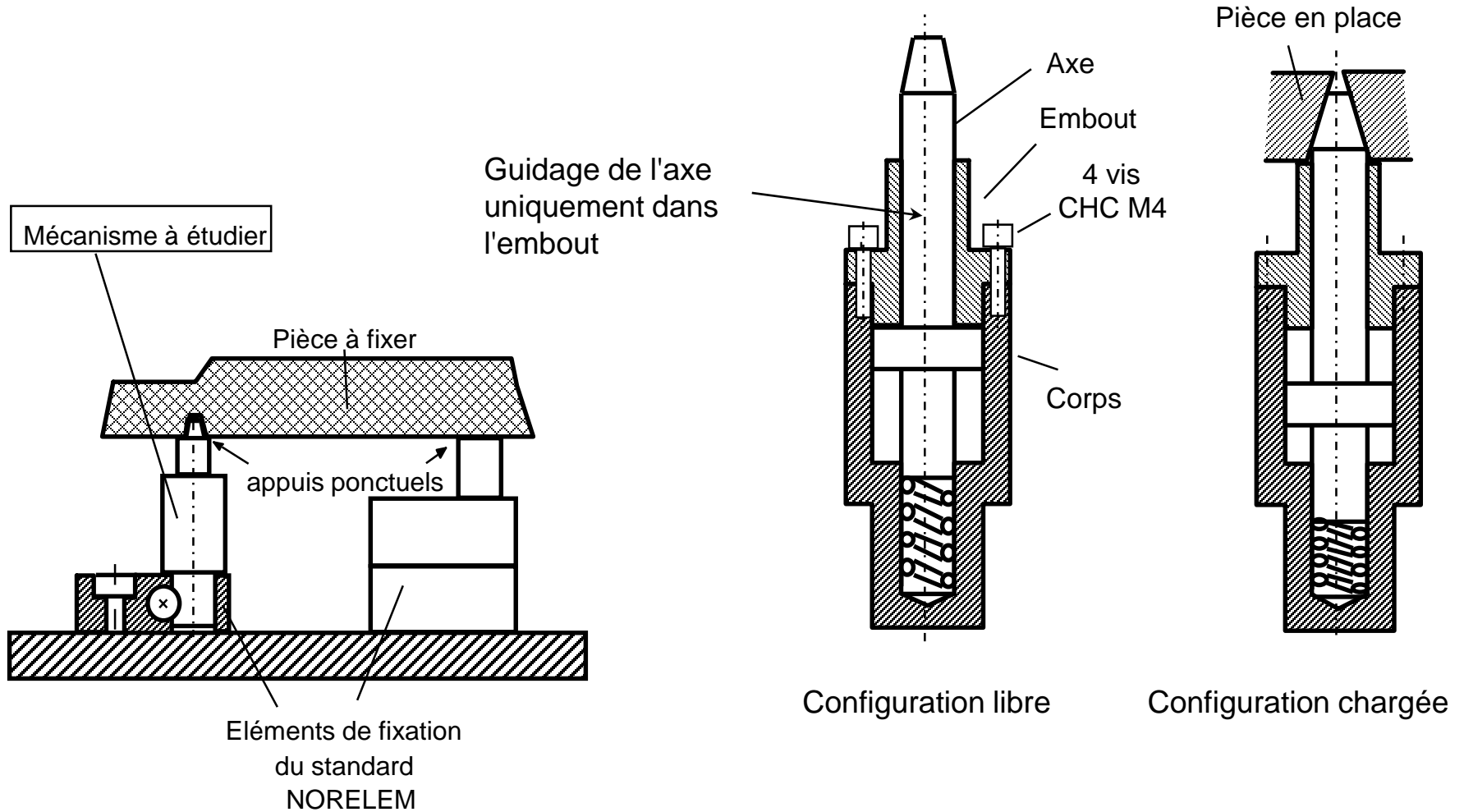
Intérêt ?



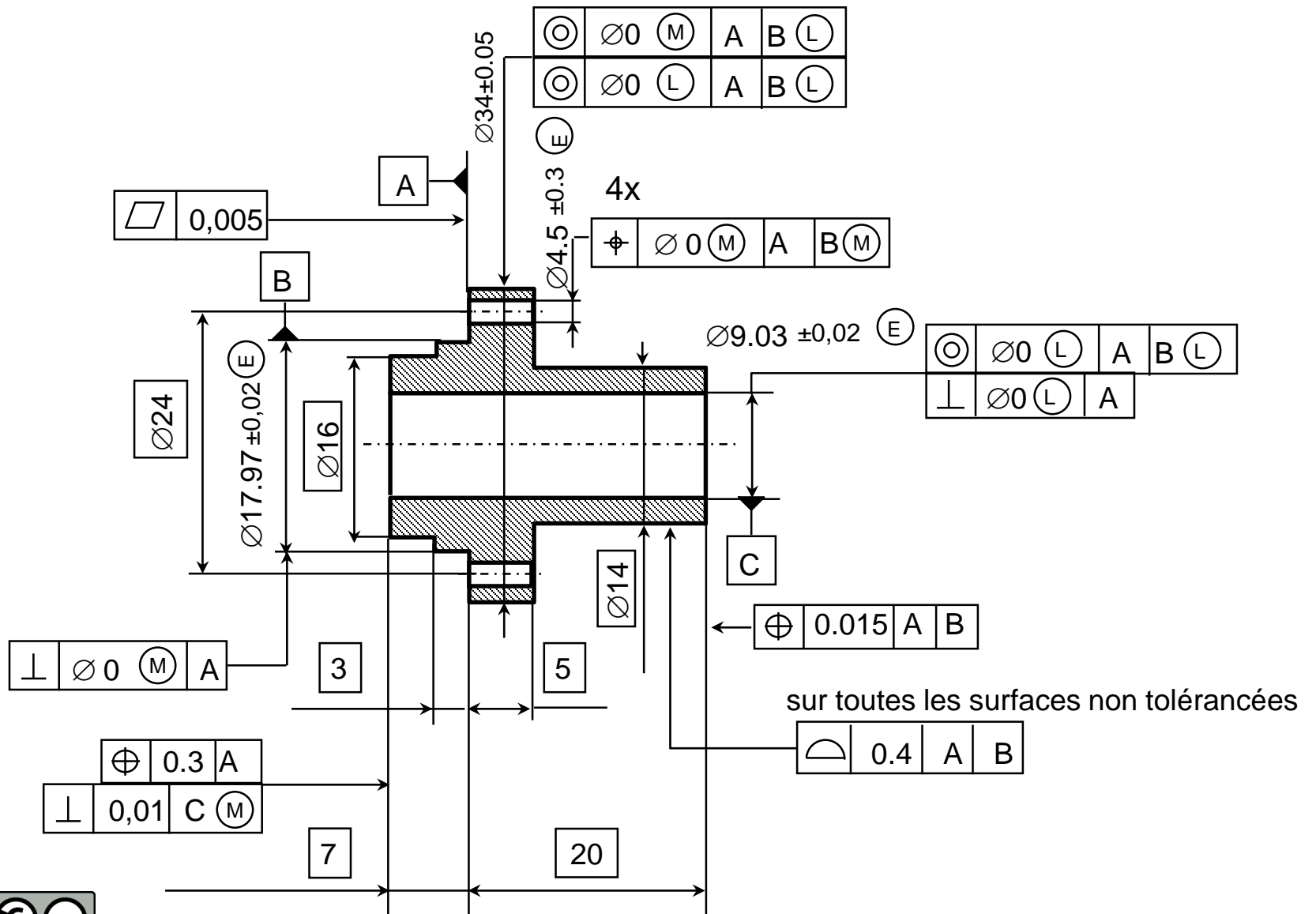
4. Exigence de l'enveloppe, ... ?

Intérêt ?



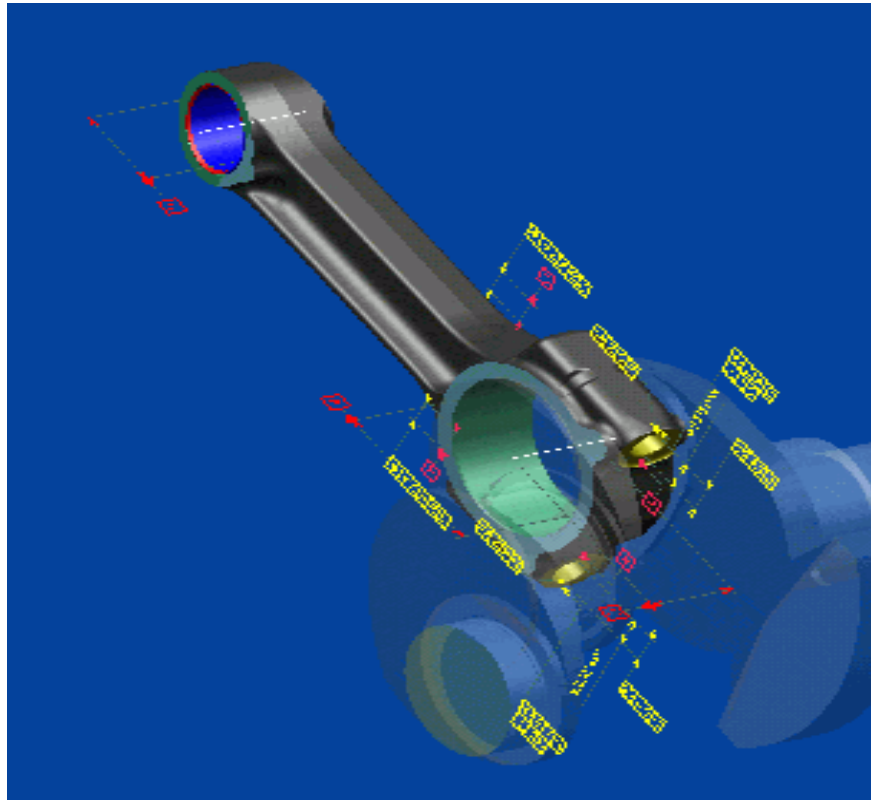


5. Démarches de spécification



Correcteur de syntaxe :

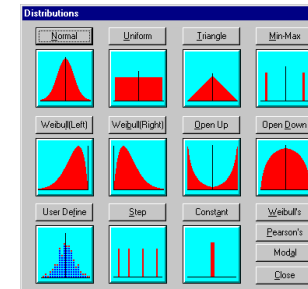
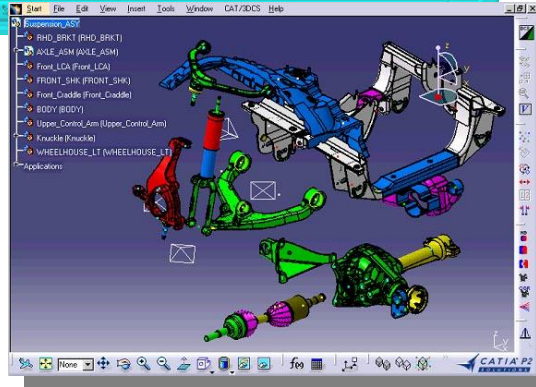
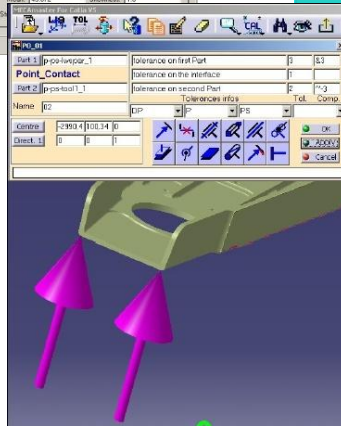
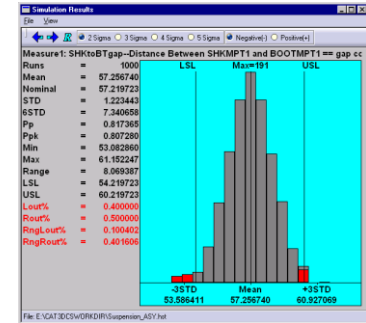
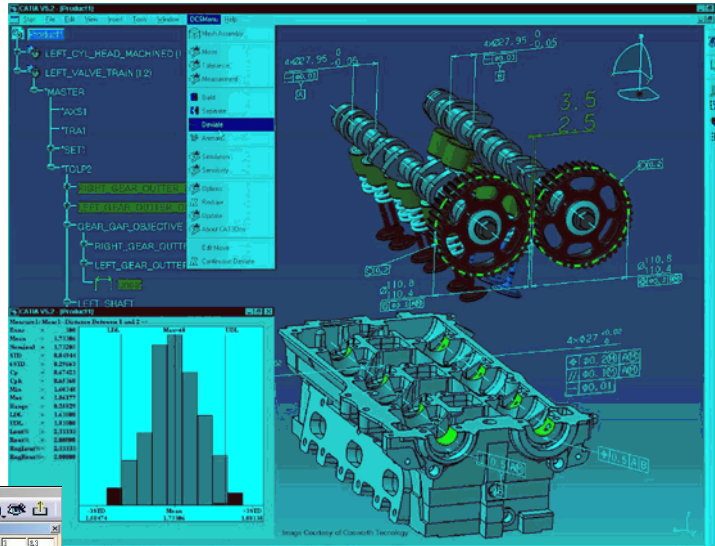
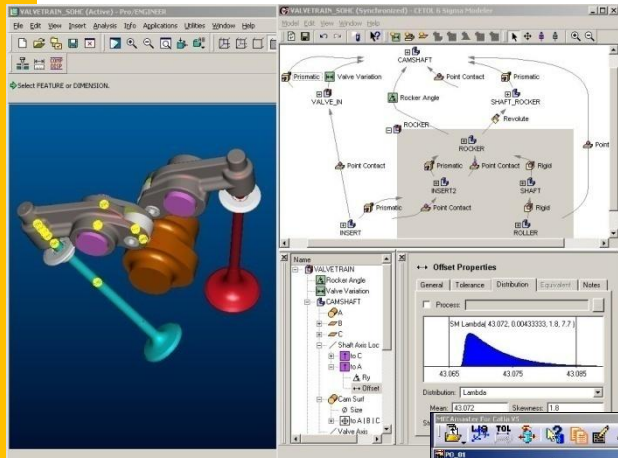
Catia F.D.&T.



5. Démarches de spécification

Simulation des spécifications géométriques :

CAT 3D CS, Ce_Tol, E_Tolmate, Tolerance Manager, MecaMaster



5. Démarches de spécification

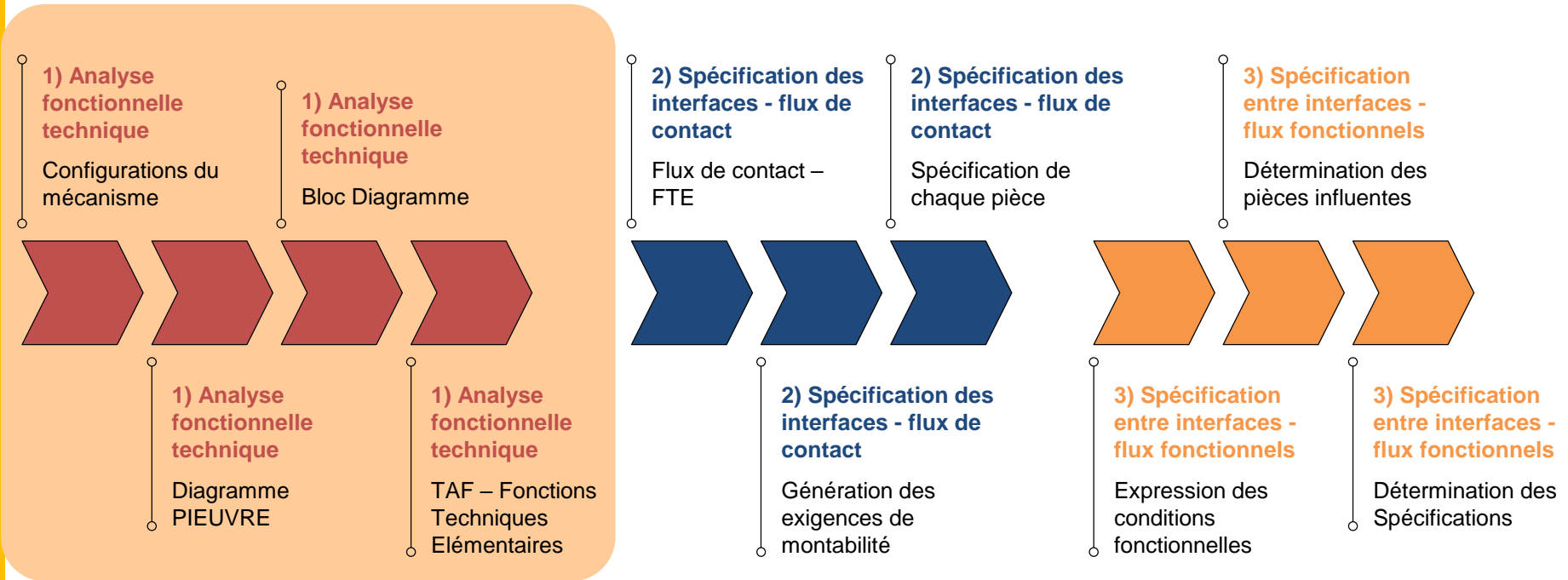
Détermination des spécifications géométriques :
aucun logiciel, méthodes « métier »

Corps			Liaisons-surfaces				So	Critères d'acceptation			Spécifs surfaces	
agit	sur quoi	complément	Surf 1	Surf 2	Surf 3	GF	Q	Quoi	Combien	Comment	Quoi (symbole ISO)	Combien
se positionne	sur le joint	axial ^t	PL1			x						
se positionne	sur les 4 vis	radial ^t		CY1 à CY4		x						
laisse passer			CY1									
se positionne	sur les 4 vis	radial ^t		CY1 à CY4								
laisse passer	les 4 vis	radial ^t		CY1 à CY4								
résiste												
positionne	l'ensemble	axial ^t	PL3									
positionne	l'ensemble	radial ^t	CY5									
exerce	sur l'ensemble	un effort	CY5					F_{maxi}		RDM ...		
laisse passer	environnement	Radial ^t : axial ^t	SQ1					$J_{4,mini}$	$J_4 \geq 0$	Ch de cotes ...		
résiste	en lui même	une pression	SQ1					P_{maxi}	P_M	RDM ...		

Quoi	Combien	Comment	Quoi (symbole ISO)	Combien
B	4x	$\oplus \oplus \emptyset t_2 \textcircled{M} A$	$t_2, \emptyset V_2$	$\emptyset V_2$
$\oplus \oplus \emptyset t_3 \textcircled{M} A$	4x	$\emptyset D_3 \pm t_{d3}$	$\emptyset V_3, t_3 \emptyset D_3 \pm t_{d3}$	$\emptyset V_3, \emptyset D_3$
t_5		Ch de cotes	t_5	num
$\oplus \oplus \emptyset t_6 \textcircled{L} A$	4x	$\emptyset D_6 \pm t_{d6}$	$t_6, \emptyset V_6$	$\emptyset V_6, \emptyset D_6$
t_7		RDM	t_7	
t_8		RDM	t_8	V_8
$\oplus \oplus \emptyset t_9 A B$		RDM	t_9	
\emptyset, E		RDM	$\emptyset D_{10} \pm t_{d10}$	
t_{10}		Ch de cotes	t_{10}	num
t_{11}		RDM	t_{11}	num

5. Démarches de spécification

Analyse fonctionnelle technique



5. Démarches de spécification

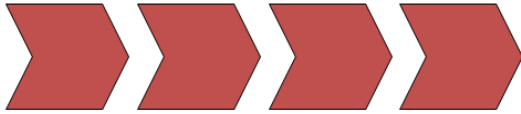
Analyse fonctionnelle technique

1) Analyse fonctionnelle technique

Configurations du mécanisme

1) Analyse fonctionnelle technique

Bloc Diagramme

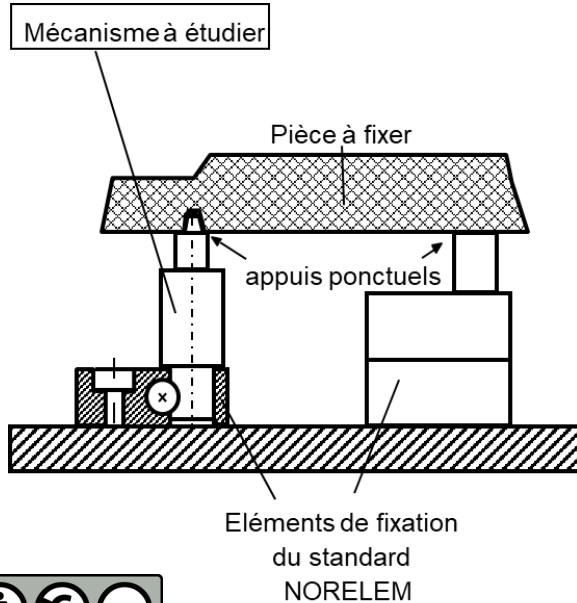


1) Analyse fonctionnelle technique

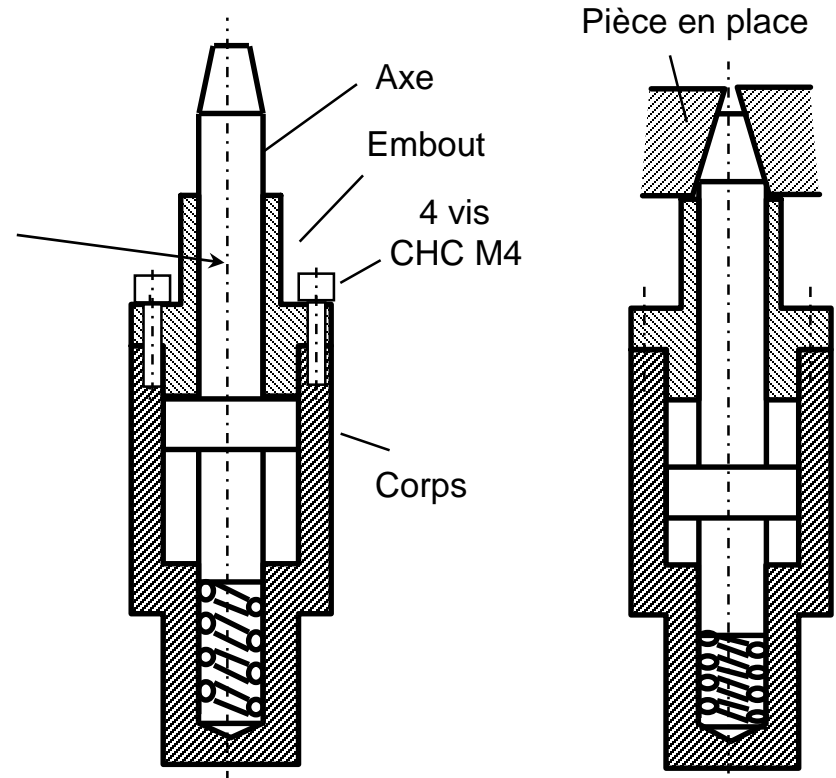
Diagramme PIEUVRE

1) Analyse fonctionnelle technique

TAF – Fonctions Techniques Élémentaires



Guidage de l'axe uniquement dans l'embout



Configuration libre

Configuration chargée

Fiche outil : Analyse fonctionnelle du besoin (PIEUVRE)

L'analyse fonctionnelle vise à décrire le système par ce qu'il doit rendre comme service (**fonctions** : fonctions comme des interactions entre le système et les éléments de son environnement (EMU ou parties prenantes)) et respecter comme **contraintes**.

Système : l'objet ou service étudié

Éléments du Milieu d'Utilisation ou Parties Prenantes : tout ce qui interagit avec le système (utilisateur, énergie, normes, support, environnement, etc.)

Positions/situations de vie : états/situations où le système existe et interagit (utiliser, installer, entretenir, stocker...)

Fonction : relation entre deux éléments externes par l'intermédiaire du système (

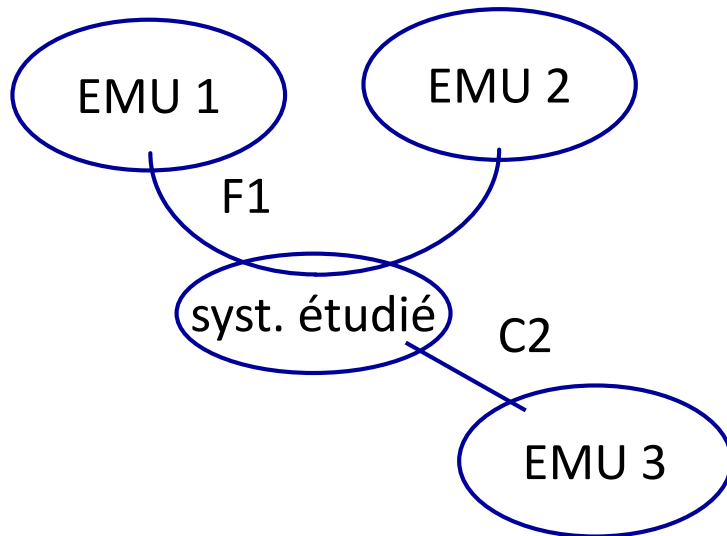
Contrainte : relation "environnement → produit" qui impose une exigence (normes, sécurité, coût, conditions d'usage...).

5. Démarches de spécification

Fiche outil : Analyse fonctionnelle du besoin (PIEUVRE)

1. Identifier le système étudié et la phase d'utilisation.
2. Recenser les Eléments du Milieu d'Utilisation (EMU).
3. rechercher les relations entre le sujet les EMU.
4. Définir les fonctions.
5. Déterminer les critères de valeur.

Phase d'utilisation : ...



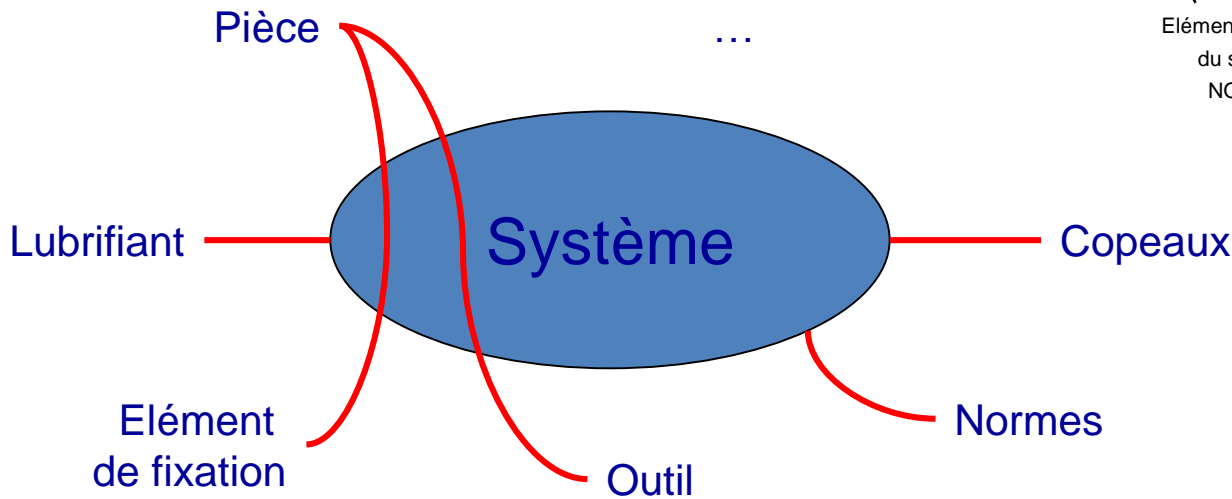
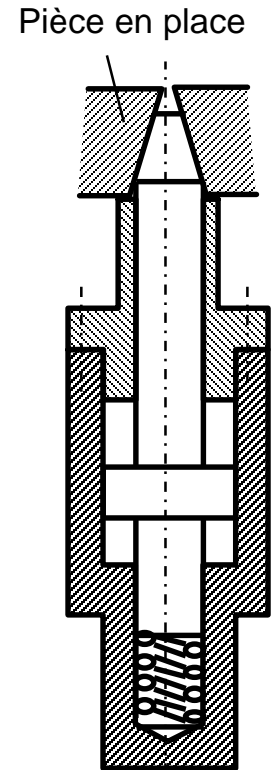
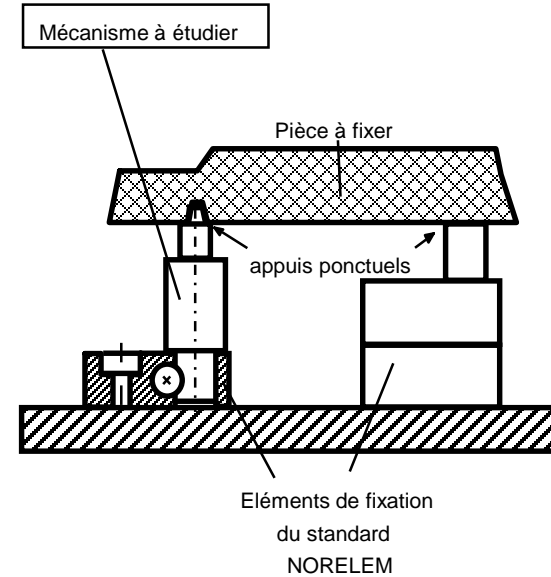
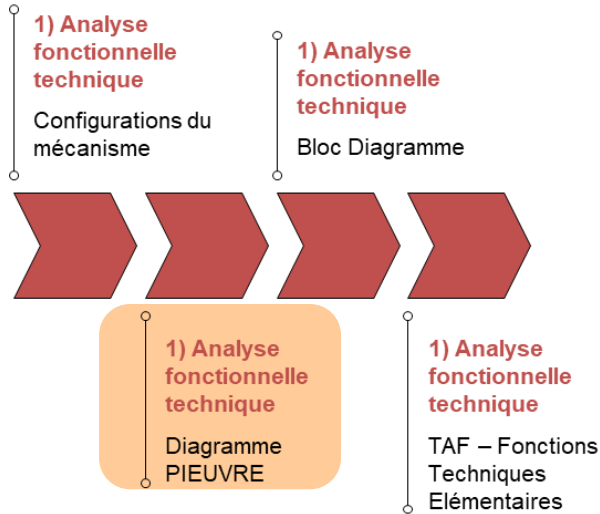
F1 : ...

C2 : ...

	FONCTION	
	Qualifier et Quantifier	

5. Démarches de spécification

Analyse fonctionnelle technique



Configuration chargée

Fiche outil : Analyse fonctionnelle technique (BLOC DIAGRAMME)

Dans une logique AFT, l'objectif est d'analyser le fonctionnement d'un mécanisme pour :

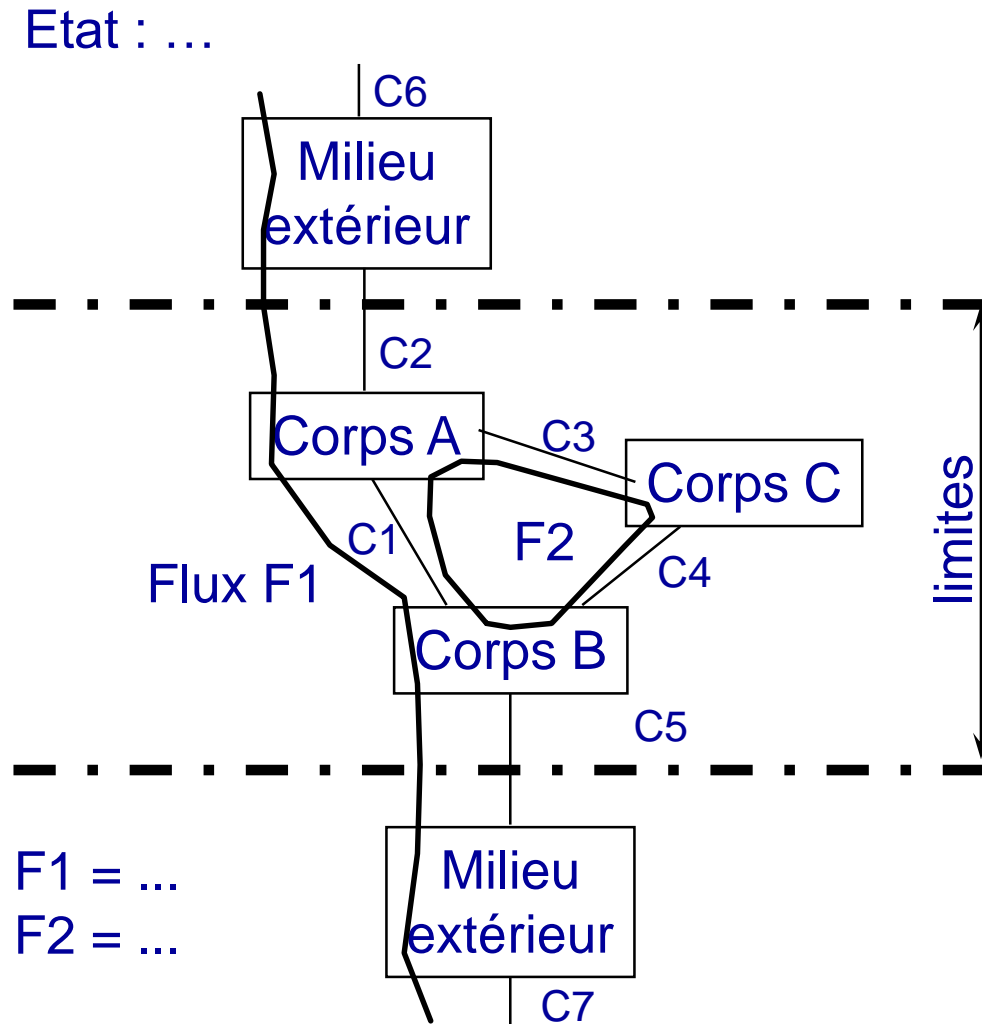
- ✓ repérer les contacts souhaités / non souhaités,
- ✓ repérer les flux (matière, énergie, information selon le niveau),
- ✓ et en déduire des fonctions techniques élémentaires (FTE).

le bloc diagramme est défini comme un outil visuel pour représenter de manière structurée les flux entre composants d'un système, afin de :

- ✓ clarifier le rôle des composants pour chaque fonction,
- ✓ identifier les interfaces critiques,
- ✓ s'assurer que toutes les fonctions nécessaires sont prises en compte.

Fiche outil : Analyse fonctionnelle technique (BLOC DIAGRAMME)

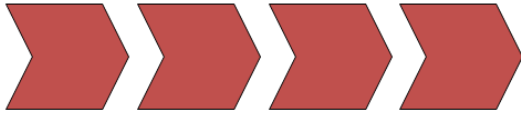
1. Définir l'état
2. Inventorier les composants
3. Ajouter les milieux extérieurs
4. Tracer et repérer les contacts
5. Tracer et valoriser les flux
6. Limiter le sujet



Analyse fonctionnelle technique

1) Analyse fonctionnelle technique

Configurations du mécanisme



1) Analyse fonctionnelle technique

Diagramme PIEUVRE

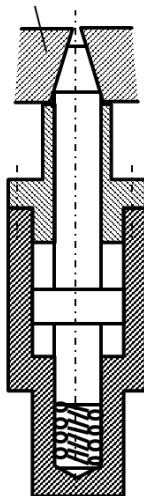
1) Analyse fonctionnelle technique

Bloc Diagramme

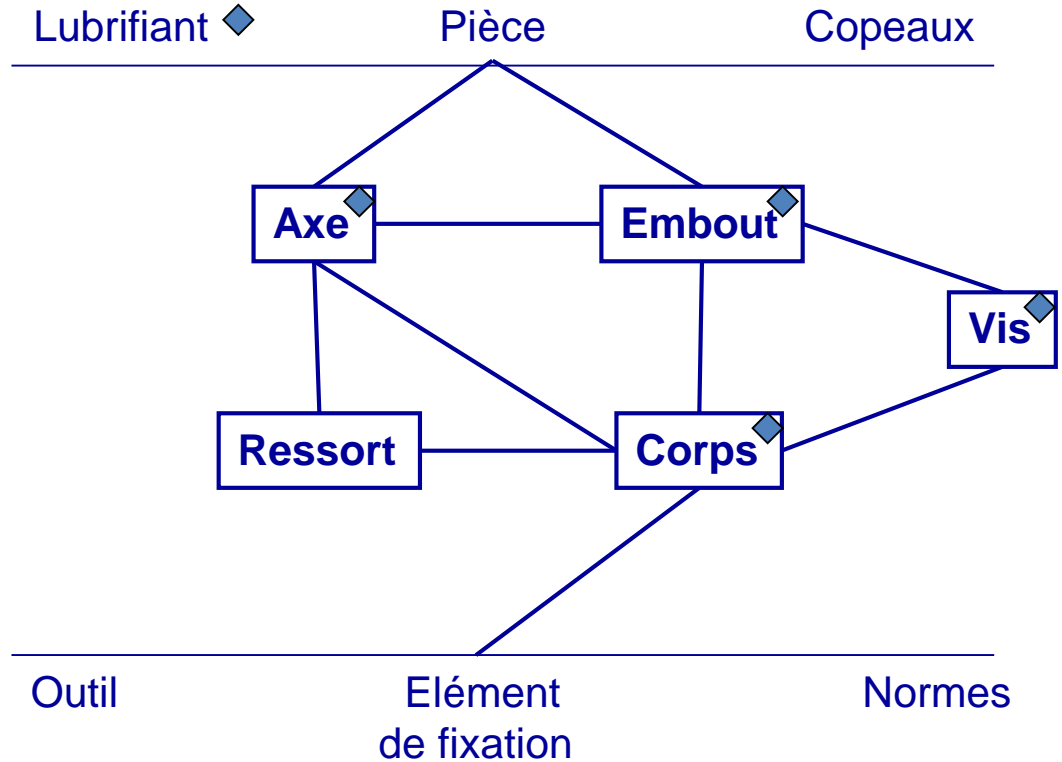
1) Analyse fonctionnelle technique

TAF – Fonctions Techniques Élémentaires

Pièce en place



Configuration chargée

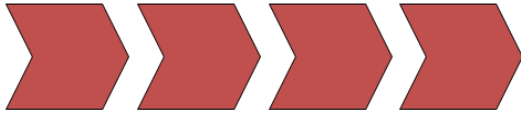


5. Démarches de spécification

Analyse fonctionnelle technique

1) Analyse fonctionnelle technique
Configurations du mécanisme

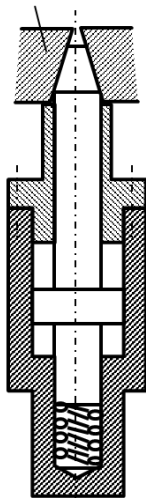
1) Analyse fonctionnelle technique
Bloc Diagramme



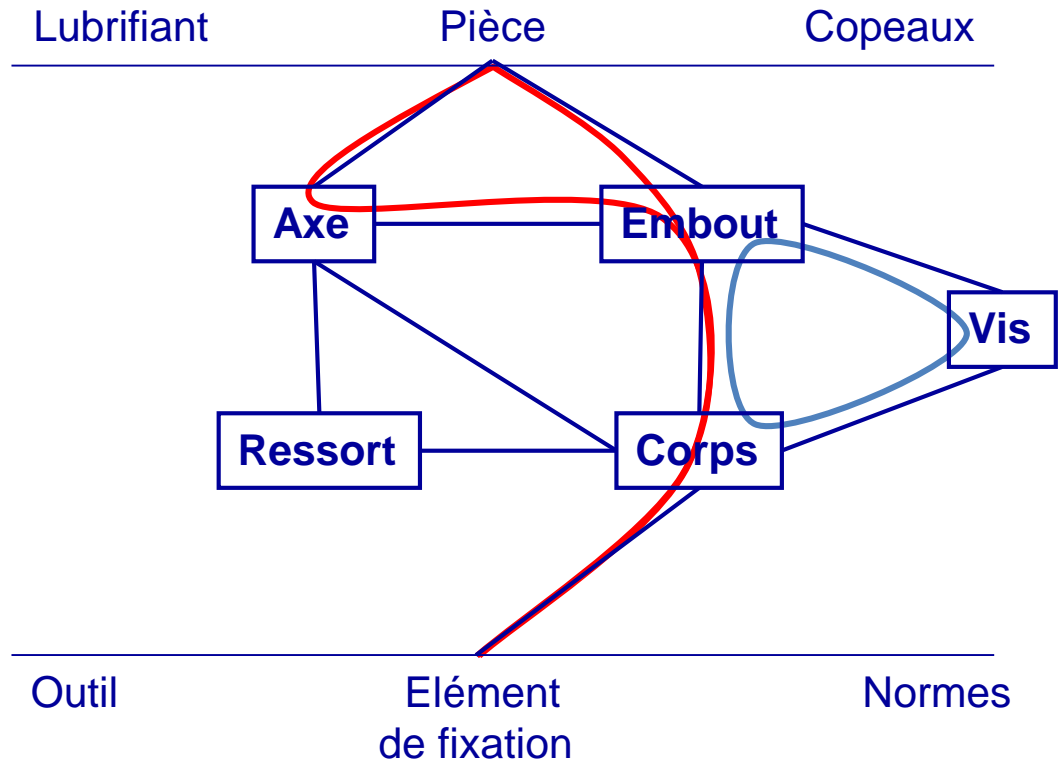
1) Analyse fonctionnelle technique
Diagramme PIEUVRE

1) Analyse fonctionnelle technique
TAF – Fonctions Techniques Élémentaires

Pièce en place

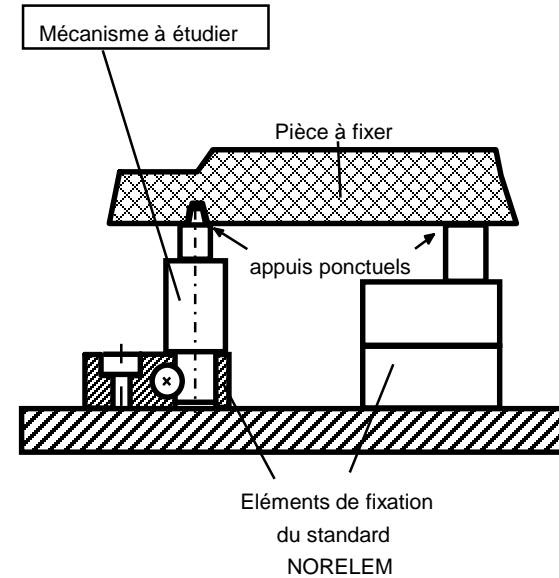
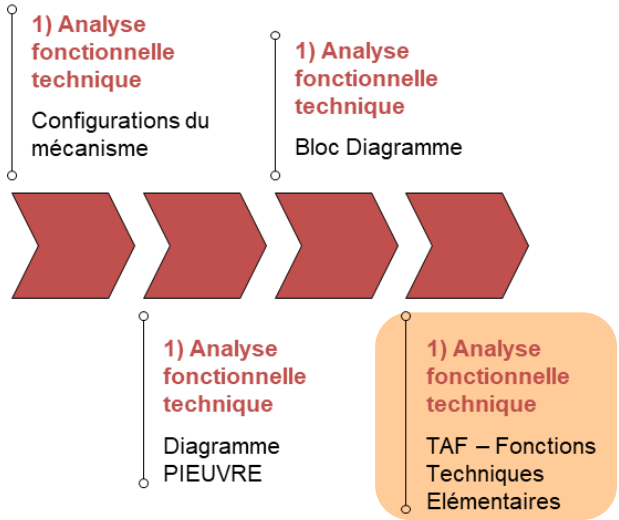


Configuration chargée

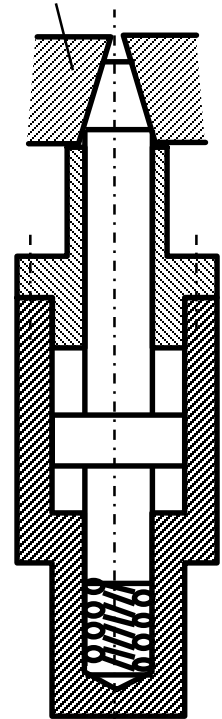


5. Démarches de spécification

Analyse fonctionnelle technique



Pièce en place



N°	Composant étudié				Liaisons - Surfaces				Solllicitations		Critères d'acceptation			Risque		Caractéristiques des surfaces		
	Agit	Sur. qu'à	Complément	Remarques complémentaires	Surf. 1	Surf. 2	Surf. 3	GF	Quoi	Combien	CAE - CFG	Combien	Comment	Mode de défaillance	Classe de gravité	Quoi	Combien	I/CP

Description des fonctions techniques élémentaires.

Ce à quoi est soumis le composant.

Classe de gravité de la CFG.

Éléments géométriques concernés.

Ce qui permet de valider chaque FTE.

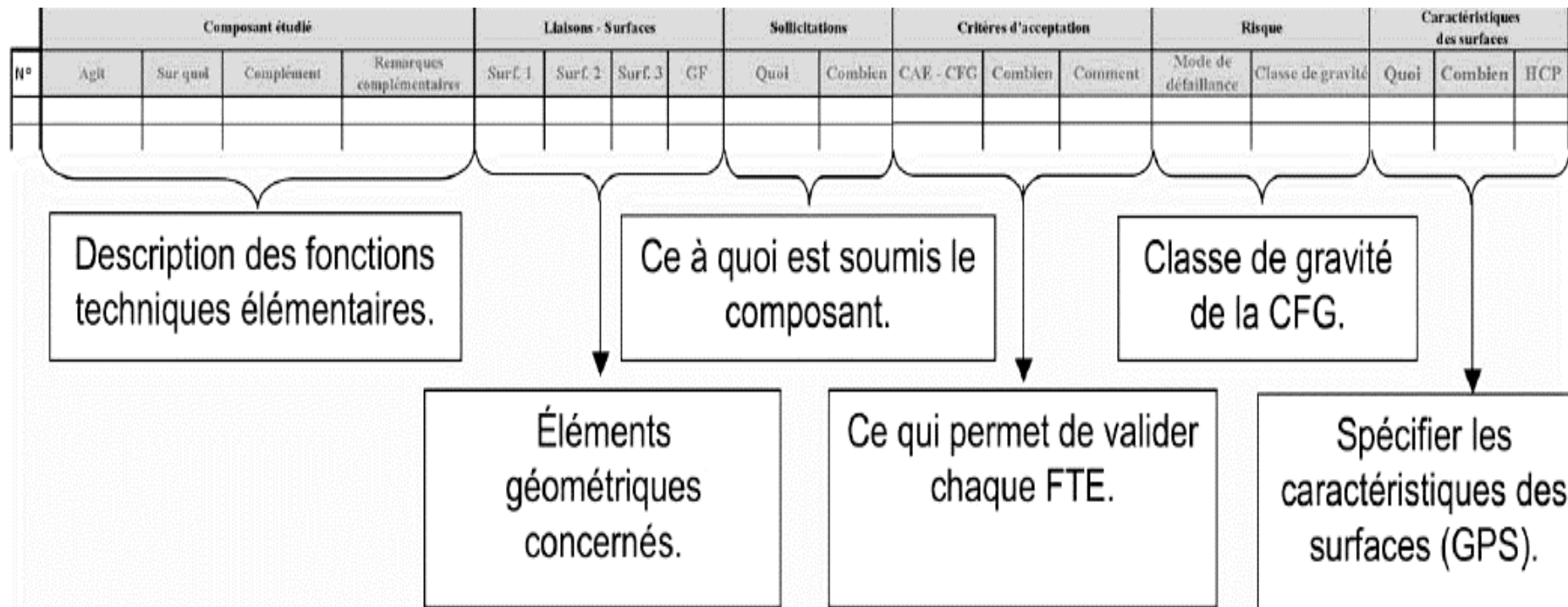
Spécifier les caractéristiques des surfaces (GPS).

Configuration chargée

5. Démarches de spécification

Le TAFT (Tableau d'Analyse Fonctionnelle Technique) a pour objectif.

- ✓ de traduire les FTE en données pour la cotation fonctionnelle.
- ✓ de regrouper les fonctions assurées pour chaque composant pour l'ensemble des phases du profil de vie.
- ✓ de caractériser la gravité pour chaque spécification.



Composant étudié				
N°	Agit	Sur quoi	Complément	Remarques complémentaires

Description des fonctions techniques élémentaires.

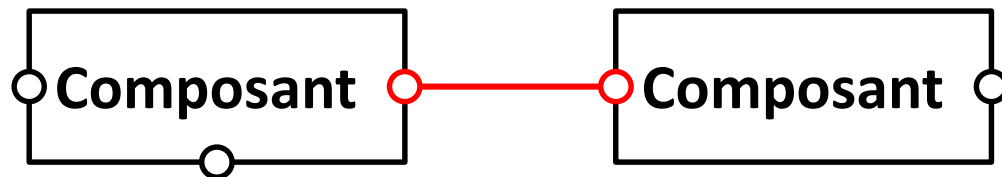
L'analyse fonctionnelle technique permet de comprendre en détail le rôle et le comportement des interfaces, ainsi que les échanges d'énergie et les interactions entre les différents composants.

Les interfaces réalisent des **fonctions techniques élémentaires (FTE)** qui décrivent leur contribution au fonctionnement global du système. Ces fonctions peuvent être de nature diverse : transmission de puissance, transmission d'information, guidage, maintien mécanique, etc.

Composant étudié				
N°	Agit	Sur quoi	Complément	Remarques complémentaires

Description des fonctions techniques élémentaires.

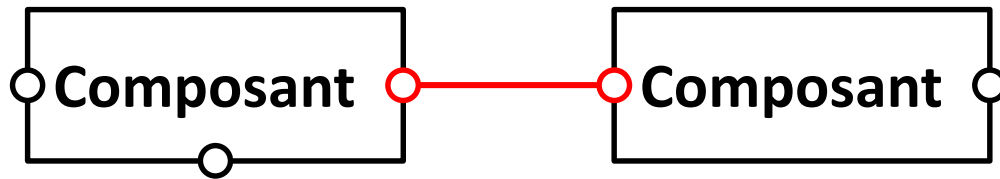
L'analyse fonctionnelle technique permet de comprendre en détail le rôle et le comportement des interfaces, ainsi que les échanges d'énergie et les interactions entre les différents composants.



Guide en rotation
Guide en translation
Guide en r+t
Positionne
Laisse passer
Maintient
Transmet à
Empêche le passage
Limite le passage
Résiste à

5. Démarches de spécification

Un composant assure une **fonction technique élémentaire de contact** lorsqu'il est en relation géométrique avec un composant ou un Élément du Milieu d'Utilisation



Guide en rotation
Guide en translation
Guide en r+t
Positionne
Laisse passer

5. Démarches de spécification

Guide et positionne

Les fonctions techniques élémentaires (FTE) "Guide" et "Positionne" sont essentielles pour comprendre le **comportement cinématique** des interfaces ou liaisons entre deux composants mécaniques. Elles définissent comment les composants interagissent en termes de mobilité et de contraintes.

FTE "Positionne"

- ✓ **Définition** : Une interface ou liaison entre deux composants qui, dans une phase de fonctionnement normal, n'a aucune mobilité ou déplacement entre les deux composants.
- ✓ **Caractéristiques** :
 - ✓ **Blocage des 6 degrés de liberté** : Les six degrés de mobilité (trois translations et trois rotations) sont bloqués par obstacle ou par adhérence.
 - ✓ *Assure une position fixe et stable des composants l'un par rapport à l'autre.*

Fonction Technique Élémentaire (FTE)	Exigences
Positionne	- Précision du positionnement - Stabilité du positionnement - ...

Guide et positionne

FTE "Guide"

• **Définition** : Une interface ou liaison entre deux composants qui, dans une phase de fonctionnement normal, laisse libre une ou plusieurs mobilités ou déplacements entre les deux composants.

• **Caractéristiques** :

- **Liberté de mouvement** : Les six degrés de mobilité ne sont pas tous bloqués, permettant ainsi certains mouvements relatifs entre les composants.
- ✓ *Permet des mouvements contrôlés, tels que des translations ou des rotations spécifiques.*

Fonction Technique Élémentaire (FTE)	Exigences
Guide	- Mouvement libre - Friction, frottement - Précision de la trajectoire, débattement ou jeu maxi

Laisse passer

Les fonctions techniques élémentaires (FTE) "Guide" et "Positionne" sont complétées par la FTE « Laisse passer ». Cette FTE ne traduit pas un comportement cinématique mais **l'absence de contact** entre deux composants.

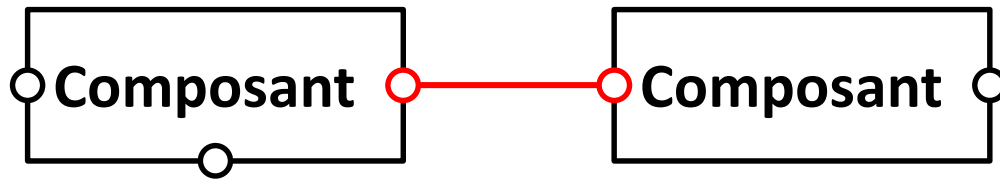
FTE "Laisse passer"

- ✓ **Définition** : Une interface entre deux composants qui possède toujours un jeu positif, empêchant tout contact entre les composants.
- ✓ **Caractéristiques** :
 - ✓ **Jeu positif** : Un espace est maintenu entre les composants, empêchant tout contact.
 - ✓ **Les composants ne se touchent pas, ce qui peut être crucial pour éviter du frottement ou des interférences.**

Fonction Technique Élémentaire (FTE)	Exigences
Laisse passer	- Jeu mini positif - Débattement ou jeu maxi

5. Démarches de spécification

Un composant assure une **fonction technique élémentaire de flux** lorsqu'il permet ou s'interpose au parcours d'un flux. Par définition, un flux correspond à une quantité d'une grandeur (mécanique, électrique, ...) parcourant pendant une unité de temps une aire donnée.



Maintient
Transmet à
Empêche le passage
Limite le passage
Résiste à

Maintient

La fonction technique élémentaire (FTE) "Maintient" complète la FTE "Positionne" en caractérisant le **comportement mécanique** de l'interface entre deux composants. Elle décrit l'action mécanique exercée pour maintenir les composants en position, assurant ainsi leur stabilité et leur précision.

FTE "Maintient"

- ✓ **Définition** : Une interface ou liaison entre deux composants où une action mécanique est exercée pour maintenir les composants en position, empêchant tout déplacement relatif.
- ✓ **Caractéristiques** :
 - ✓ **Action mécanique** : Une force ou un couple est appliqué pour maintenir les composants en position.
 - ✓ Assure une position fixe et stable des composants, même en présence de forces externes.

Fonction Technique Élémentaire (FTE)	Exigences
Maintient	<ul style="list-style-type: none">- Force de maintien- Résistance aux forces externes- Durabilité

Transmet à, Résiste à

Les fonctions techniques élémentaires (FTE) "Transmet à" et "Résiste à" sont essentielles pour comprendre le **comportement mécanique ou /et énergétique** des interfaces ou liaisons entre deux composants. Elles caractérisent la transmission ou la résistance à un flux énergétique au sein de l'interface.

FTE "Transmet à"

- ✓ **Définition** : Une interface ou liaison entre deux composants qui permet la transmission d'un flux énergétique, tel qu'une énergie mécanique, électrique, thermique, ou autre.
- ✓ **Caractéristiques** :
 - ✓ **Transmission d'énergie** : L'interface permet le passage d'énergie d'un composant à l'autre.
 - ✓ **Efficacité** : La transmission doit être efficace, minimisant les pertes d'énergie.
 - ✓ **Exemples** : Utilisé dans les systèmes où l'énergie doit être transférée, comme les engrenages, les arbres de transmission, ou les câbles électriques.

FTE "Résiste à"

- ✓ **Définition** : Une interface ou liaison entre deux composants qui résiste à un flux énergétique, empêchant ou minimisant le passage de cette énergie.
- ✓ **Caractéristiques** :
 - ✓ **Résistance à l'énergie** : L'interface empêche ou réduit le passage d'énergie.
 - ✓ **Durabilité** : Doit être capable de résister à des forces ou des flux énergétiques sans se détériorer.
 - ✓ **Exemples** : Utilisé dans les systèmes où il est crucial de bloquer ou de réduire le flux énergétique, comme les isolants thermiques, les amortisseurs, ou les barrières électriques.

Transmet à, Résiste à

Les fonctions techniques élémentaires (FTE) "Transmet à" et "Résiste à" sont essentielles pour comprendre le **comportement mécanique ou /et énergétique** des interfaces ou liaisons entre deux composants. Elles caractérisent la transmission ou la résistance à un flux énergétique au sein de l'interface.

Fonction Technique Élémentaire (FTE)	Exigences
Transmet à, Résiste à	<ul style="list-style-type: none">- Type d'énergie : Mécanique, électrique, thermique, etc.- Rendement de transmission : Mesure de la quantité d'énergie transmise par rapport à l'énergie initiale.- Capacité de résistance : Mesure de la capacité de l'interface à résister à l'énergie sans se détériorer- ...

Limite , Empêche le passage de ...

Les fonctions techniques élémentaires (FTE) "Limite le passage de " et "Empêche le passage de" caractérisent le **comportement mécanique**, ... d'une interface. Elles indiquent que l'interface va s'opposer au passage d'un composant, d'un courant ou d'un fluide. Cette opposition au passage a deux niveaux : une opposition totale "Empêche le passage de" ou une opposition partielle "Limite le passage de ".

FTE « Limite le passage"

- ✓ **Définition** : Une interface ou liaison entre deux composants qui permet de stopper le mouvement d'un fluide ou d'un composant initialement en mouvement par rapport à l'autre.
- ✓ **Caractéristiques** :
 - ✓ **Butée** : L'interface définit une limite pour l'amplitude du mouvement.
 - ✓ **Efficacité** : Libère un degré de liberté, et le bloque au contact des deux composants.
 - ✓ **Exemples** : L'interface entre le bout de la clé USB et le fond de l'entrée USB du PC.

FTE « Empêche le passage"

- ✓ **Définition** : Une interface ou liaison entre deux composants qui résiste à un flux de fluide, empêchant totalement le passage de ce fluide.
- ✓ **Caractéristiques** :
 - ✓ **Résistance à l'énergie** : L'interface empêche le passage de fluide.
 - ✓ **Durabilité** : Doit être capable de résister à des forces ou des flux énergétiques sans se détériorer.
 - ✓ **Exemples** : Utilisé dans les systèmes où il est crucial de bloquer ou de réduire le passage de fluides.

Limite , Empêche le passage de ...

Les fonctions techniques élémentaires (FTE) "Limite le passage de " et "Empêche le passage de" caractérisent le **comportement mécanique**, ... d'une interface. Elles indiquent que l'interface va s'opposer au passage d'un composant, d'un courant ou d'un fluide. Cette opposition au passage a deux niveaux : une opposition totale "Empêche le passage de" ou une opposition partielle "Limite le passage de ".

Fonction Technique Élémentaire (FTE)	Exigences
Limite le passage de...	<ul style="list-style-type: none">- Type d'énergie : Mécanique, électrique, thermique, etc.- Rendement de transmission : Mesure de la quantité d'énergie bloquée lors de l'impact.- Efficacité : Libérer un degré de liberté et le bloquer au contact des deux composants.
Empêche le passage de...	<ul style="list-style-type: none">- Type d'énergie : Fluide- Rendement: mesure de pression du fluide bloqué- Résistance à l'énergie : Empêcher le passage du fluide- Durabilité : Résister aux forces ou flux énergétiques sans se détériorer.

Entités :



Lors de la description d'une interface composée de plusieurs entités, il est essentiel de hiérarchiser les entités en fonction du nombre de degrés de liberté (DDL) qu'elles bloquent.

✓ Degrés de liberté (DDL)

Les degrés de liberté représentent les différentes façons dont une entité peut se déplacer ou pivoter dans l'espace. Une entité libre dans l'espace tridimensionnel possède 6 DDL : 3 translations (selon les axes X, Y et Z) et 3 rotations (autour de ces mêmes axes).

✓ Hiérarchisation

La hiérarchisation des entités se fait en fonction du nombre de DDL bloqués :

Entités de rang supérieur : Ce sont les entités qui bloquent le plus de DDL. Elles sont considérées comme les plus importantes dans la définition de la géométrie de l'interface.

Entités de rang inférieur : Ce sont les entités qui bloquent le moins de DDL. Elles sont considérées comme moins importantes dans la définition de la géométrie de l'interface.

Analyse fonctionnelle : Cette hiérarchisation facilite l'identification des fonctions techniques assurées par chaque entité.

5. Démarches de spécification

Entités :

Plan



Plans coplanaires



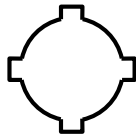
Plans décalés



Plans parallèles symétriques



Groupe de Plans parallèles symétriques



Surface extrudée bilatérale



Surface discontinue



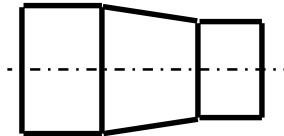
Surface continue



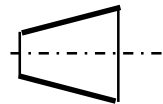
Cylindre



Cylindres coaxiaux



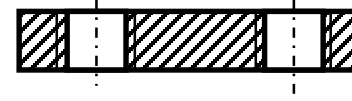
Cône



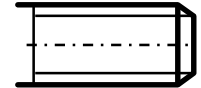
Groupe de Cylindres



Groupe de Taraudages



Filetage



Taraudage

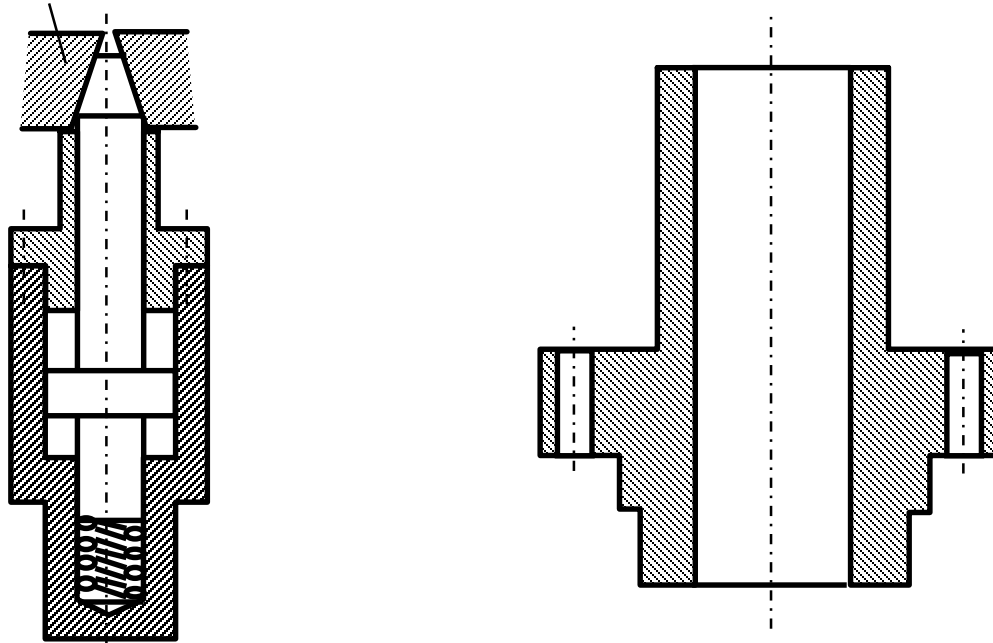


Locating



Sphère

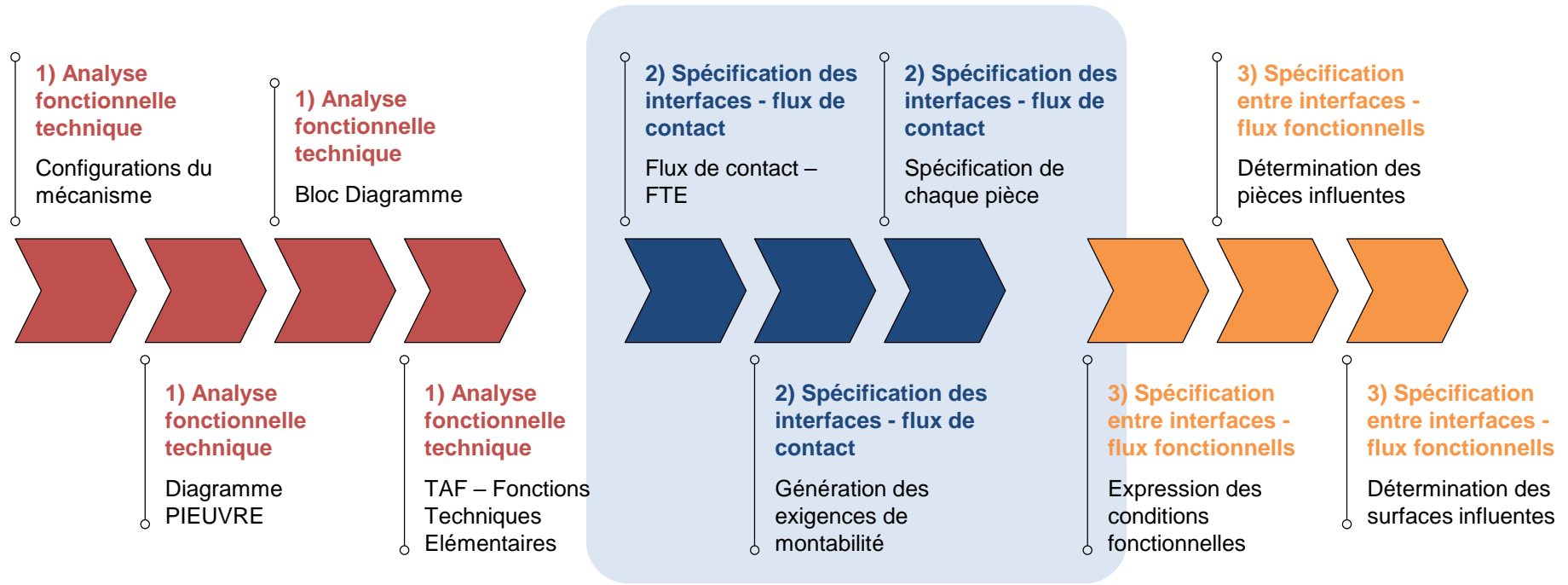




Couvercle					Liaisons - Surfaces			
No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF
1	se positionne sur	le corps	radial et axial	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du corps sur le couvercle	Plan a	Cylindre b		
2	guide	l'axe	radial		Cylindre c			
3	positionne	la pièce	axial		Plan d			
4	positionne	les vis	axial		Plan e			
5	laisse passer	les vis	radial	La FTE permet de caractériser le contact non souhaité entre le corps des vis et le trou de passage	Cylindres f			
6	resiste	aux vis	pression	La FTE permet de caractériser l'épaisseur et la surface du plan d'appui sous tête de vis	Plan e			
7	exerce	au corps	pression		Plan a			
8	empêche le passage	corps	d'un fluide	La fonction technique permet de caractériser l'étanchéité statique de la liaison issue des écarts micro géométrique	Plan a			

5. Démarches de spécification

Spécification des interfaces



Que doit satisfaire cette interface pour assurer un bon guidage ou un bon positionnement ?

Composant

5. Démarches de spécification

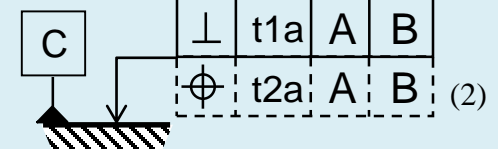
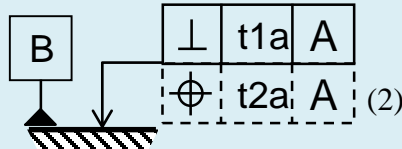
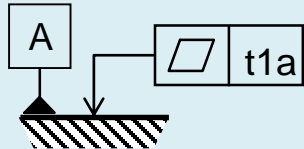
Spécification des interfaces

Entité primaire

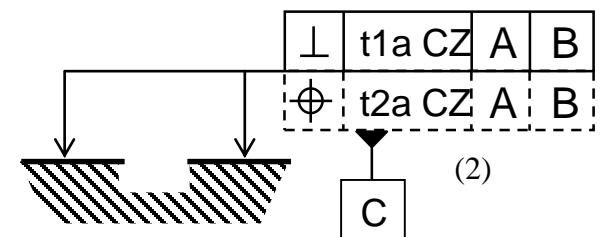
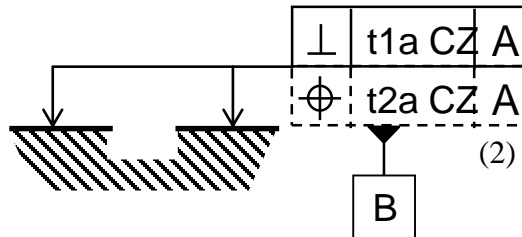
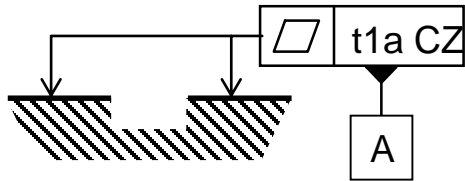
Entité secondaire

Entité tertiaire

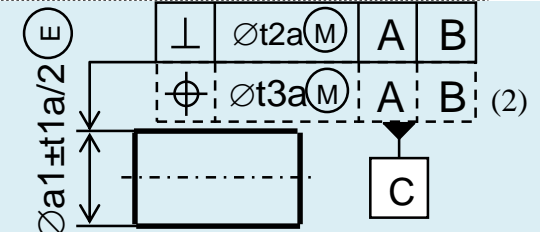
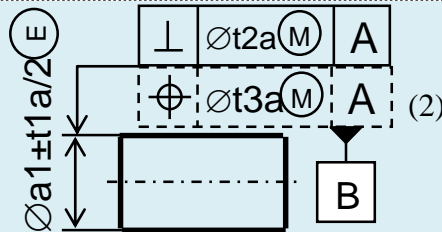
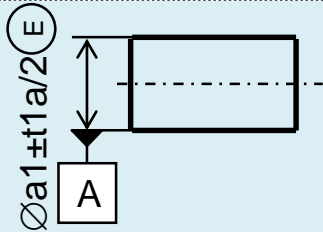
Plan



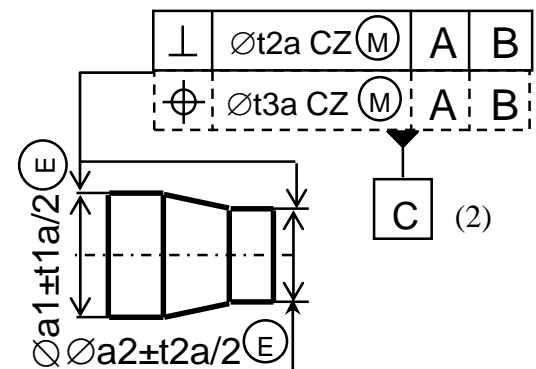
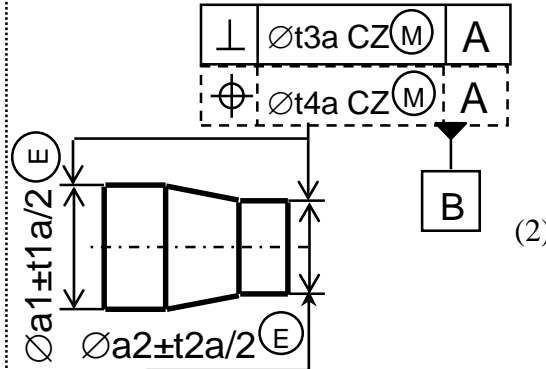
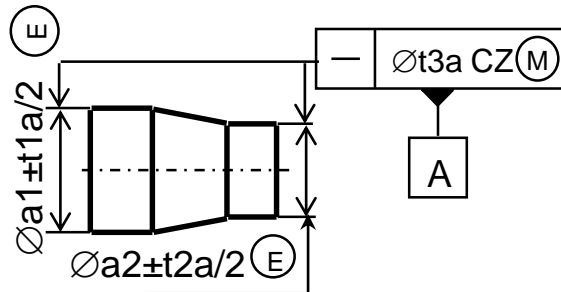
Plans coplanaires



Cylindre



Cylindres coaxiaux

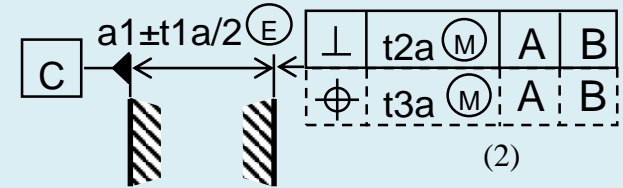
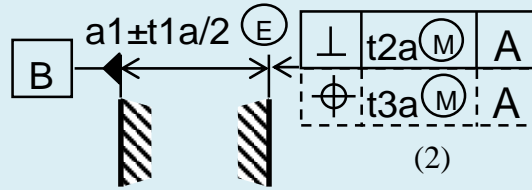
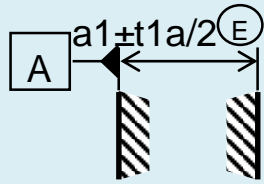


5. Démarches de spécification

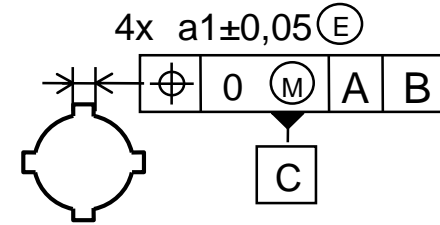
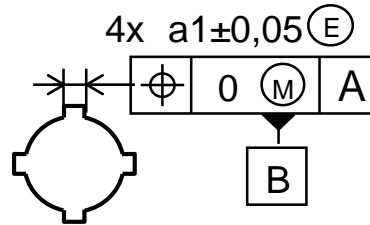
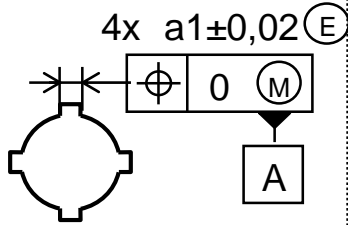
<p>Cône</p> <p>Feature control frame: $t1a$ A</p>	<p>Feature control frame: $t1a$ A B</p>	<p>Feature control frame: $t1a$ A B C</p>
<p>Surface discontinue</p> <p>Feature control frame: $t1a$ CZ A (3)</p>	<p>Feature control frame: $t1a$ CZ A B (3)</p>	<p>Feature control frame: $t1a$ CZ A B C (3)</p>
<p>Surface continue</p> <p>Feature control frame: $t1a$ A (3)</p>	<p>Feature control frame: $t1a$ A B (3)</p>	<p>Feature control frame: $t1a$ A B C (3)</p>
<p>Groupe Cylindres</p> <p>Feature control frame: $\emptyset t1a$ M A</p>	<p>Feature control frame: $\emptyset t2a$ M A</p>	<p>Feature control frame: $\emptyset t2a$ M A B</p>
<p>Avec pions serrés</p> <p>Feature control frame: $\emptyset t1a$ P A</p>	<p>Feature control frame: $\emptyset t2a$ P A</p>	<p>Feature control frame: $\emptyset t2a$ P A B</p>

5. Démarches de spécification

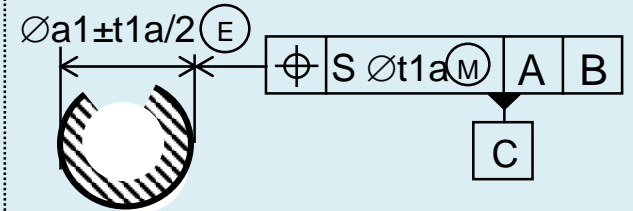
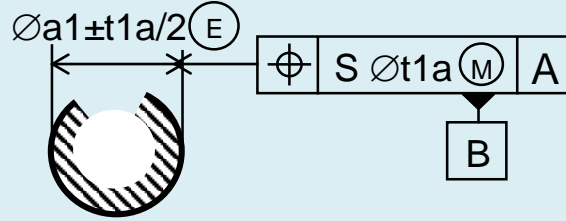
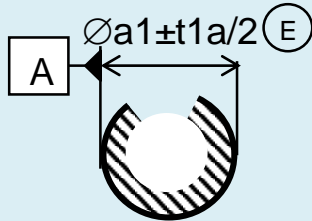
Plans parallèles symétriques



Groupe de Plans parallèles symétriques

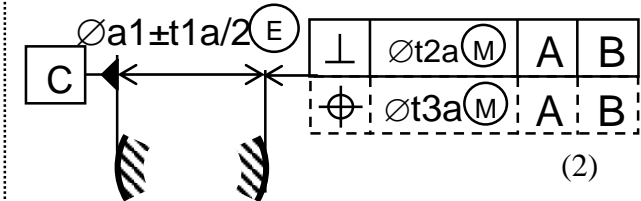
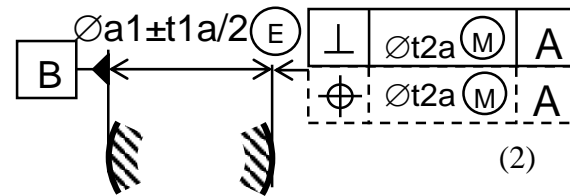


Sphère

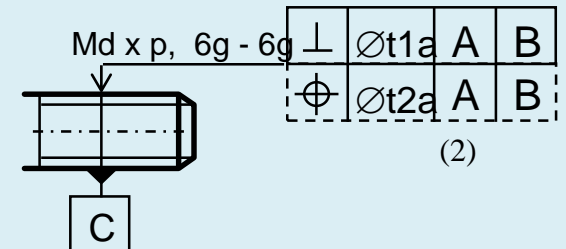
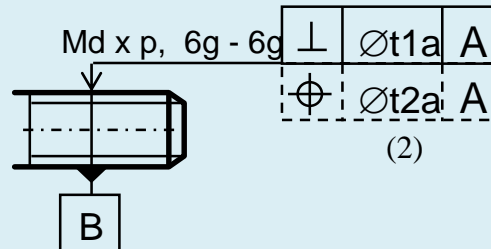
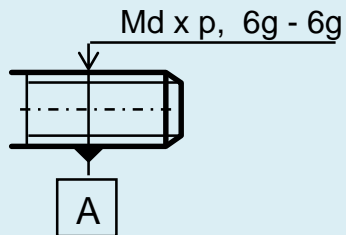


Locating

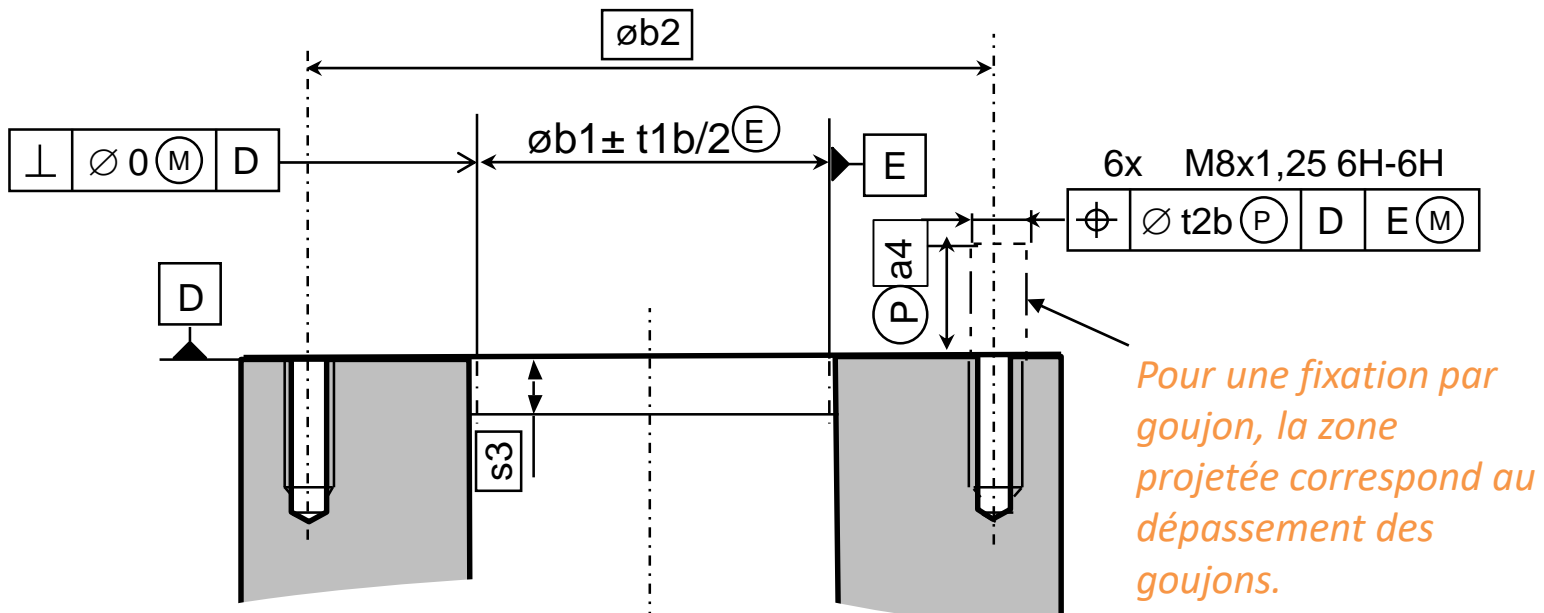
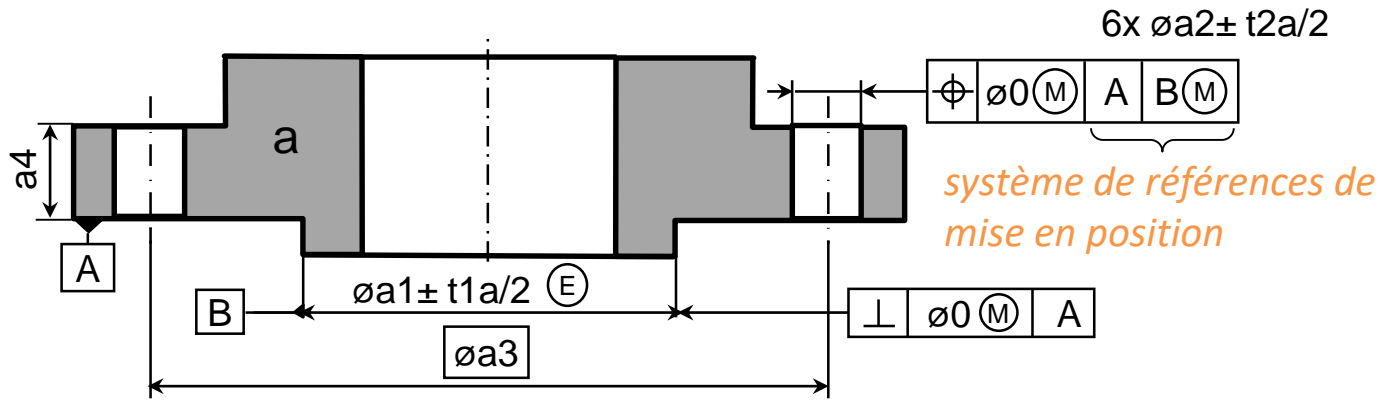
pas de locating en primaire



Filetage



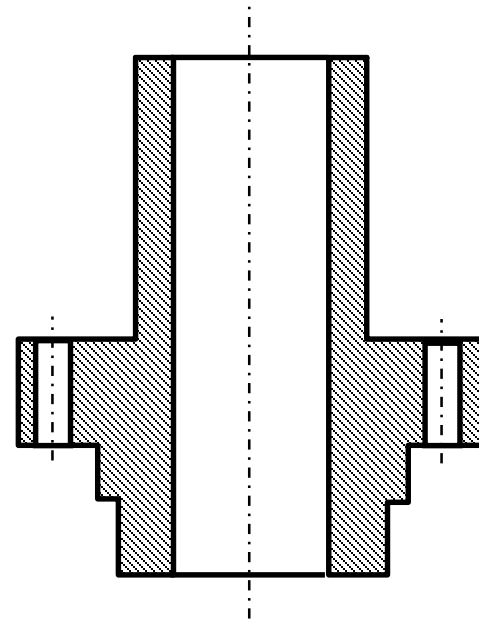
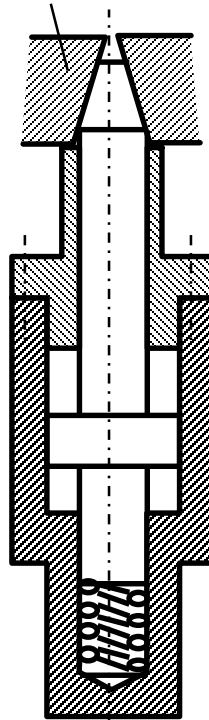
5. Démarches de spécification



Spécification des interfaces

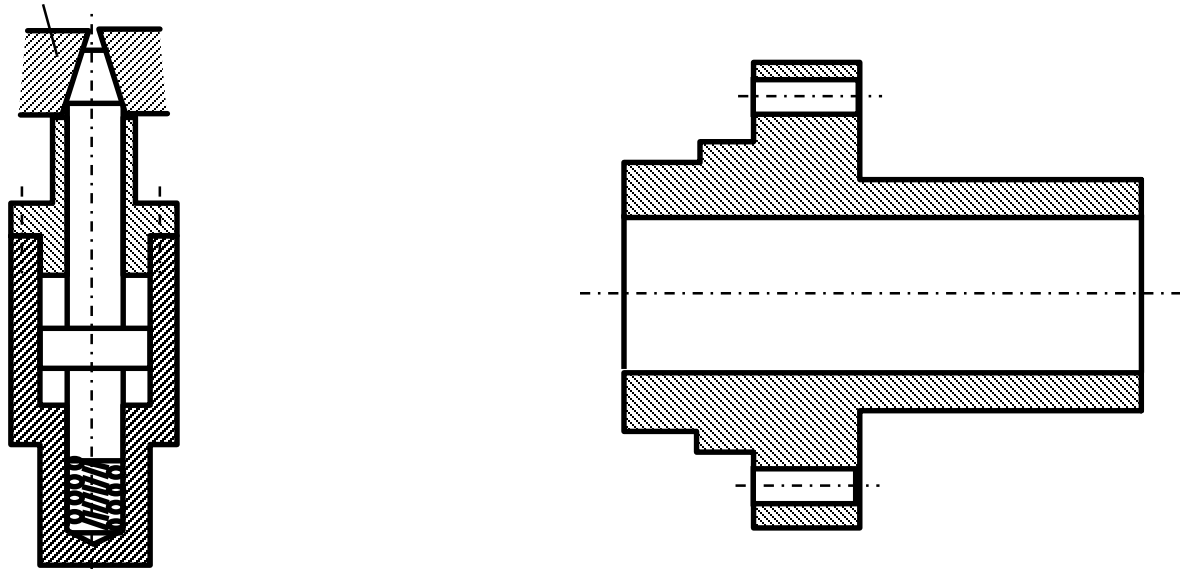
- Spécifier les interfaces du corps, de l'axe et de l'embout

Pièce en place



Configuration chargée

Spécification des interfaces

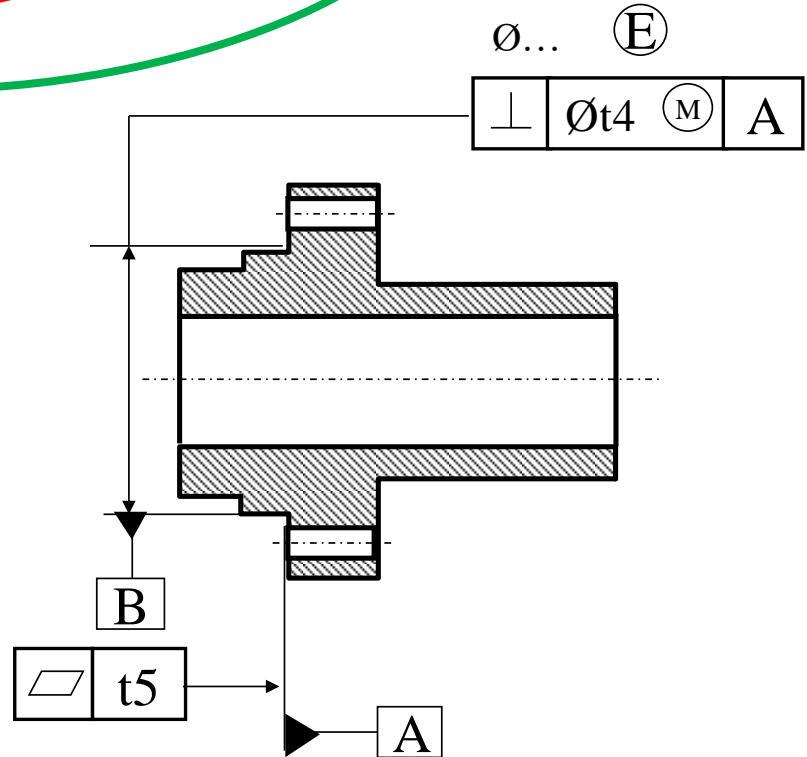
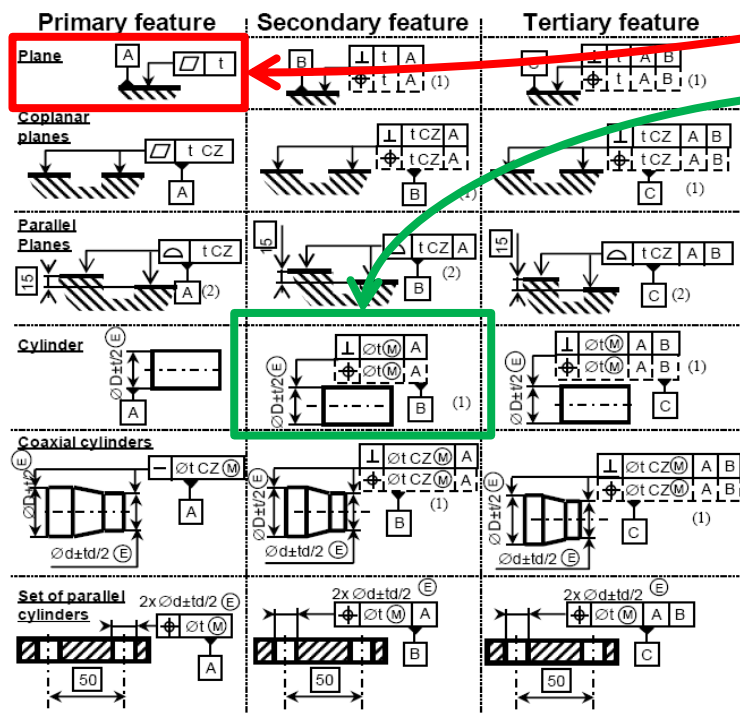


Couvercle					Liaisons - Surfaces			
No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF
1	se positionne sur	le corps	radial et axial	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du corps sur le couvercle	Plan a	Cylindre b		
2	guide	l'axe	radial		Cylindre c			
3	positionne	la pièce	axial		Plan d			
4	positionne	les vis	axial		Plan e			
5	laisse passer	les vis	radial	La FTE permet de caractériser le contact non souhaité entre le corps des vis et le trou de passage	Cylindres f			
6	resiste	aux vis	pression	La FTE permet de caractériser l'épaisseur et la surface du plan d'appui sous tête de vis	Plan e			
7	exerce	au corps	pression		Plan a			
8	empêche le passage	corps	d'un fluide	La fonction technique permet de caractériser l'étanchéité statique de la liaison issue des écarts micro géométrique	Plan a			

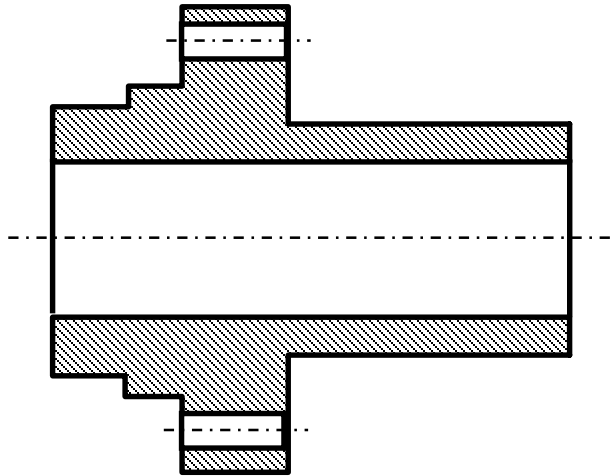
5. Démarches de spécification

Spécification des interfaces

Couvercle				Liaisons - Surfaces				
No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF
1	se positionne sur	le corps	radial et axial	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du corps sur le couvercle	Plan a	Cylindre b		



Spécification des interfaces



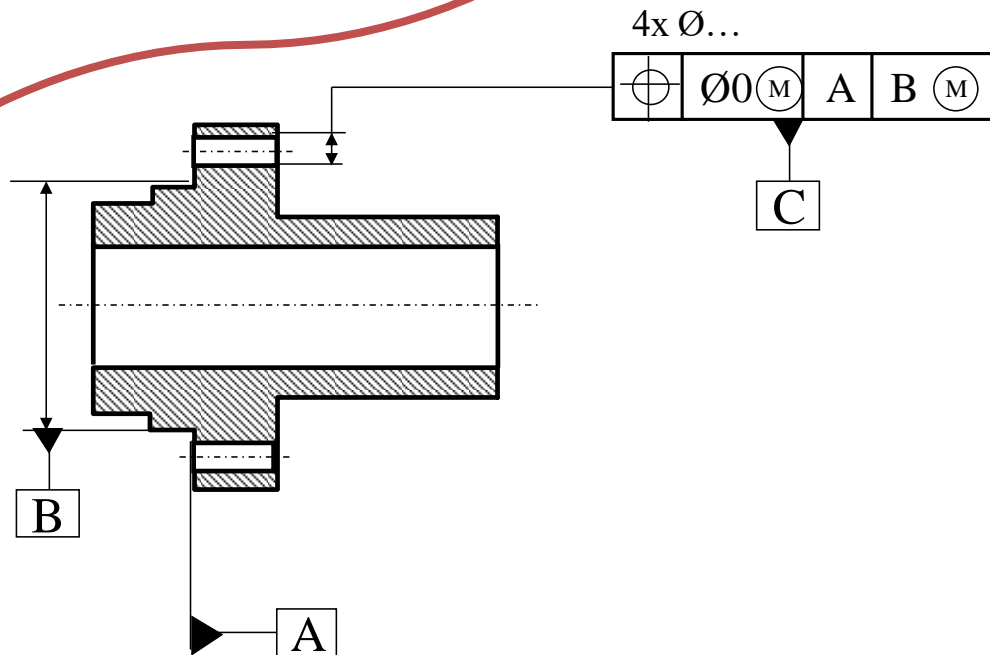
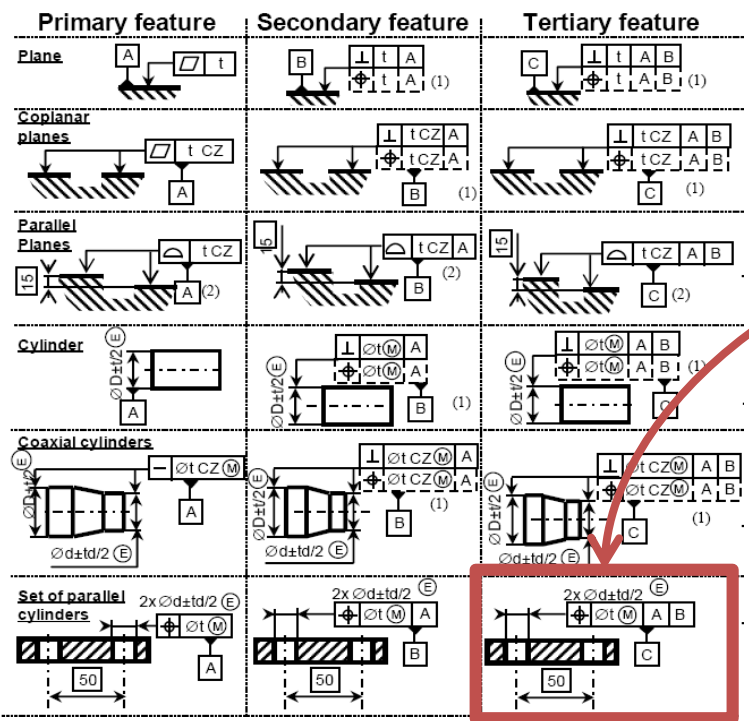
La FTE de contact non souhaité dépend en partie de la qualité de la mise en position issue (de la / des) FTE de contact souhaité

Couvercle					Liaisons - Surfaces			
No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF
1	se positionne sur	le corps	radial et axial	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du corps sur le couvercle	Plan a	Cylindre b		
2	guide	l'axe	radial		Cylindre c			
3	positionne	la pièce	axial		Plan d			
4	positionne	les vis	axial		Plan e			
5	laisse passer	les vis	radial	La FTE permet de caractériser le contact non souhaité entre le corps des vis et le trou de passage	Cylindres f			
6	resiste	aux vis	pression	La FTE permet de caractériser l'épaisseur et la surface du plan d'appui sous tête de vis	Plan e			
7	exerce	au corps	pression		Plan a			
8	empêche le passage	corps	d'un fluide	La fonction technique permet de caractériser l'étanchéité statique de la liaison issue des écarts micro géométrique	Plan a			

5. Démarches de spécification

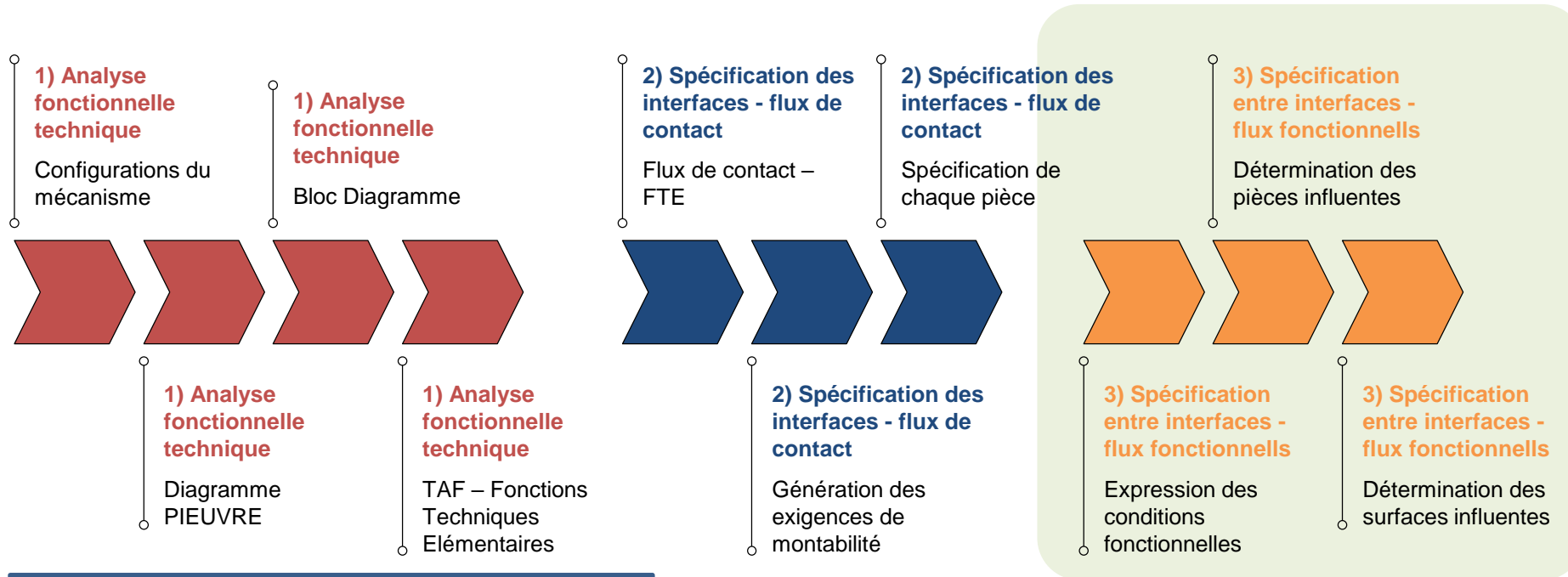
Spécification des interfaces

Couvercle				Liaisons - Surfaces				
No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF
1	se positionne sur	le corps	radial et axial	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du corps sur le couvercle	Plan a	Cylindre b		

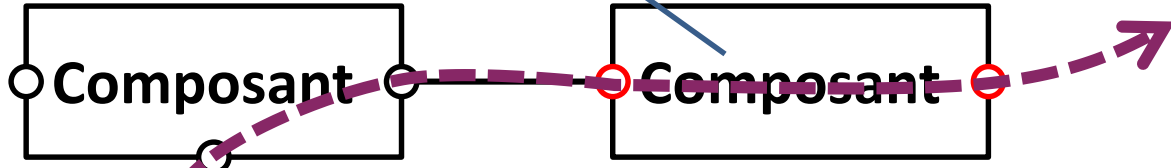


5. Démarches de spécification

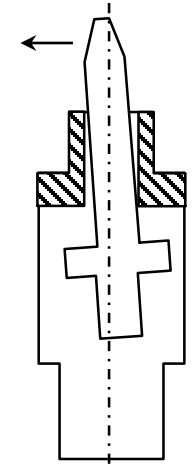
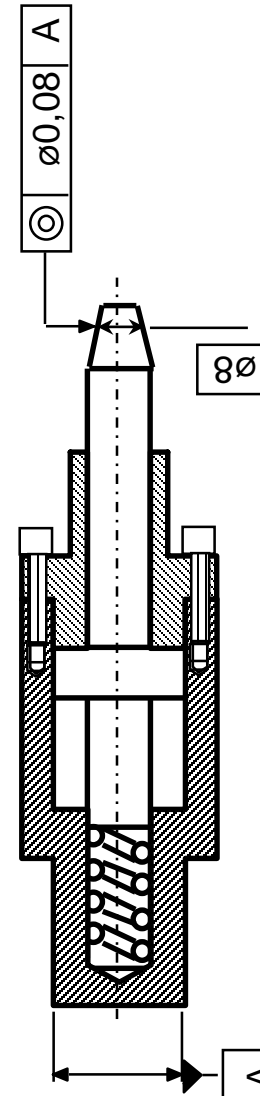
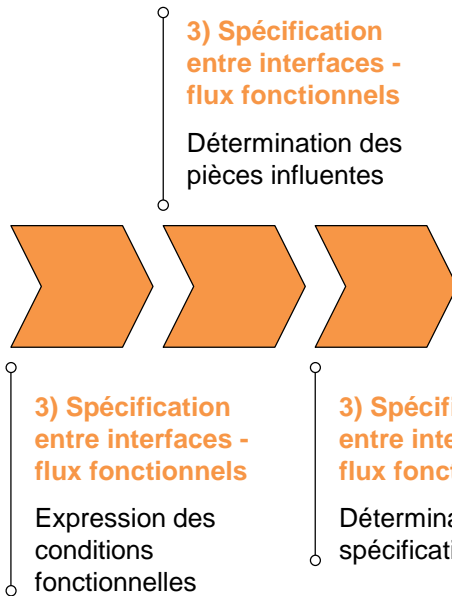
Spécification fonctionnelle



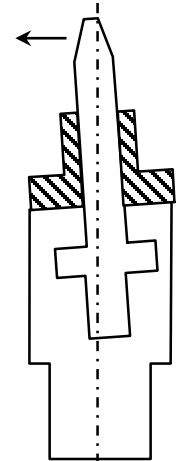
Que doit satisfaire les interfaces pour garantir le flux ?



Spécification fonctionnelle (approche 1)



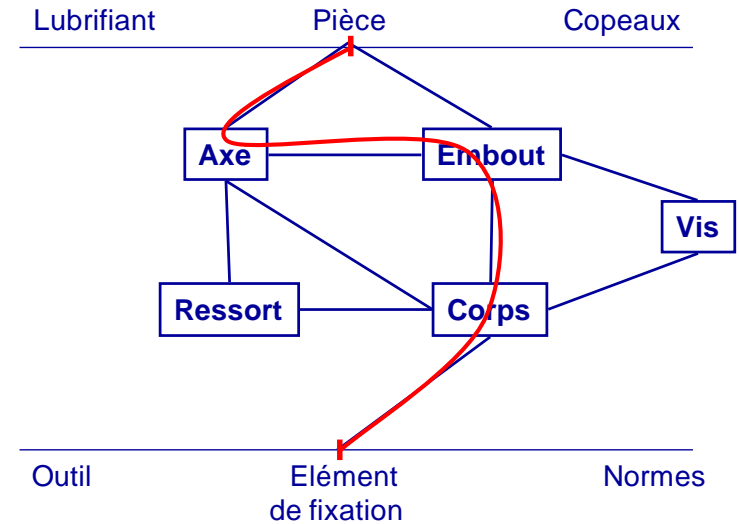
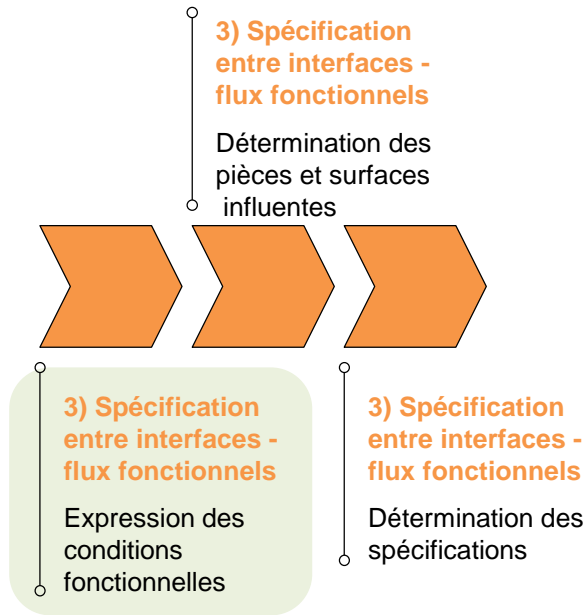
Effet du jeu



Effet de l'orientation de la face d'appui

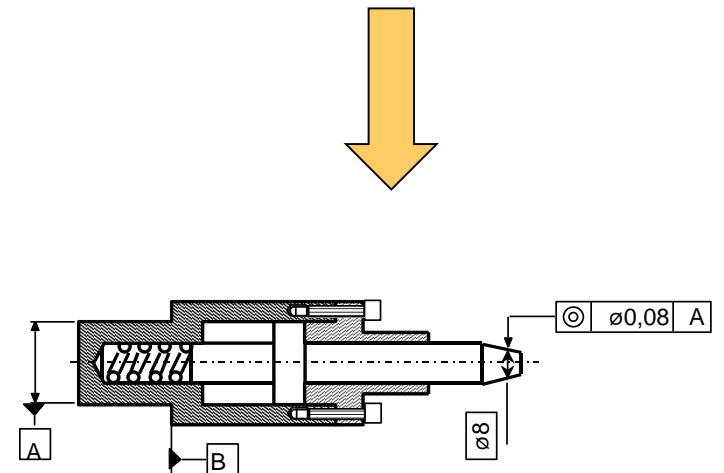
5. Démarches de spécification

Spécification fonctionnelle (approche 1)



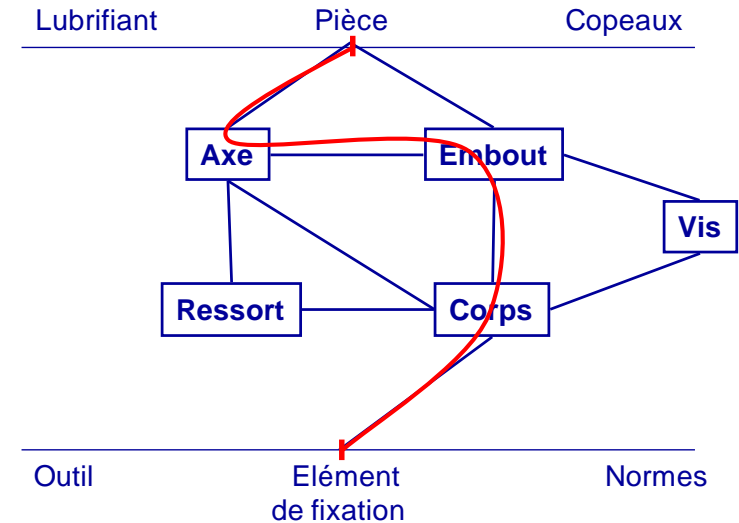
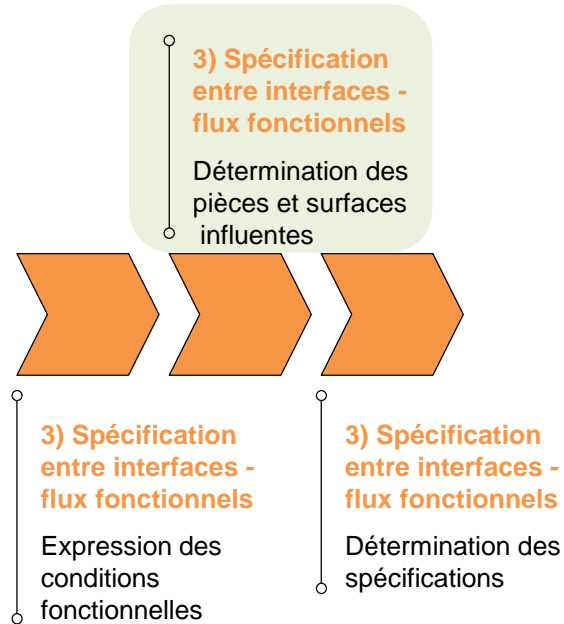
CFG = Condition fonctionnelle géométrique

Condition sur un jeu entre surfaces ou sur une position ou une orientation entre surfaces



5. Démarches de spécification

Spécification fonctionnelle (approche 1)

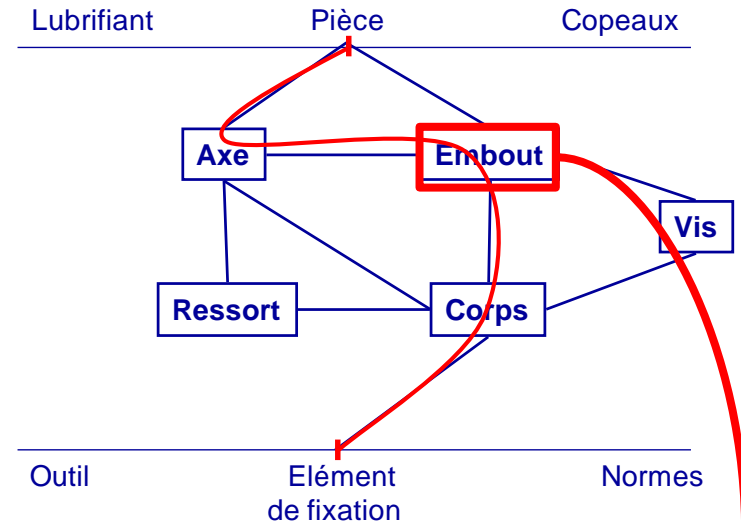
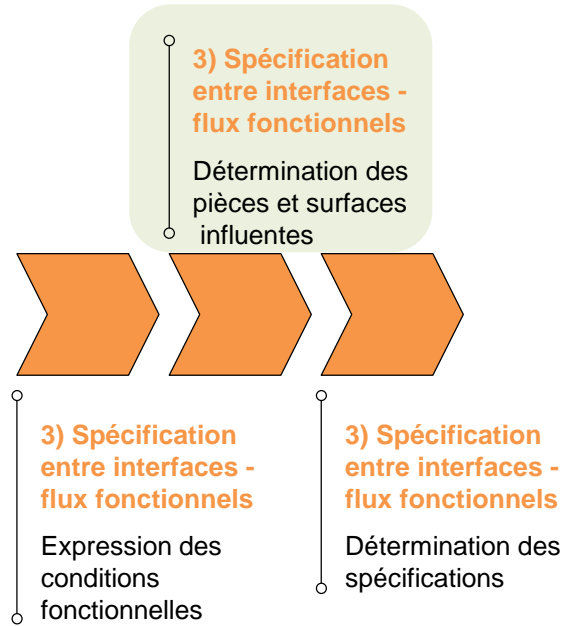


Un **flux fonctionnel** représente une chaîne de cotes (3D), il passe par la condition fonctionnelle géométrique et par des pièces et des surfaces influentes.

Les pièces dont dépend le respect de la CF sont appelées **pièces influentes**.

5. Démarches de spécification

Spécification fonctionnelle (approche 1)



La CFG dépend en partie de la qualité de la mise en position issue des FTE de contact souhaité. Donc pour une pièce influente (support du flux), les surfaces influentes sont les surfaces participant aux FTE de contact souhaité.

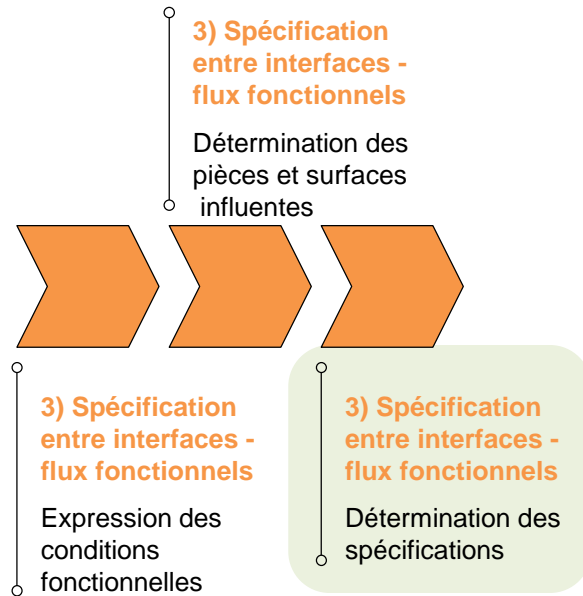
Couvercle					Liaisons - Surfaces			
No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF
1	se positionne sur	le corps	radial et axial	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du corps sur le couvercle	Plan a	Cylindre b		
2	guide	l'axe	radial		Cylindre c			
3	positionne	la pièce	axial		Plan d			
4	positionne	les vis	axial		Plan e			
5	laisse passer	les vis	radial	La FTE permet de caractériser le contact non souhaité entre le corps des vis et le trou de passage	Cylindres f			



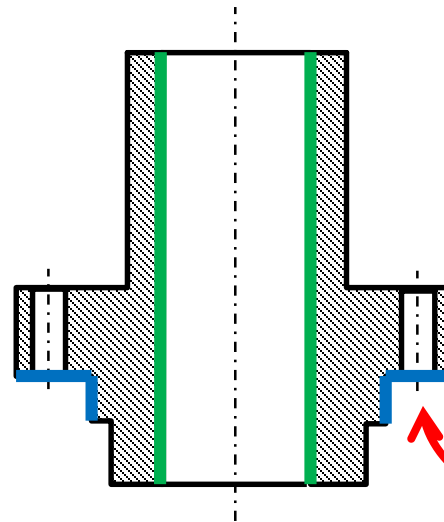
5. Démarches de spécification

Spécification fonctionnelle (approche 1)

1. Spécifier qui par rapport à qui ?



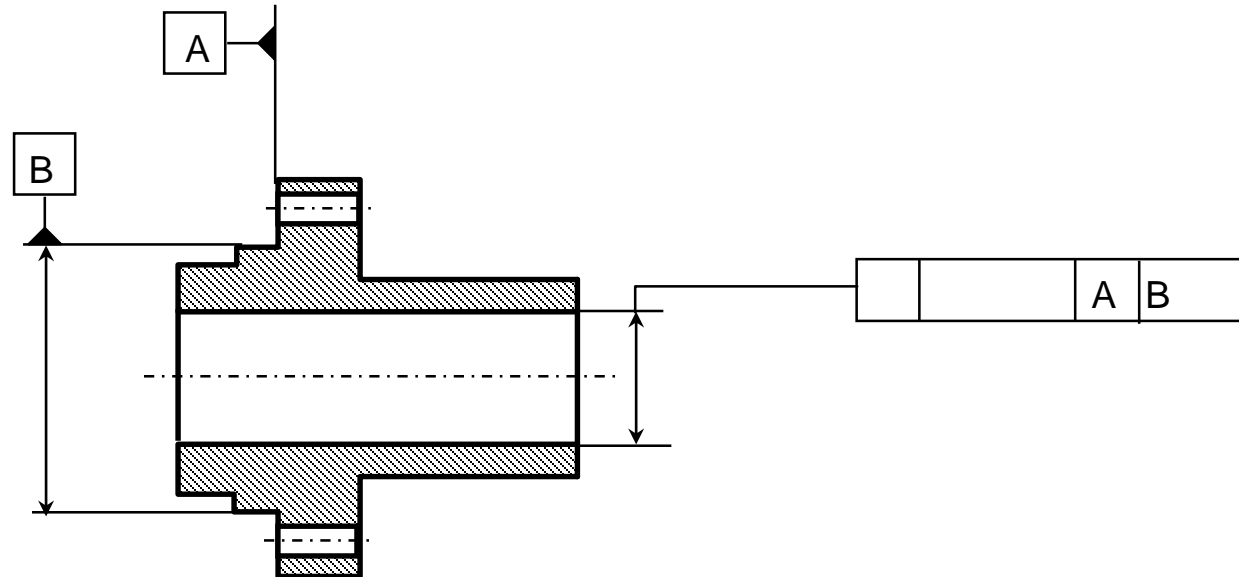
Règle : Prendre en référence l'interface qui bloque le plus de degré de liberté.



Couvercle					Liaisons - Surfaces			
No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF
1	se positionne sur	le corps	radial et axial	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du corps sur le couvercle	Plan a	Cylindre b		
2	guide	l'axe	radial		Cylindre c			
3	positionne	la pièce	axial		Plan d			
4	positionne	les vis	axial		Plan e			
5	laisse passer	les vis	radial	La FTE permet de caractériser le contact non souhaité entre le corps des vis et le trou de passage	Cylindres f			







Spécification fonctionnelle (approche 1)

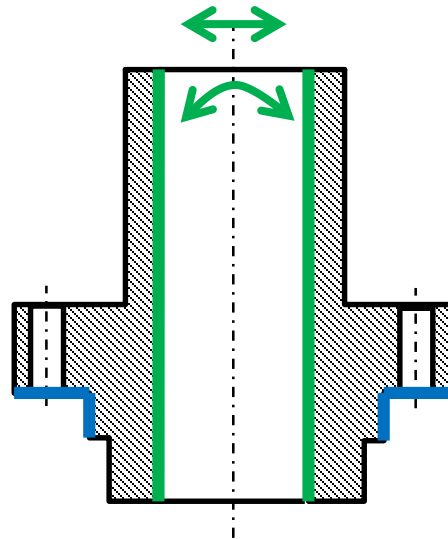
1. Spécifier qui par rapport à qui ?



Spécification fonctionnelle (approche 1)

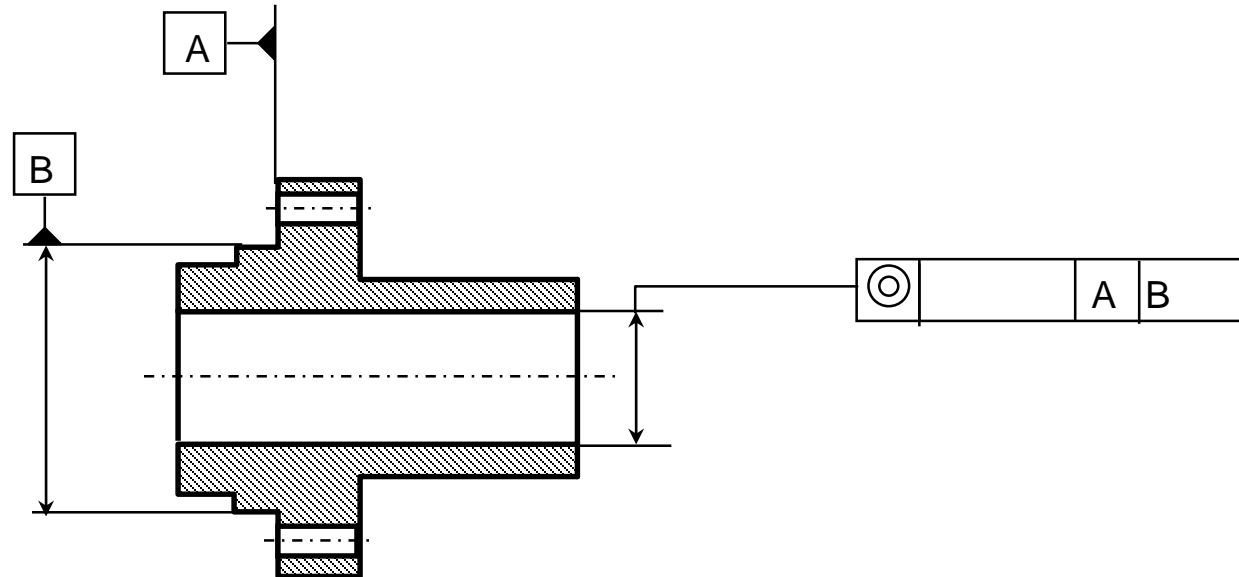
2. Spécifier quels écarts?

Orientation	Inclinaison		Parallélisme	
			Perpendicularité	
Position	Localisation		Concentricité	
			Coaxialité	
			symétrie	



Spécification fonctionnelle (approche 1)

2. Spécifier quels écarts?



Spécification fonctionnelle (approche 1)

3. Spécifier quels écarts et comment ? (zone de tolérance)

Règle : Si l'élément tolérancé est de type plan ou groupe de plans, la zone de tolérance sera de type plan donc avec une tolérance t

Règle : Si l'élément tolérancé est de type cylindre ou groupe de cylindres, la zone de tolérance peut être de type plan ou cylindre

Si les écarts à bloquer ne sont que dans un plan, la zone de tolérance sera de type plan donc avec une tolérance t

Si les écarts à bloquer ne sont pas dans un plan, la zone de tolérance sera de type cylindre donc avec une tolérance Φt

Règle : Si l'**interface** présente des jeux, un maximum de matière ou un minimum est pertinent afin de spécifier le pire des cas inhérent aux jeux

	M	L
CFG respectée dans au moins une configuration des jeux	☺	
CFG respectée dans toutes les configurations des jeux		☺

Spécification fonctionnelle (approche 1)

3. Spécifier quels écarts et comment ? (zone de tolérance)

	M	L
CFG respectée dans au moins une configuration des jeux	☺	
CFG respectée dans toutes les configurations des jeux		☺

Dans la démarche de spécification fondée sur les quantificateurs :

- ✓ \exists (existantiel) répond à la question : Existe-t-il au moins une configuration admissible qui satisfait l'exigence ?
- ✓ \forall (universel) répond à la question : Toutes les configurations admissibles satisfont-elles l'exigence ?

Spécification fonctionnelle (approche 1)

3. Spécifier quels écarts et comment ? (zone de tolérance)

	M	L
CFG respectée dans au moins une configuration des jeux	☺	
CFG respectée dans toutes les configurations des jeux		☺

La **condition de maximum de matière** correspond à la situation où les jeux sont minimaux, voire nuls.

$\exists g \in G$ tel que les contraintes et exigences soient satisfaites

La **condition de maximum de matière** est donc naturellement associée au **quantificateur** \exists : Si l'exigence est respectée au maximum de matière, alors il existe au moins une configuration valide dans les jeux sont les plus minimaux. Cette configuration valide existera toujours quand les jeux seront plus important.

La **condition de maximum de matière** est le pire de cas pour le **quantificateur** \exists .

Spécification fonctionnelle (approche 1)

3. Spécifier quels écarts et comment ? (zone de tolérance)

	M	L
CFG respectée dans au moins une configuration des jeux	☺	
CFG respectée dans toutes les configurations des jeux		☺

La **condition de minimum de matière** correspond à la situation où les jeux sont maximaux.

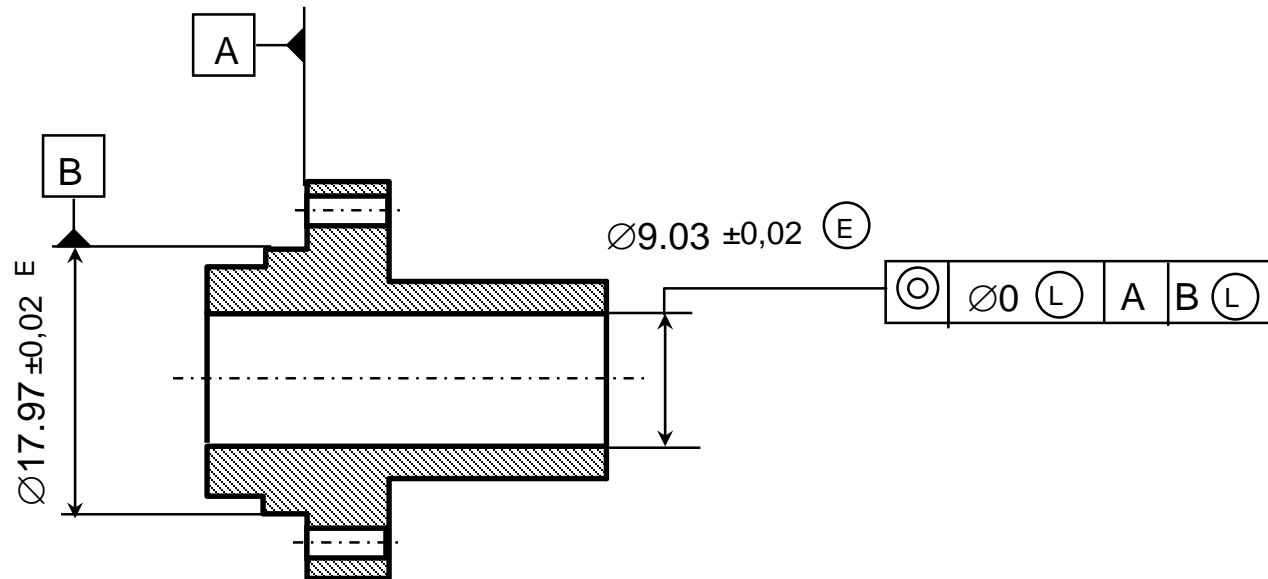
$\forall g \in G$, les contraintes et exigences doivent être satisfaites

La **condition de minimum de matière** est donc naturellement associée au **quantificateur \forall** : Si l'exigence est respectée au minimum de matière, alors elle est respectée dans toutes les configurations valides des jeux lorsqu'ils sont maximaux. L'exigence sera toujours respectée quand les jeux seront moins important.

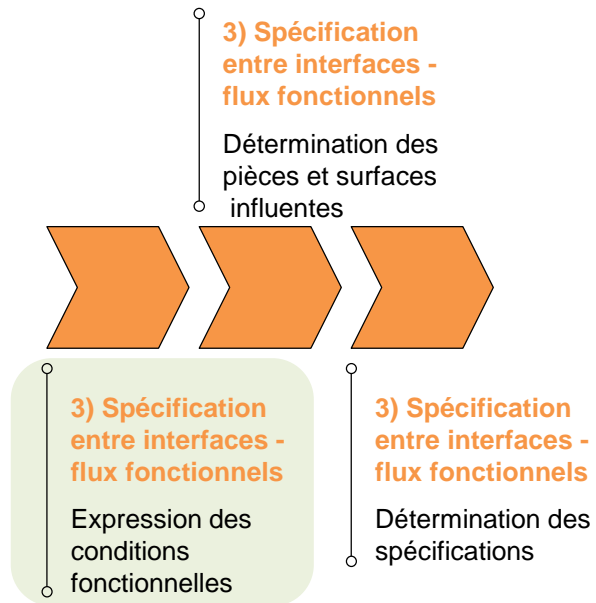
La **condition de minimum de matière** est le pire de cas pour le **quantificateur \forall** .

Spécification fonctionnelle (approche 1)

3. Spécifier quels écarts et comment ? (zone de tolérance)

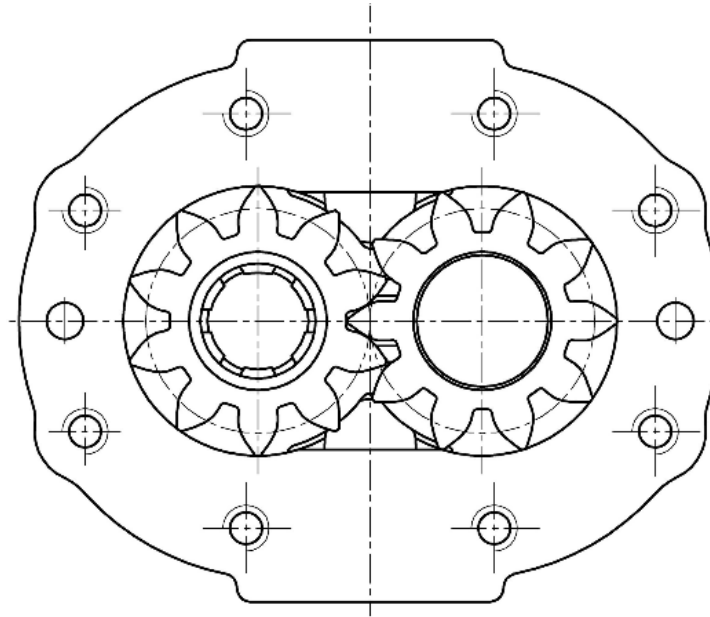


Spécification fonctionnelle (approche 2)



Variante de la première étape

Spécification fonctionnelle (approche 2)



No.	Corps				Liaisons -	
	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Surf.1	Surf.2
1	laisse passer	engrenage	radial		Cylindre	
2	limite le passage	engrenage	d'un fluide	La fonction technique permet de caractériser l'étanchéité dynamique de la liaison	Cylindre	Plan

Criteres d'acceptation		
CAE - CFG	Combien	Comment
Fuite Jeu radial	J<...	Chaine de cotes

5. Démarches de spécification

Spécification fonctionnelle (approche 2)

Les colonnes «critères d'acceptation» permettent d'indiquer face aux sollicitations une grandeur physique à ne pas dépasser pour pouvoir valider la fonction technique élémentaire (valeur limite de contrainte, de fréquence propre, de déformation, de dépassement, etc...).

- La colonne quoi : (CAE – CFG) contient la ou les grandeurs physiques qui définissent les critères de validation.
- La colonne combien fixe la valeur ou le domaine, limite de ces grandeurs.
- La colonne comment précise les moyens ou la procédure de validation de la condition.

No.	Corps				Liaisons -	
	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Surf.1	Surf.2
1	laisse passer	engrenage	radial		Cylindre	
2	limite le passage	engrenage	d'un fluide	La fonction technique permet de caractériser l'étanchéité dynamique de la liaison	Cylindre	Plan

Criteres d'acceptation		
CAE - CFG	Combien	Comment
Fuite Jeu radial	J<...	Chaine de cotes

Spécification fonctionnelle (approche 2)

La colonne « comment » précise le moyen : « la chaîne de cotes » qui permet de transférer la CFG sur l'ensemble des composants afin d'en assurer leur interchangeabilité.

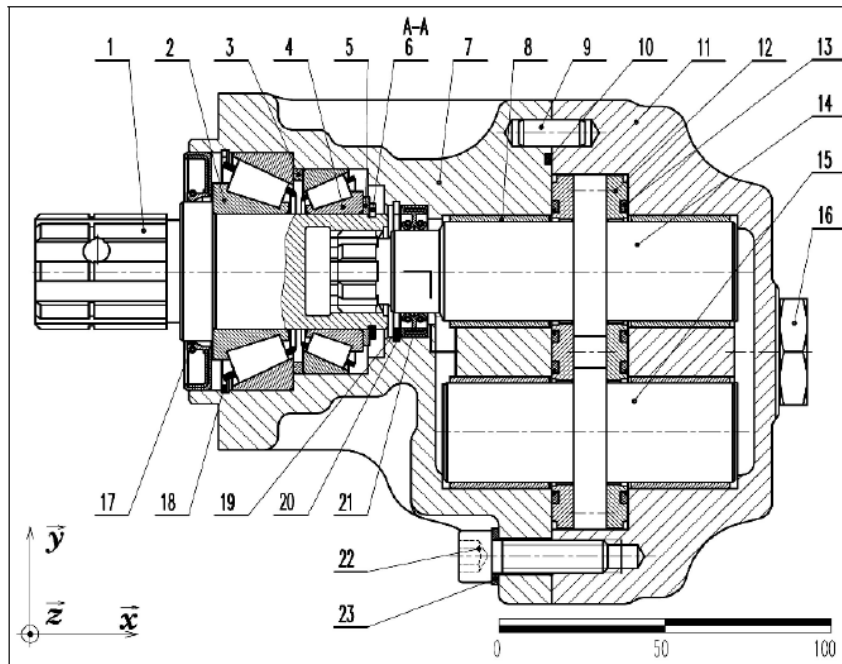
Lorsque la grandeur physique est un déplacement, la FTE de flux dépend en partie de la qualité de la mise en position issue des FTE de contact souhaité

No.	Corps				Liaisons -	
	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Surf.1	Surf.2
1	laisse passer	engrenage	radial		Cylindre	
2	limite le passage	engrenage	d'un fluide	La fonction technique permet de caractériser l'étanchéité dynamique de la liaison	Cylindre	Plan

Criteres d'acceptation		
CAE - CFG	Combien	Comment
Fuite Jeu radial	J<...	Chaine de cotes

Spécification fonctionnelle (approche 2)

La FTE de flux dépend en partie de la qualité de la mise en position issue des FTE de contact souhaité :
Comment les identifier ?

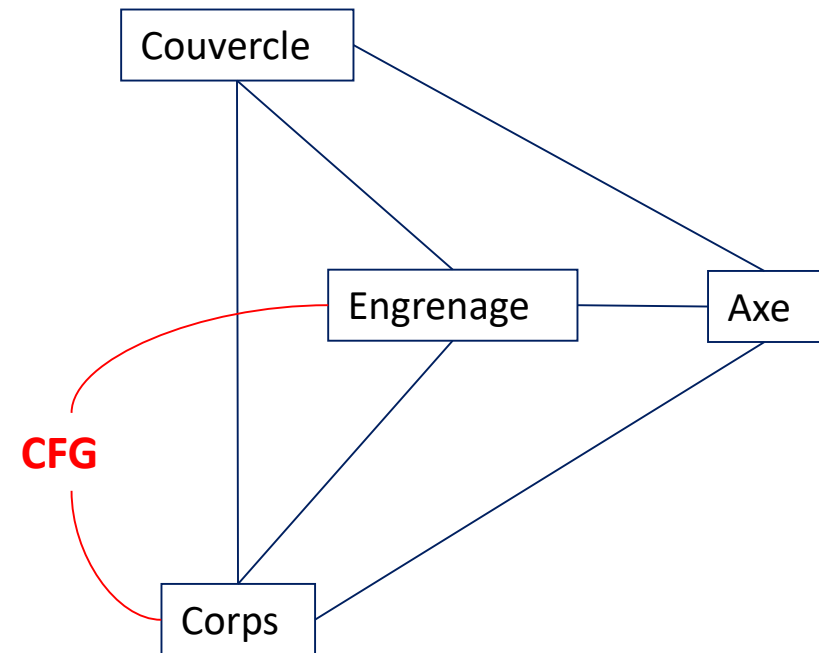
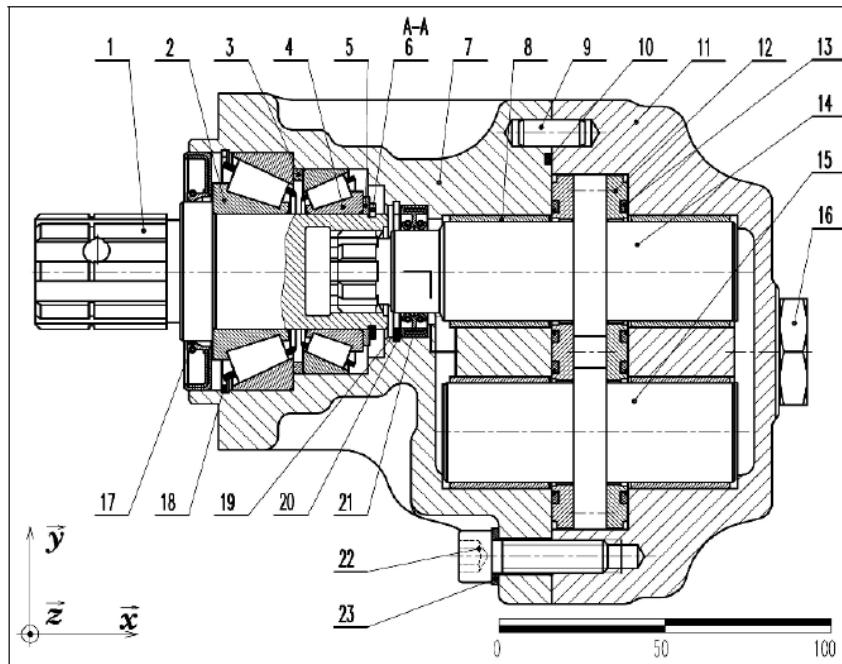


Critères d'acceptation		
CAE - CFG	Combien	Comment
Fuite Jeu radial	J<...	Chaine de cotes

Analyse des boucles de contact

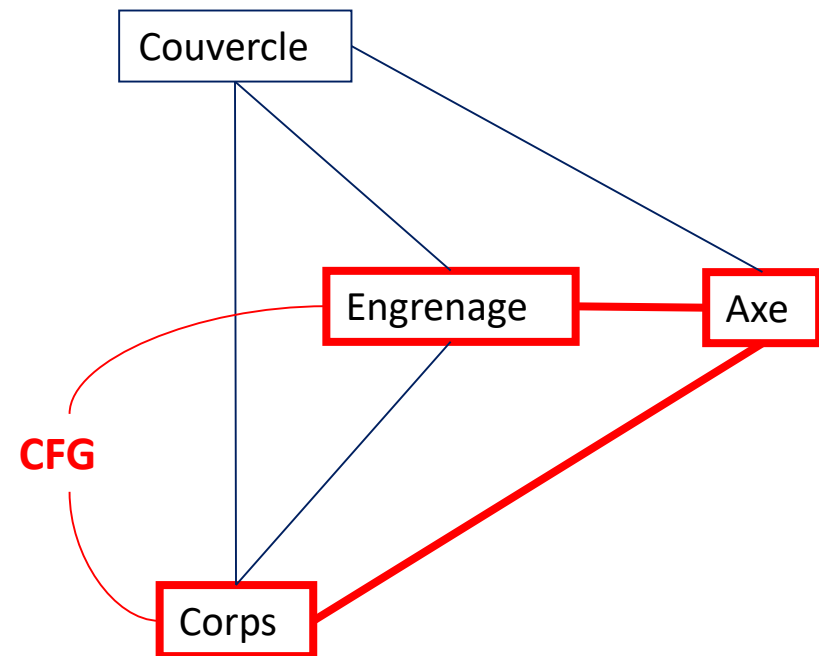
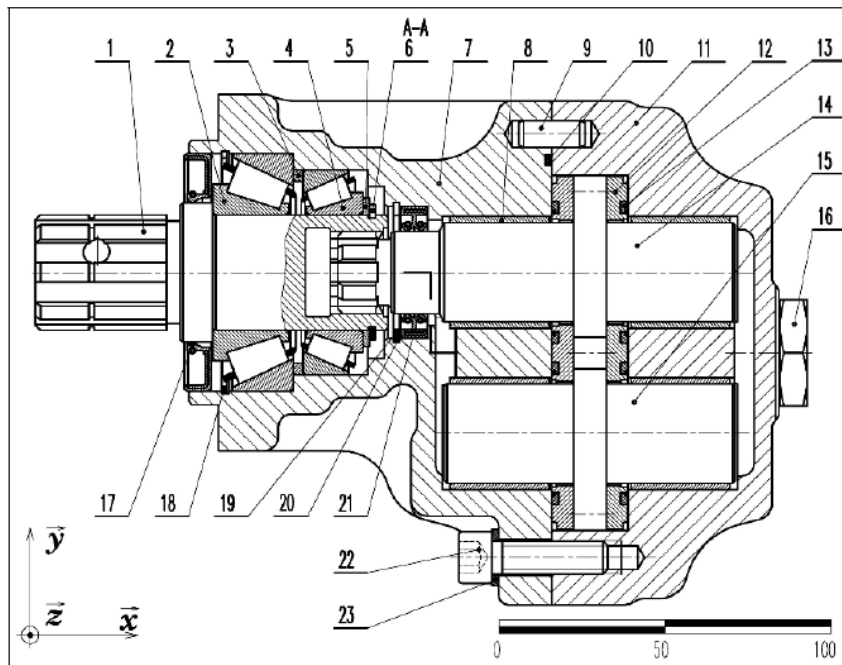
Spécification fonctionnelle (approche 2)

Analyse des boucles de contact



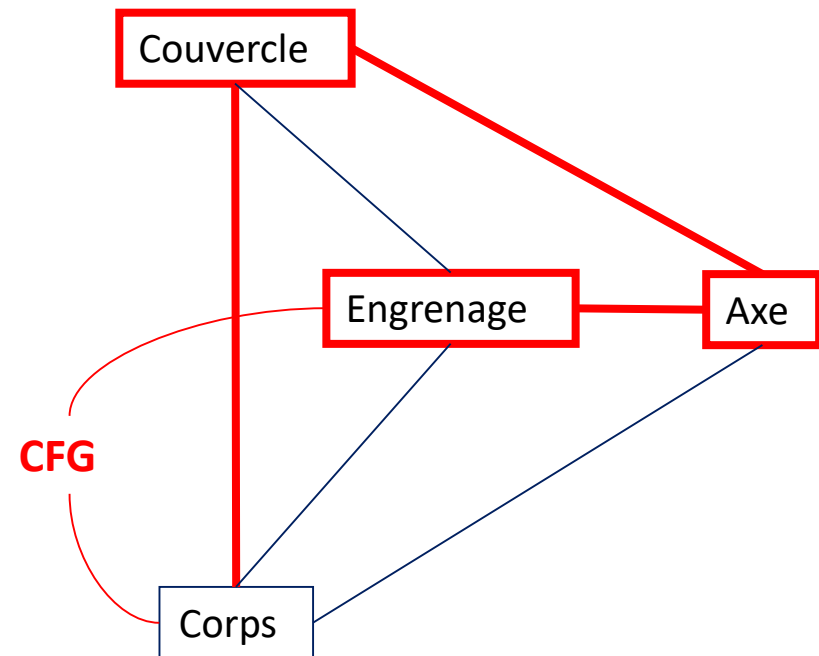
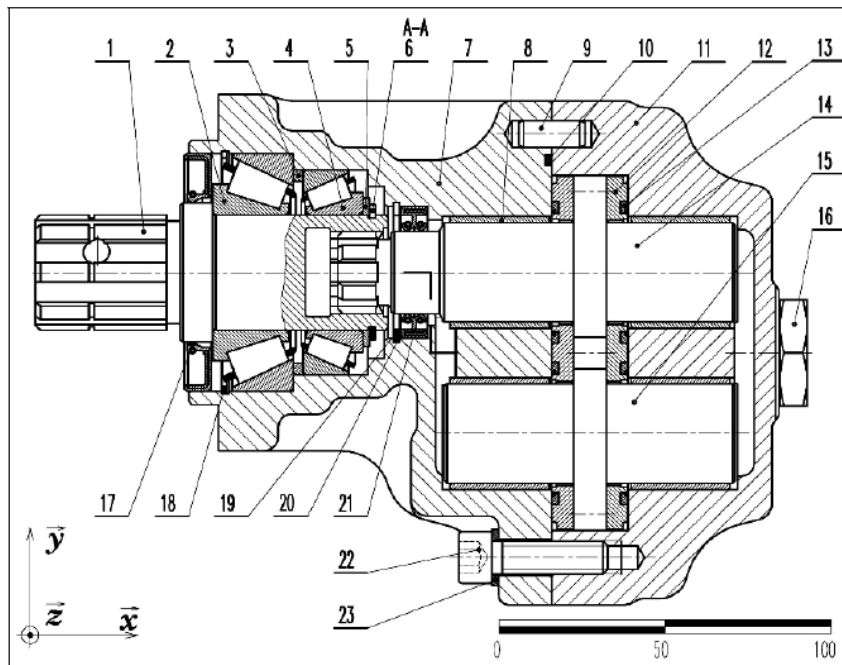
Spécification fonctionnelle (approche 2)

Analyse des boucles de contact



Spécification fonctionnelle (approche 2)

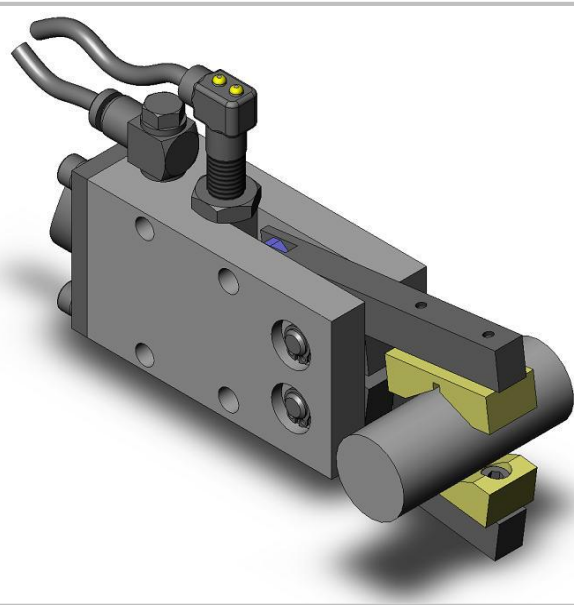
Analyse des boucles de contact



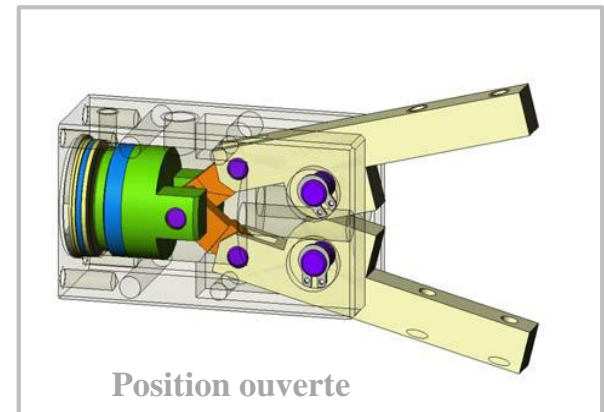
Cette application pédagogique est structurée autour d'un support commun (même système étudié), décliné en 8 sujets. Chaque sujet est confié à un groupe de 2 à 3 étudiants. Bien que le support soit identique pour tous, chaque sujet porte sur un périmètre propre : des pièces différentes du système et des exigences fonctionnelles géométriques spécifiques à traiter.

L'activité se déroule en deux temps :

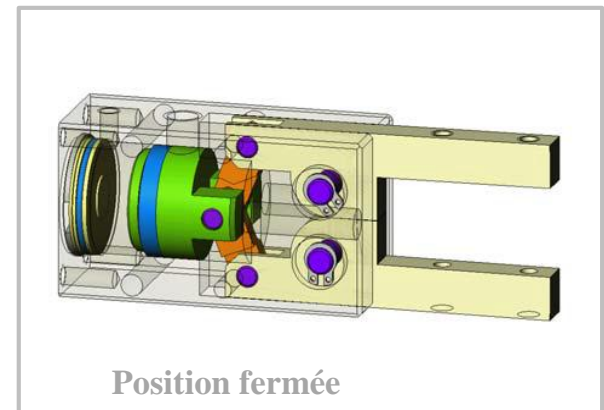
- ✓ Temps 1 — Travail par sujet (analyse et proposition de tolérancement). Chaque groupe réalise l'analyse fonctionnelle technique associée à son sujet (interfaces, fonctions techniques pertinentes, conditions d'aptitude à l'emploi), puis propose les spécifications géométriques et références adaptées aux exigences fonctionnelles identifiées. Les choix de tolérancement doivent être justifiés (logique fonctionnelle, assemblage), et formalisés dans un livrable clair (schémas, tableau d'exigences, repérage des surfaces/éléments, proposition de tolérances).
- ✓ Temps 2 — Agrégation et cohérence globale (synthèse inter-groupes). Dans un second temps, l'ensemble des groupes met en commun ses résultats afin de finaliser le tolérancement des composants du système. Cette phase d'intégration vise à assurer la cohérence entre les travaux de chaque groupe : compatibilité des références et des systèmes de référence, absence de contradictions entre spécifications, alignement des hypothèses d'assemblage, et complétude des exigences au niveau système. L'objectif final est d'aboutir à un schéma de tolérancement global homogène, cohérent et exploitable, construit à partir des contributions de chaque groupe.



La pince Schrader est une pince, son fonctionnement s'apparente à un vérin pneumatique simple effet : L'envoi d'air comprimé provoque le déplacement du piston. Le piston pousse les biellettes qui font pivoter les doigts. La pince se ferme. La réouverture du mécanisme est obtenue, en l'absence d'air comprimé, par deux ressorts de rappel non représentés.



Position ouverte



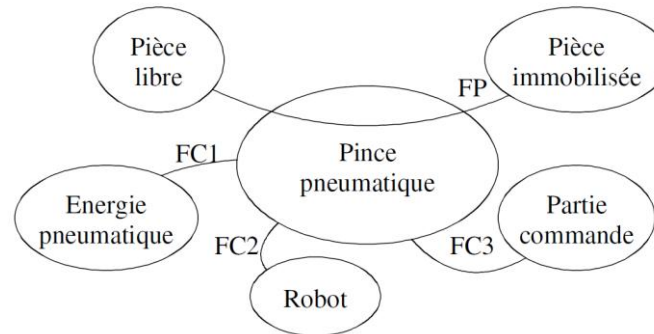
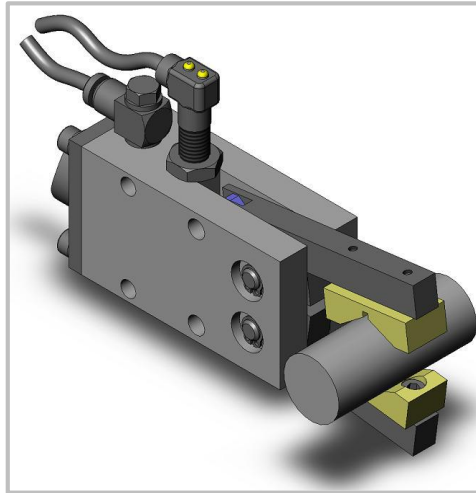
Position fermée

Doigt

Biellette

Corps

Piston



Fonction principale :

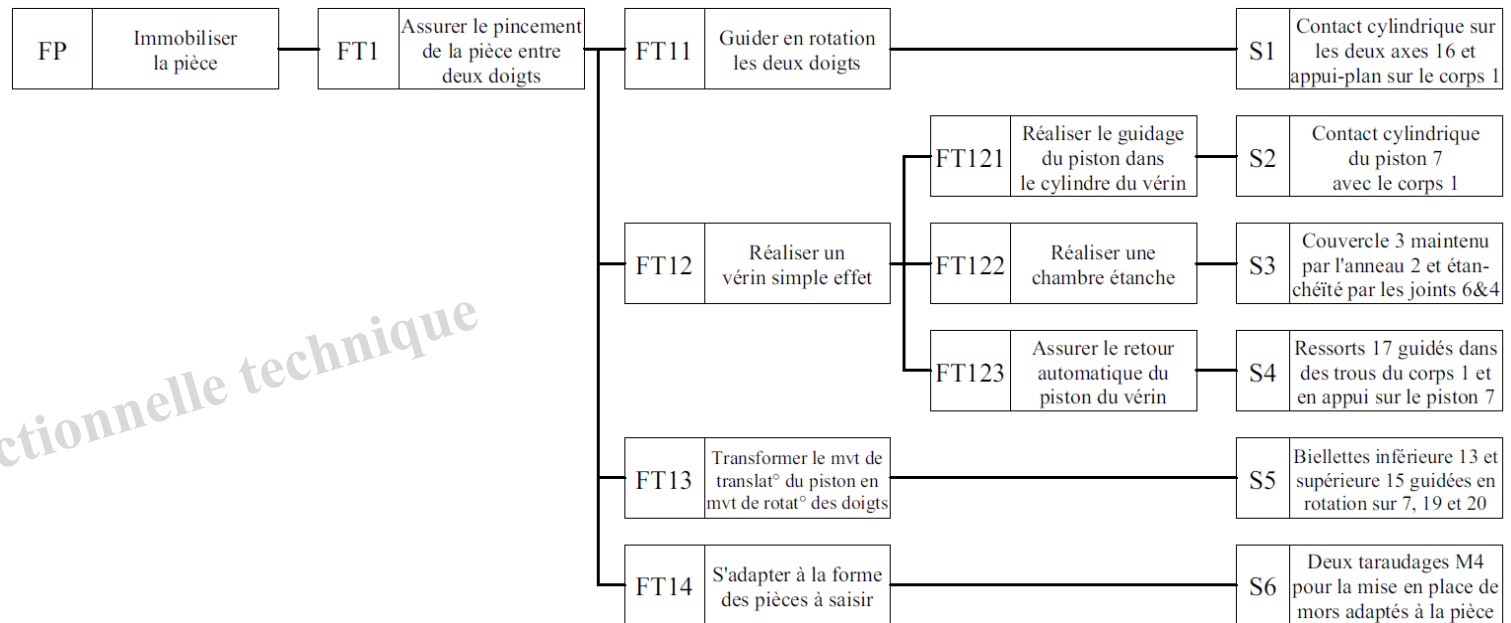
✓ FP : Immobiliser la pièce

Fonctions contraintes :

✓ FC1 : Recevoir l'énergie pneumatique

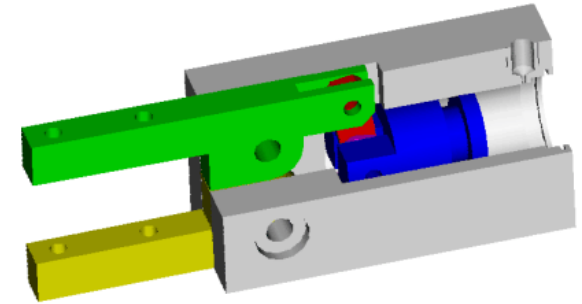
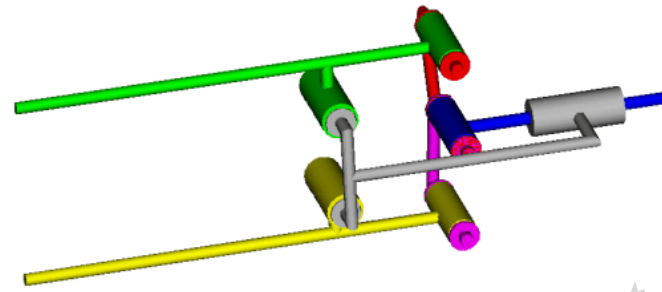
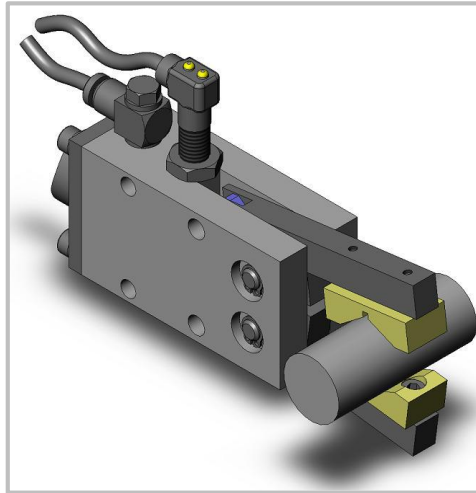
✓ FC2 : Etre déplacée par le robot

✓ FC3 : Informer la partie commande de la position de la pince.

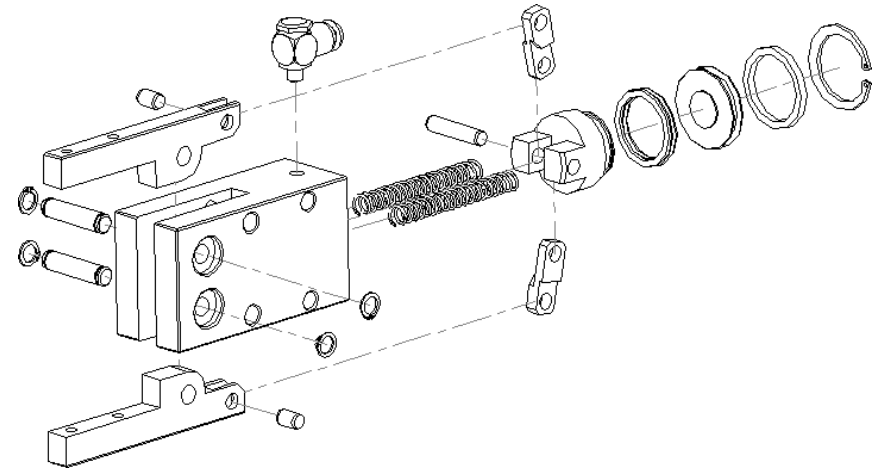
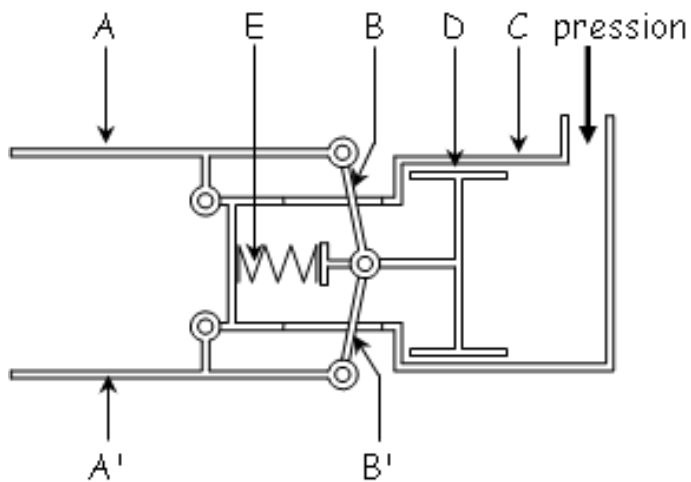


Analyse fonctionnelle technique

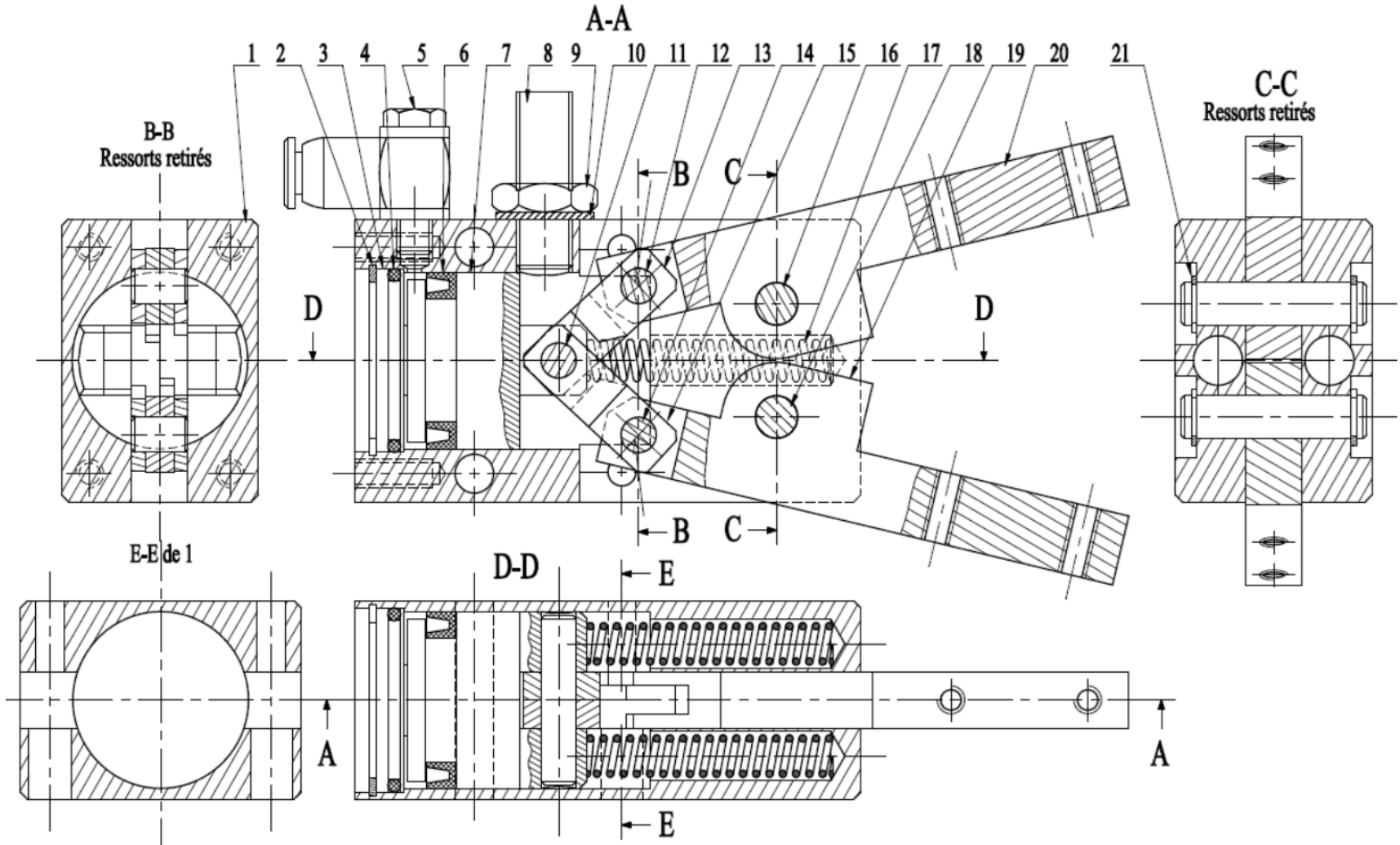
6. Application



Principe de fonctionnement

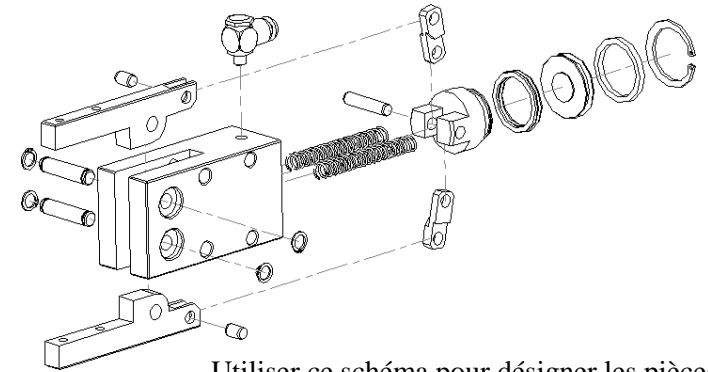


6. Application



Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

1. Définir le bloc diagramme de la pince en y détaillant les flux de contact et le flux fonctionnel de la transformation de l'énergie pneumatique en énergie mécanique de serrage.



Utiliser ce schéma pour désigner les pièces

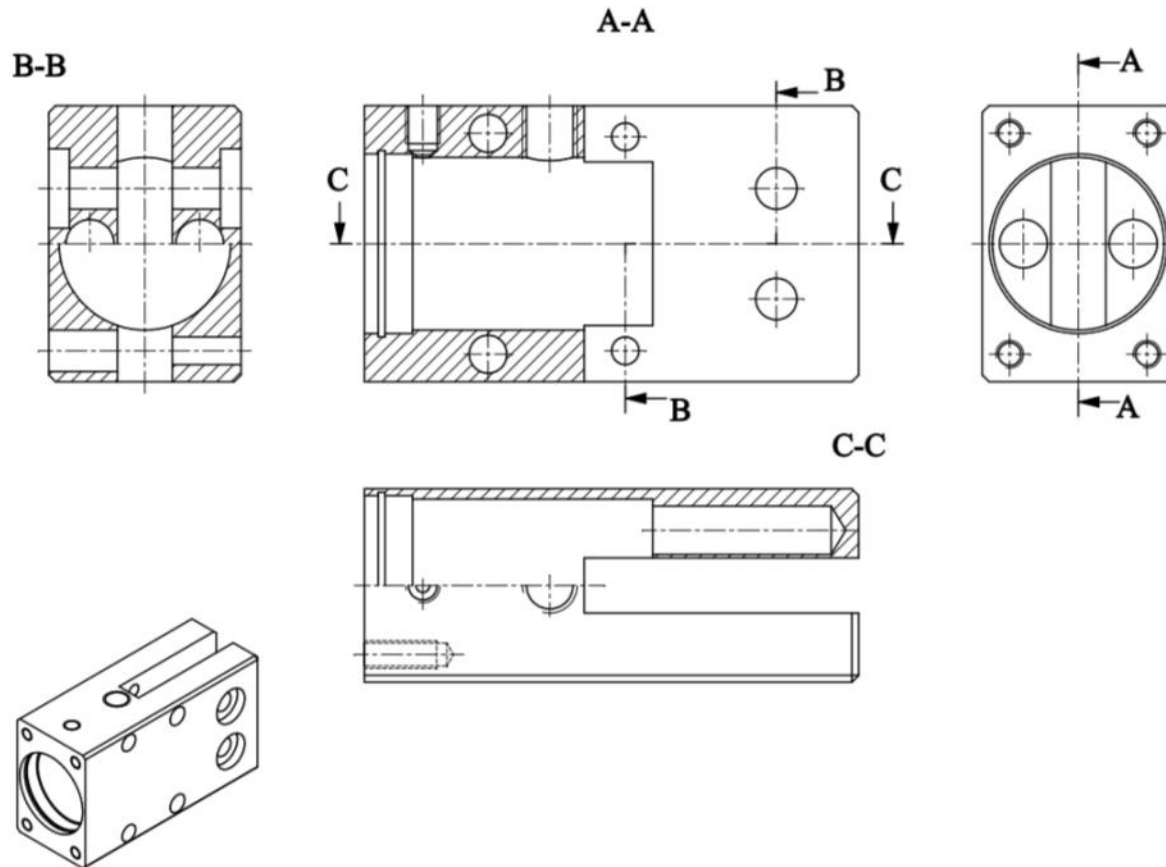
Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

2. Définir les FTE de flux de contact du corps avec les biellettes, les doigts et leurs axes.

No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	Quoi
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

3. Déterminer les spécifications géométriques du corps (dessin fourni) relatives aux FTE explicitées ci-avant. Mettre une annotation associée à chaque spécification relative au numéro de la FTE.



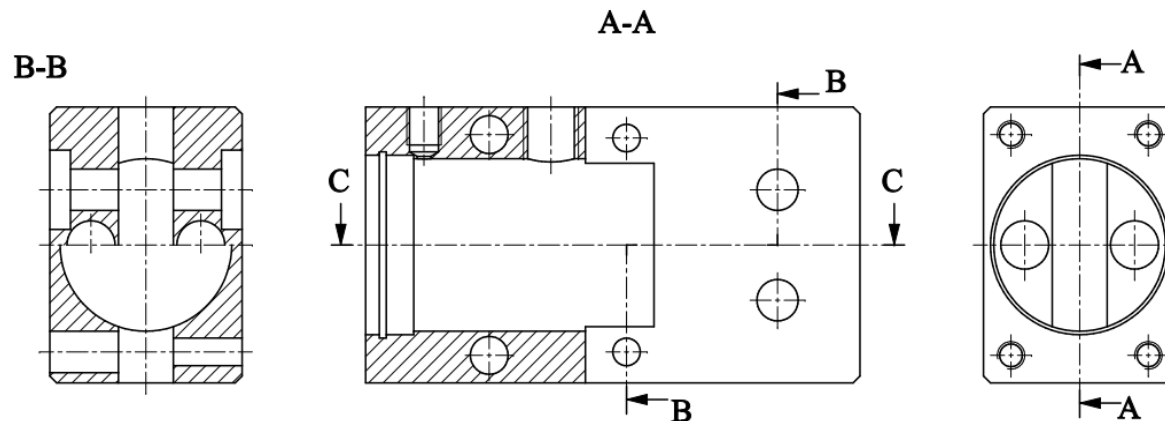
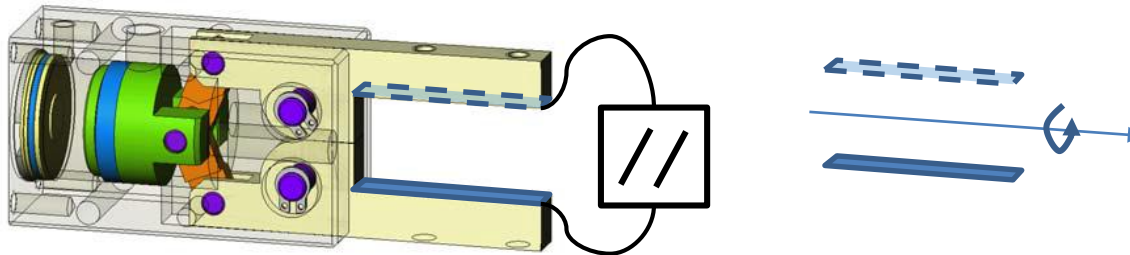
Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

4. Définir les FTE de flux fonctionnel du corps avec les biellettes, les doigts et leurs axes.

No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications Quoi
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

5. Déterminer les spécifications géométriques du corps (dessin fourni) relative à la condition fonctionnelle géométrique inhérente à la qualité du serrage. Cette condition fonctionnelle géométrique limite les défauts d'orientation entre les plans des doigts selon l'axe défini dans le dessin ci-dessous.

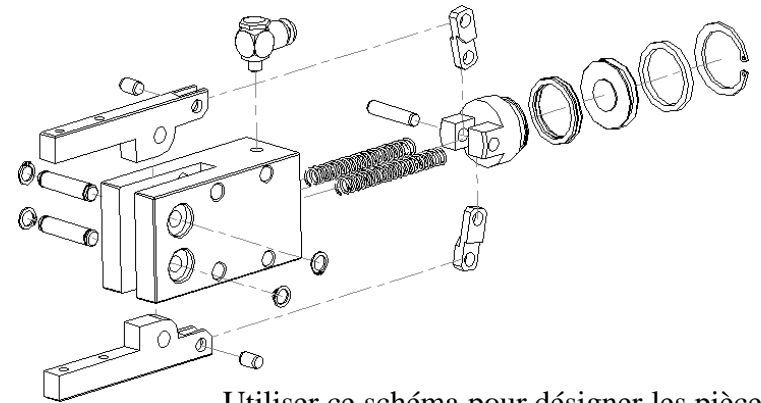


Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

6. Justifier et expliquer la spécification fonctionnelle de la question précédente.

Spécification du doigt et du piston

1. Définir le bloc diagramme de la pince en y détaillant les flux de contact et le flux fonctionnel de la transformation de l'énergie pneumatique en énergie mécanique de serrage.



Utiliser ce schéma pour désigner les pièces

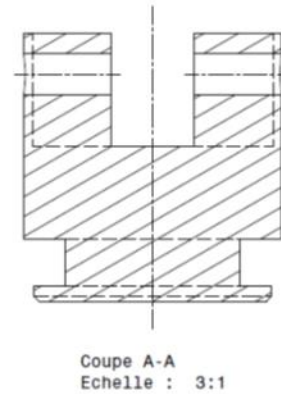
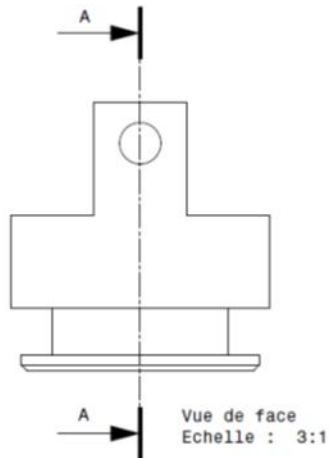
Spécification du doigt et du piston

2. Définir les FTE de flux de contact du piston

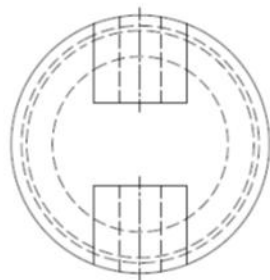
No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications Quoi
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

Spécification du doigt et du piston

3. Déterminer les spécifications géométriques du piston (dessin fourni) relatives aux FTE explicitées ci-avant. Mettre une annotation associée à chaque spécification relative au numéro de la FTE.



Vue isométrique
Echelle : 3:2



Vue de dessus
Echelle : 3:1



Vue isométrique
Echelle : 3:2

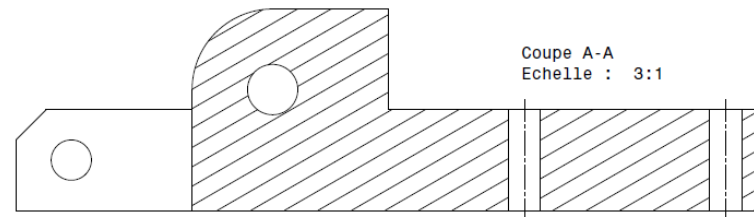
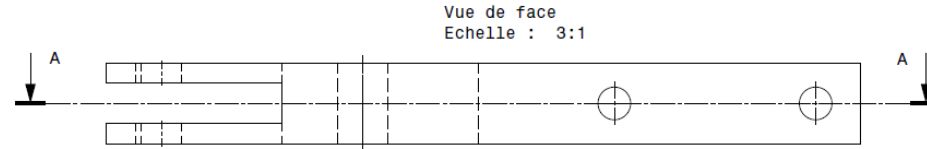
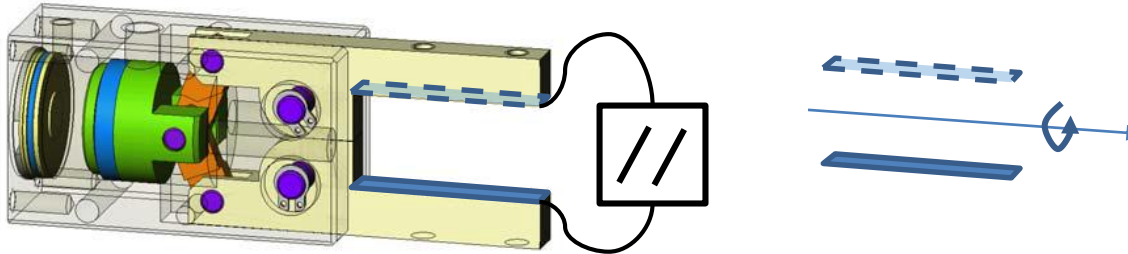
Spécification du doigt et du piston

4. Définir les FTE de flux fonctionnel du piston

No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	Quoi
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Spécification du doigt et du piston

5. Déterminer les spécifications géométriques du doigt (dessin fourni) relative à la condition fonctionnelle géométrique inhérente à la qualité du serrage. Cette condition fonctionnelle géométrique limite les défauts d'orientation entre les plans des doigts selon l'axe défini dans le dessin ci-dessous.

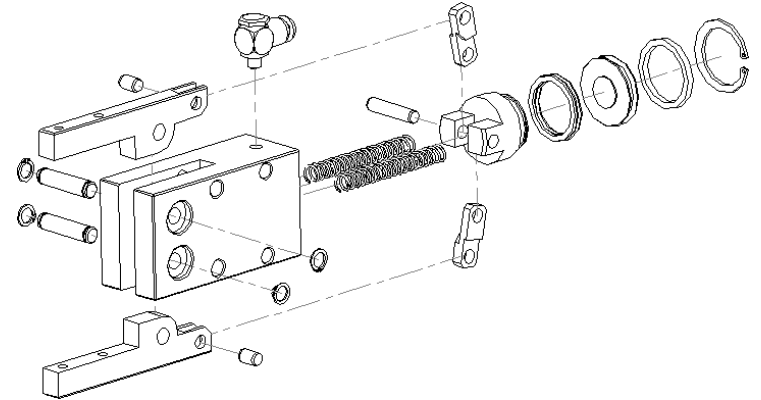


Spécification du doigt et du piston

6. Justifier et expliquer la spécification fonctionnelle de la question précédente.

Spécification du doigt, de la biellette et du piston

1. Définir le bloc diagramme de la pince en y détaillant les flux de contact et le flux fonctionnel de la transformation de l'énergie pneumatique en énergie mécanique de serrage.



Utiliser ce schéma pour désigner les pièces

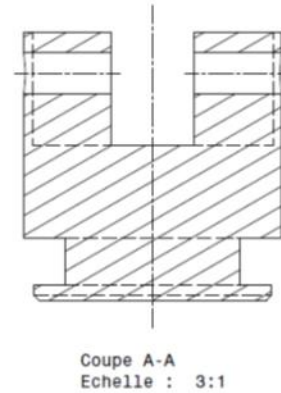
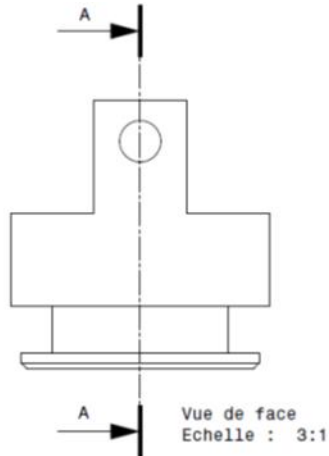
Spécification du doigt, de la bielle et du piston

2. Définir les FTE de flux de contact du piston

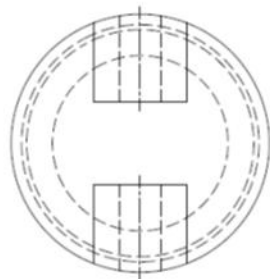
No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications Quoi
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

Spécification du doigt, de la bielle et du piston

3. Déterminer les spécifications géométriques du piston (dessin fourni) relatives aux FTE explicitées ci-avant. Mettre une annotation associée à chaque spécification relative au numéro de la FTE.



Vue isométrique
Echelle : 3:2



Vue de dessus
Echelle : 3:1



Vue isométrique
Echelle : 3:2

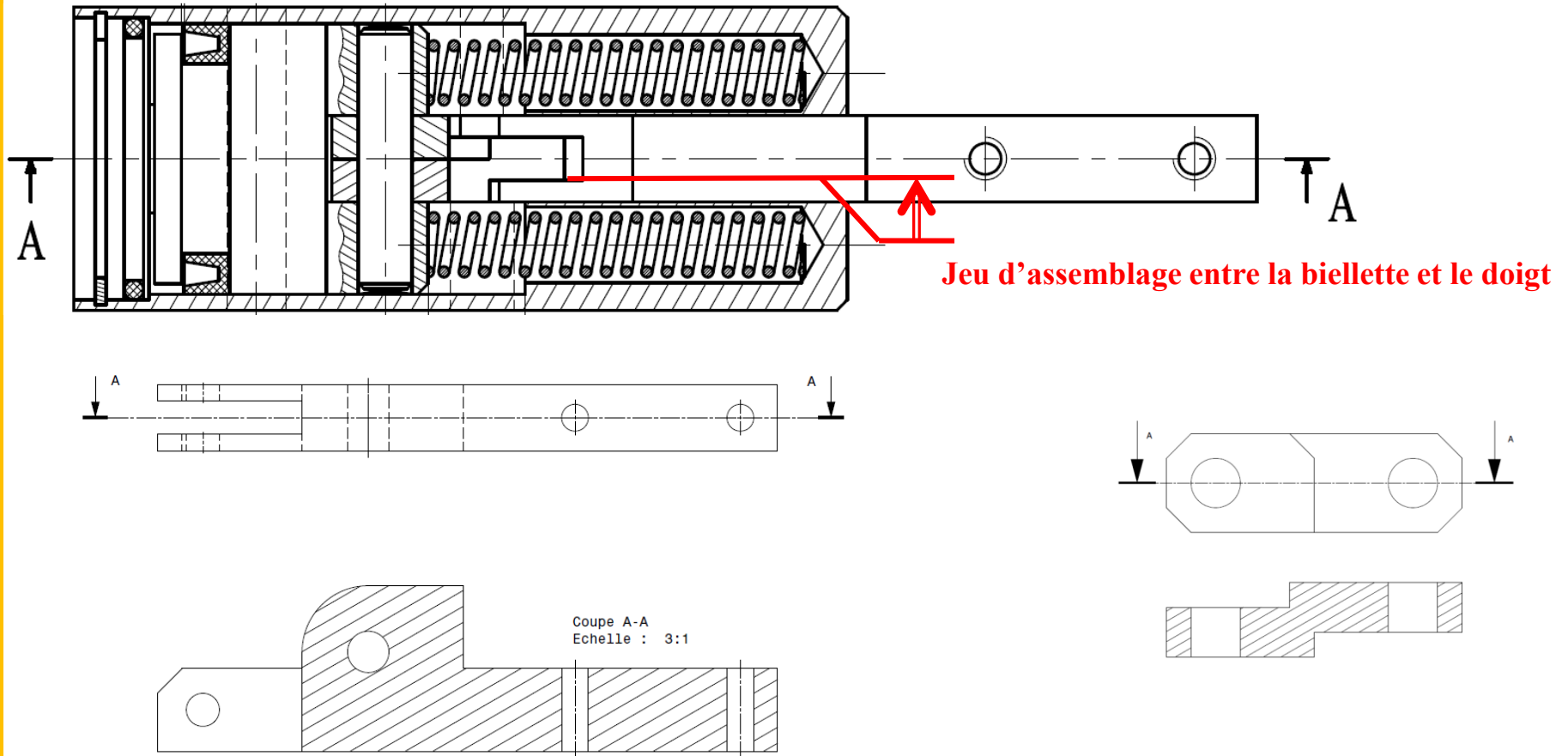
Spécification du doigt, de la bielle et du piston

4. Définir les FTE de flux fonctionnel du piston

No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	Quoi
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Spécification du doigt, de la bielle et du piston

5. Déterminer les spécifications géométriques du doigt et de la bielle (dessin fourni) relative à la condition fonctionnelle géométrique inhérente à l'assemblage de l'ensemble biellettes, doigts et axes (prendre en compte les effets des défauts d'orientation – cette CFG est impactée par plusieurs boucles de contact)

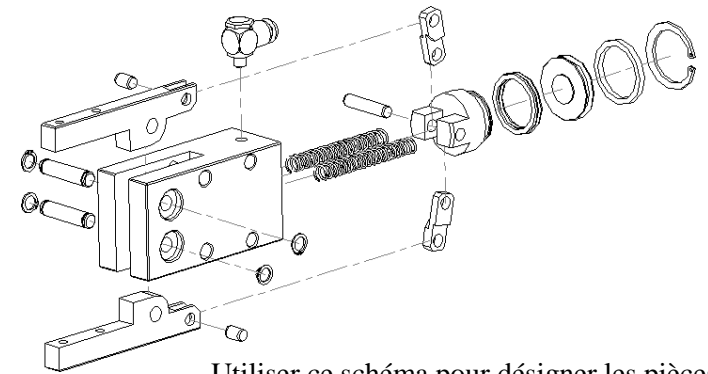


Spécification du doigt, de la bielle et du piston

6. Justifier et expliquer la spécification fonctionnelle de la question précédente.

Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

1. Définir le bloc diagramme de la pince en y détaillant les flux de contact et le flux fonctionnel de la transformation de l'énergie pneumatique en énergie mécanique de serrage.



Utiliser ce schéma pour désigner les pièces

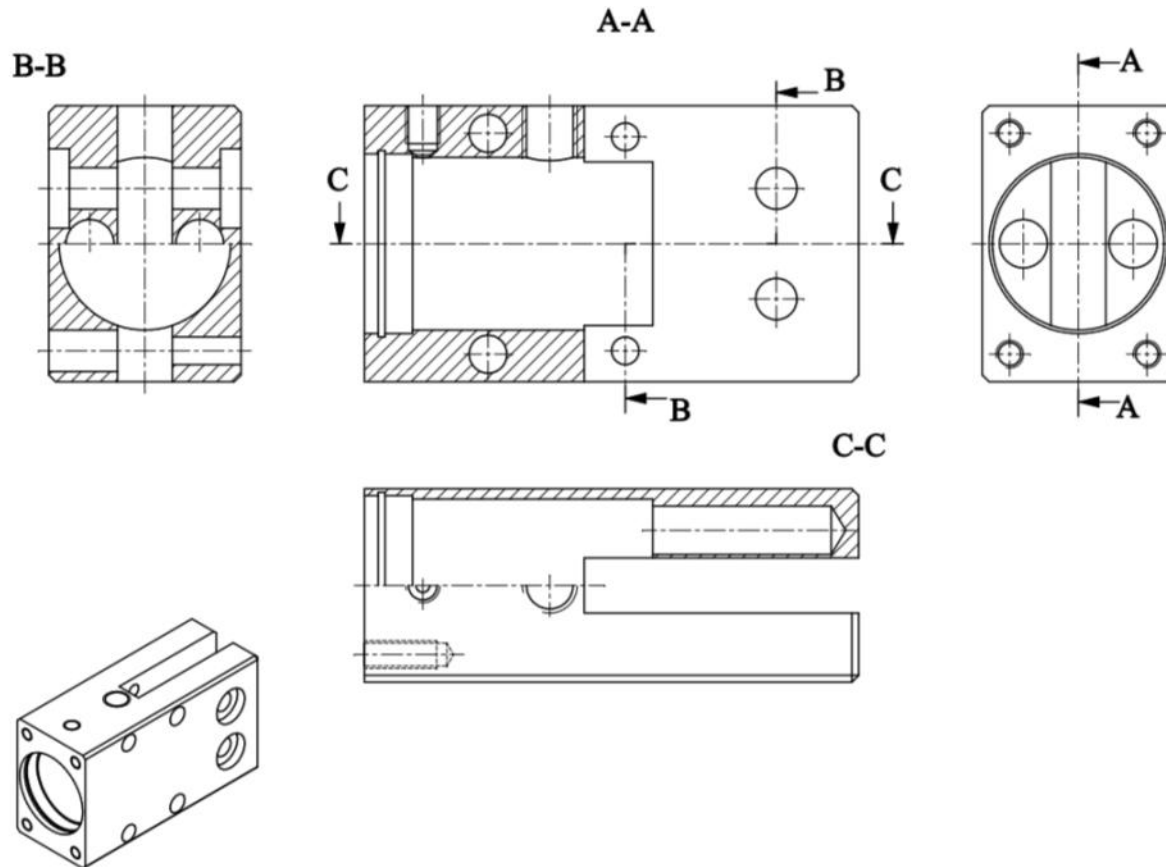
Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

2. Définir les FTE de flux de contact du corps avec les biellettes, les doigts et leurs axes.

No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	Quoi
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

3. Déterminer les spécifications géométriques du corps (dessin fourni) relatives aux FTE explicitées ci-avant. Mettre une annotation associée à chaque spécification relative au numéro de la FTE.



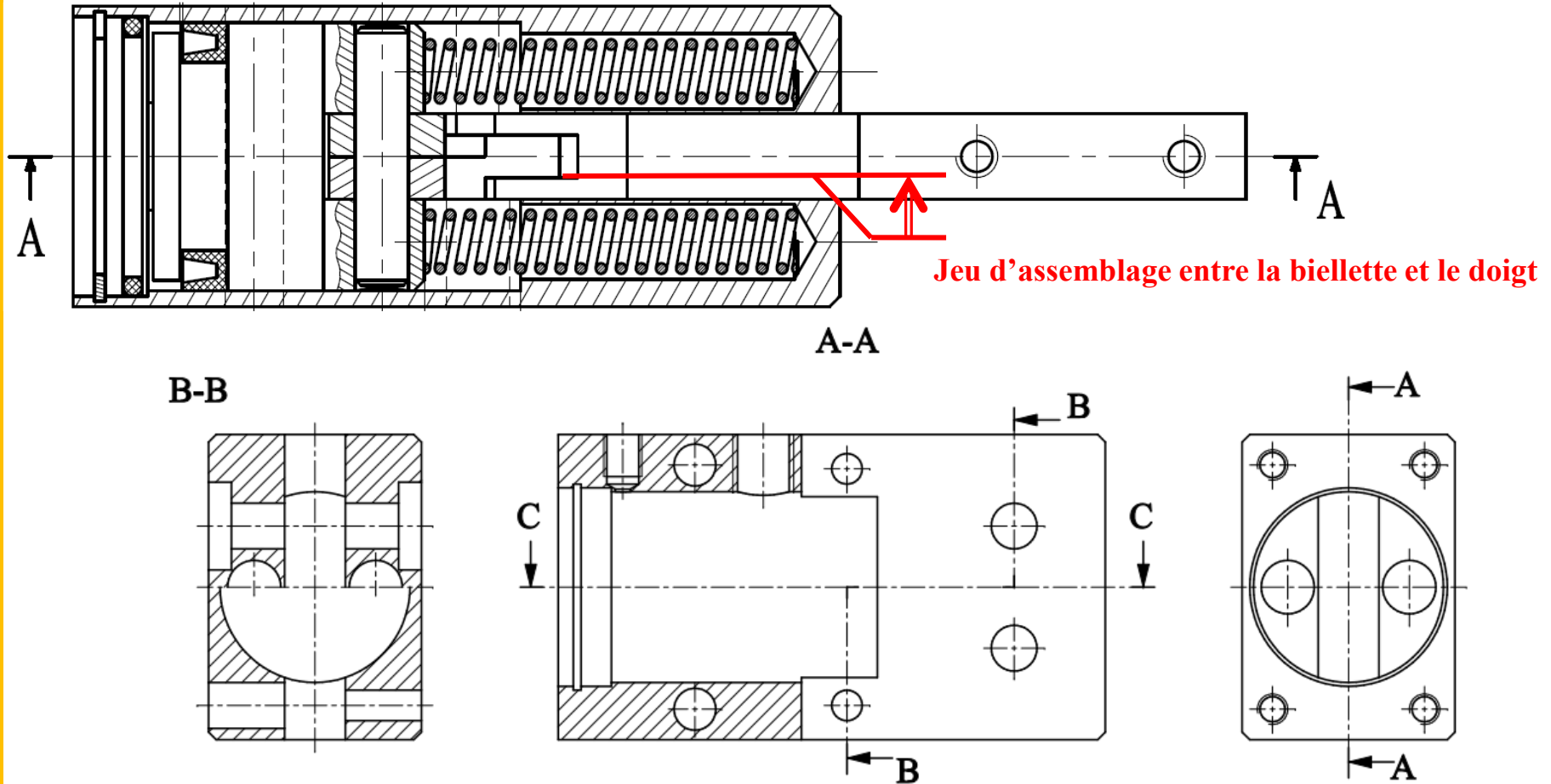
Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

4. Définir les FTE de flux fonctionnel du corps avec les biellettes, les doigts et leurs axes.

No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications Quoi
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

5. Déterminer les spécifications géométriques du corps (dessin fourni) relative à la condition fonctionnelle géométrique inhérente à la l'assemblage de l'ensemble biellettes, doigts et axes (prendre en compte les affects des défauts d'orientation – cette CFG est impactée par plusieurs boucles de contact)

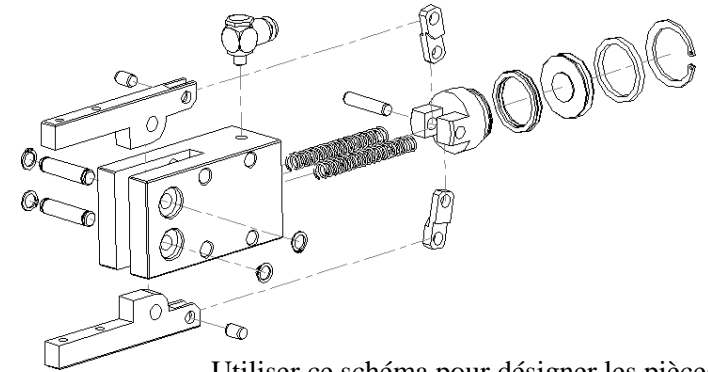


Spécification du doigt, de la bielle et du piston

6. Justifier et expliquer la spécification fonctionnelle de la question précédente.

Spécification du doigt

1. Définir le bloc diagramme de la pince en y détaillant les flux de contact et le flux fonctionnel de la transformation de l'énergie pneumatique en énergie mécanique de serrage.



Utiliser ce schéma pour désigner les pièces

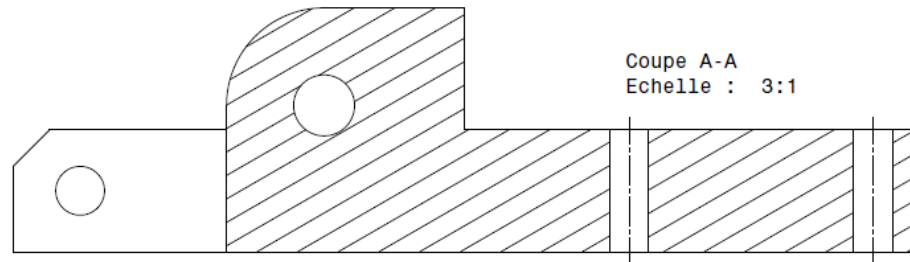
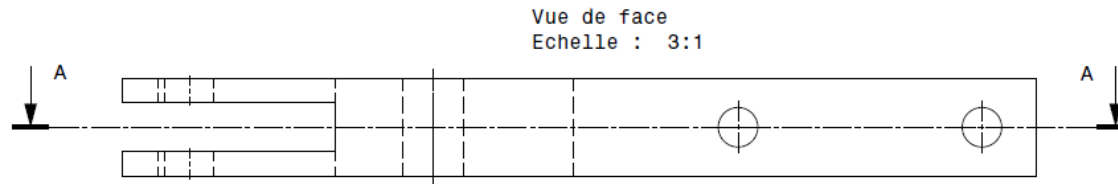
Spécification du doigt

2. Définir les FTE de flux de contact du doigt

No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications Quoi
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

Spécification du doigt

3. Déterminer les spécifications géométriques du doigt (dessin fourni) relatives aux FTE explicitées ci-avant. Mettre une annotation associée à chaque spécification relative au numéro de la FTE.



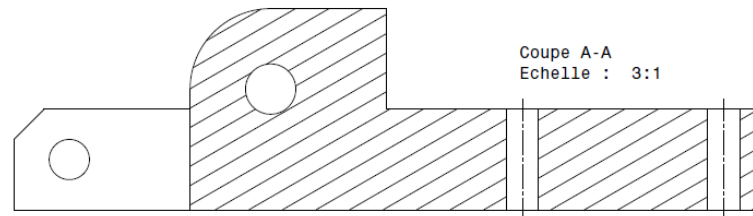
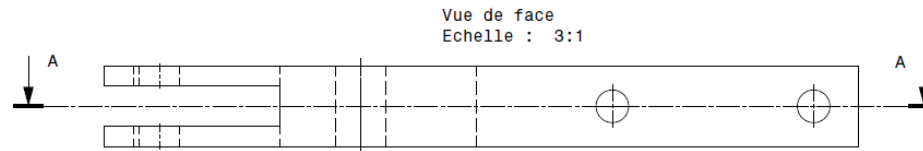
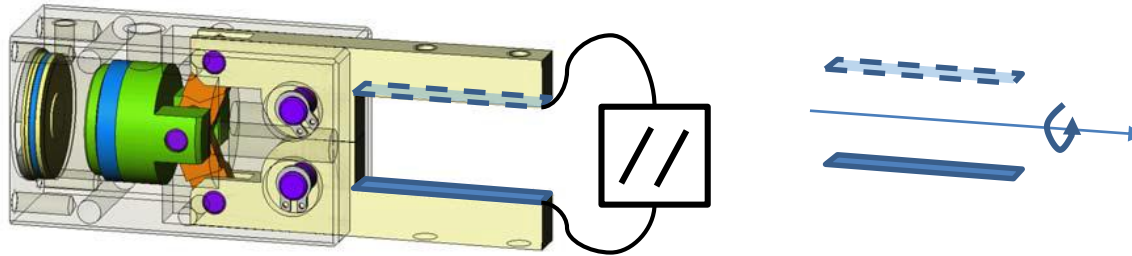
Spécification du doigt

4. Définir les FTE de flux fonctionnel du doigt

No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	Quoi
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Spécification du doigt

5. Déterminer les spécifications géométriques du doigt (dessin fourni) relative à la condition fonctionnelle géométrique inhérente à la qualité du serrage. Cette condition fonctionnelle géométrique limite les défauts d'orientation entre les plans des doigts selon l'axe défini dans le dessin ci-dessous.

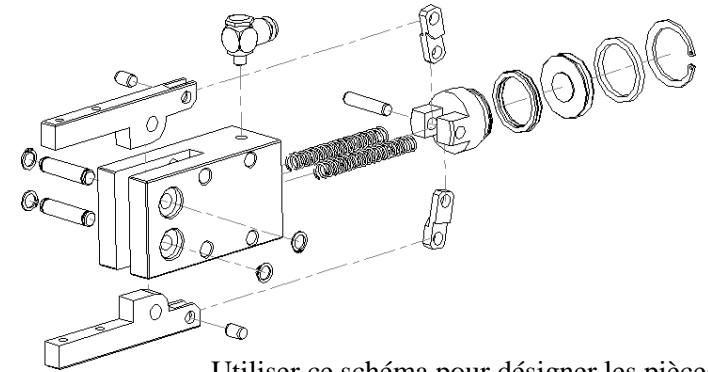


Spécification du doigt

6. Justifier et expliquer la spécification fonctionnelle de la question précédente.

Spécification du doigt

1. Définir le bloc diagramme de la pince en y détaillant les flux de contact et le flux fonctionnel de la transformation de l'énergie pneumatique en énergie mécanique de serrage.



Utiliser ce schéma pour désigner les pièces

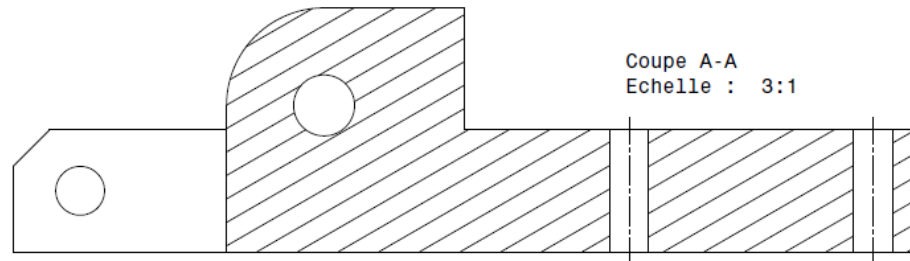
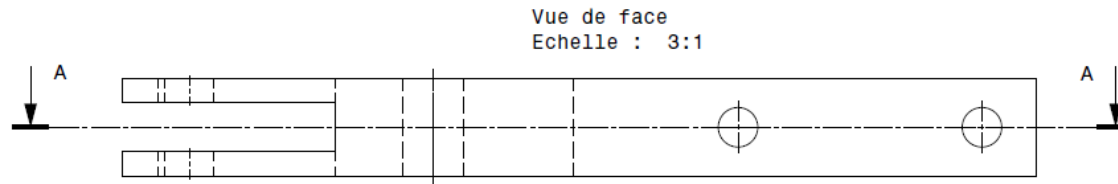
Spécification du doigt

2. Définir les FTE de flux de contact du doigt

No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications Quoi
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

Spécification du doigt

3. Déterminer les spécifications géométriques du doigt (dessin fourni) relatives aux FTE explicitées ci-avant. Mettre une annotation associée à chaque spécification relative au numéro de la FTE.



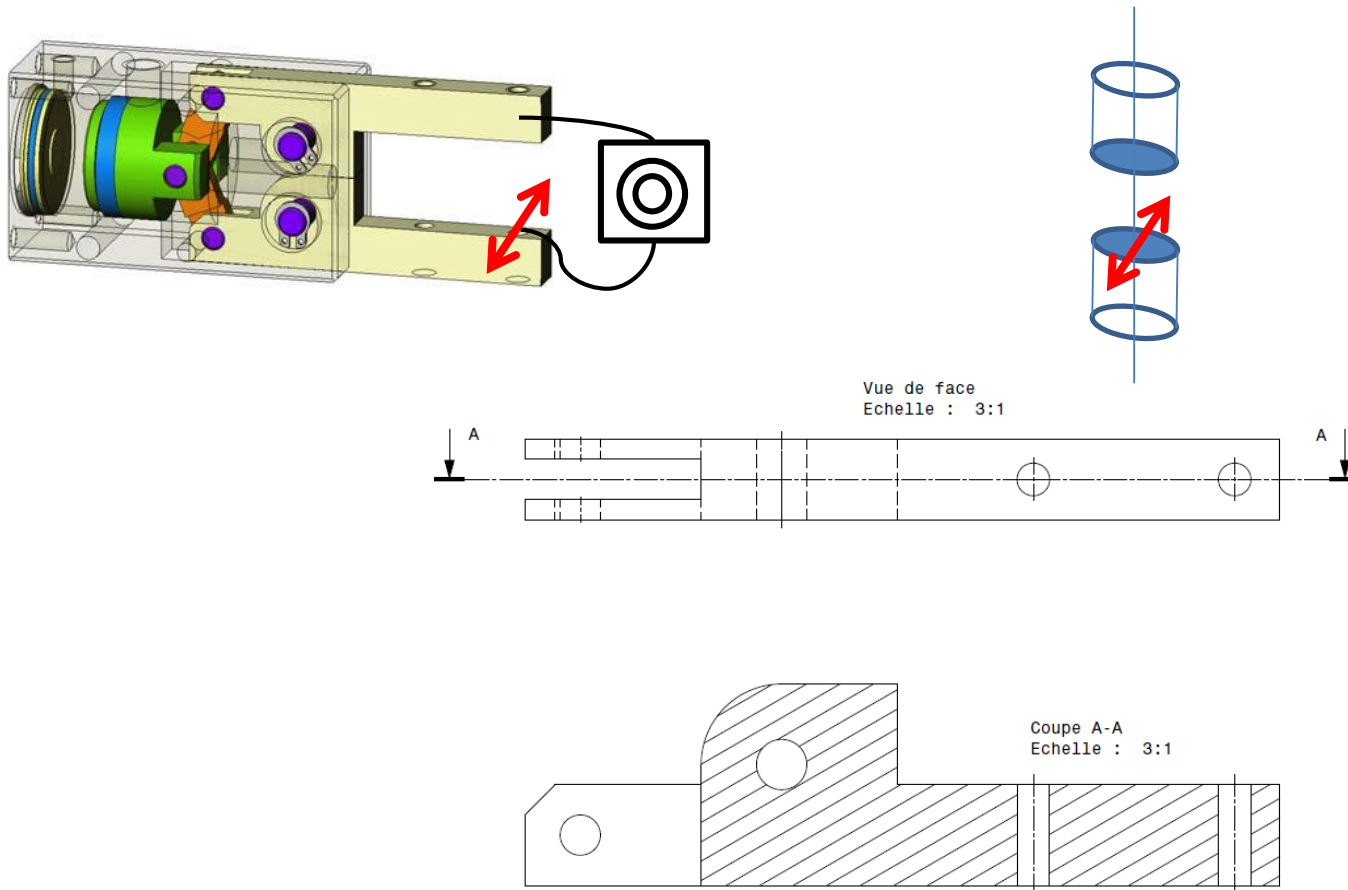
Spécification du doigt

4. Définir les FTE de flux fonctionnel du doigt

No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	Quoi
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Spécification du doigt

5. Déterminer les spécifications géométriques du doigt (dessin fourni) relative à la condition fonctionnelle géométrique inhérente à la qualité du serrage. Cette condition fonctionnelle géométrique limite les défauts de coaxialité entre les cylindres des doigts.

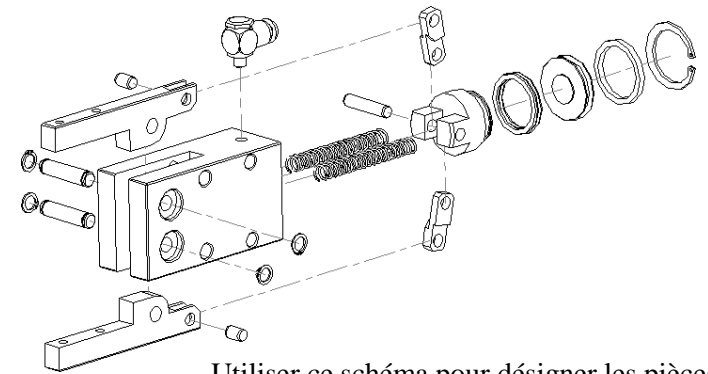


Spécification du doigt

6. Justifier et expliquer la spécification fonctionnelle de la question précédente.

Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

1. Définir le bloc diagramme de la pince en y détaillant les flux de contact et le flux fonctionnel de la transformation de l'énergie pneumatique en énergie mécanique de serrage.



Utiliser ce schéma pour désigner les pièces

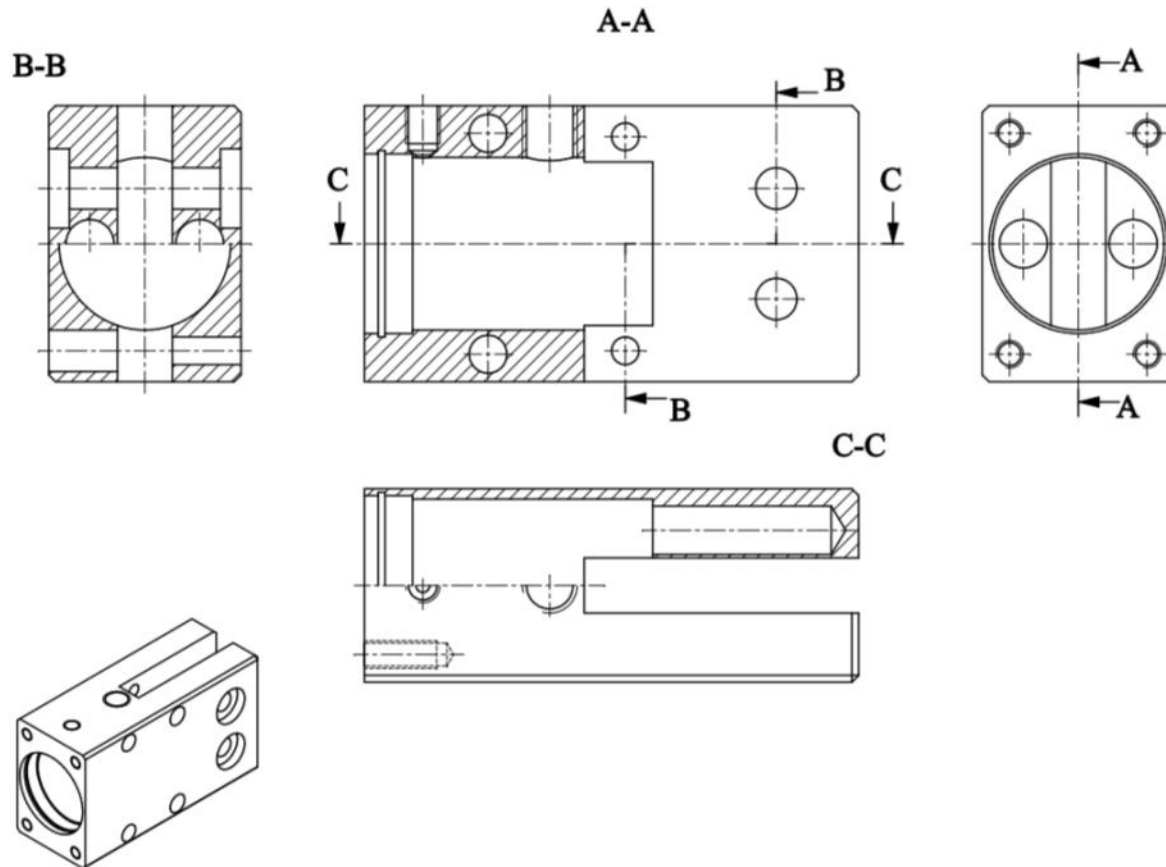
Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

2. Définir les FTE de flux de contact du corps avec les biellettes, les doigts et leurs axes.

No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	Quoi
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

3. Déterminer les spécifications géométriques du corps (dessin fourni) relatives aux FTE explicitées ci-avant. Mettre une annotation associée à chaque spécification relative au numéro de la FTE.



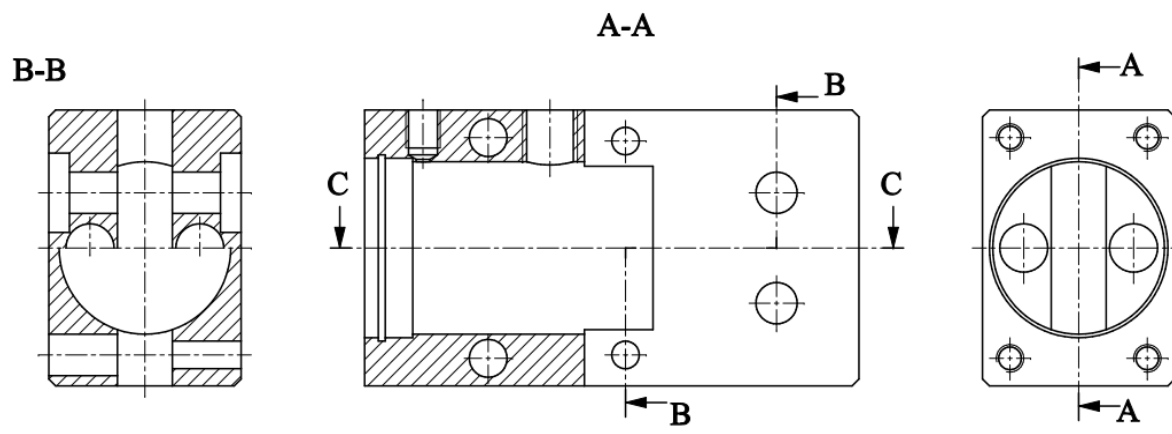
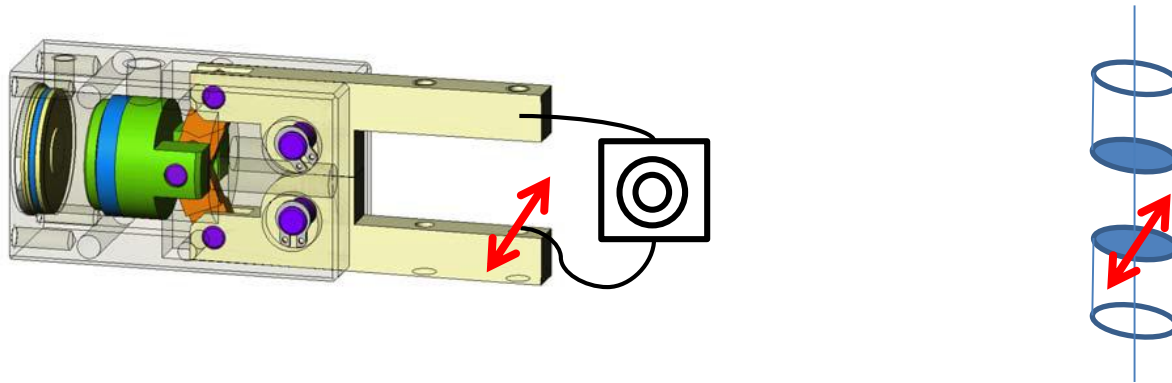
Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

4. Définir les FTE de flux fonctionnel du corps avec les biellettes, les doigts et leurs axes.

No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications Quoi
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Spécification du corps – interface avec les biellettes, les doigts et leurs axes

5. Déterminer les spécifications géométriques du doigt (dessin fourni) relative à la condition fonctionnelle géométrique inhérente à la qualité du serrage. Cette condition fonctionnelle géométrique limite les défauts de coaxialité entre les cylindres des doigts.

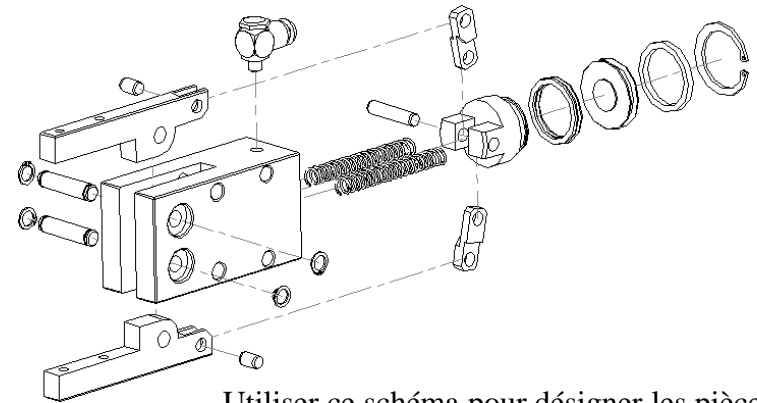


Spécification du doigt

6. Justifier et expliquer la spécification fonctionnelle de la question précédente.

Spécification du piston

1. Définir le bloc diagramme de la pince en y détaillant les flux de contact et le flux fonctionnel de la transformation de l'énergie pneumatique en énergie mécanique de serrage.



Utiliser ce schéma pour désigner les pièces

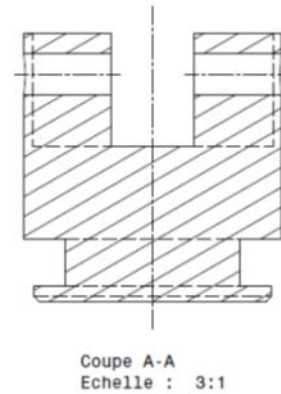
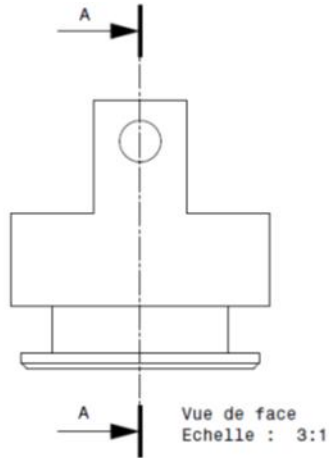
Spécification du piston

2. Définir les FTE de flux de contact du piston

No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	Quoi
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

Spécification du piston

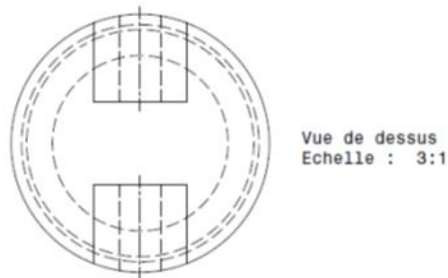
3. Déterminer les spécifications géométriques du piston (dessin fourni) relatives aux FTE explicitées ci-avant. Mettre une annotation associée à chaque spécification relative au numéro de la FTE.



Vue isométrique
Echelle : 3:2



Vue isométrique
Echelle : 3:2



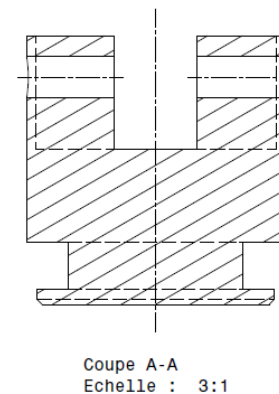
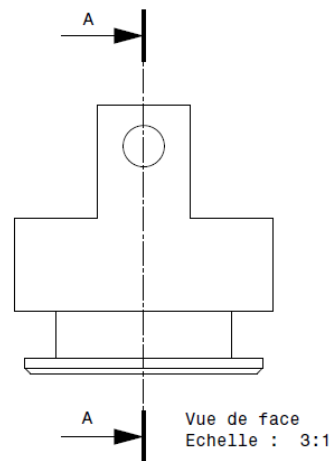
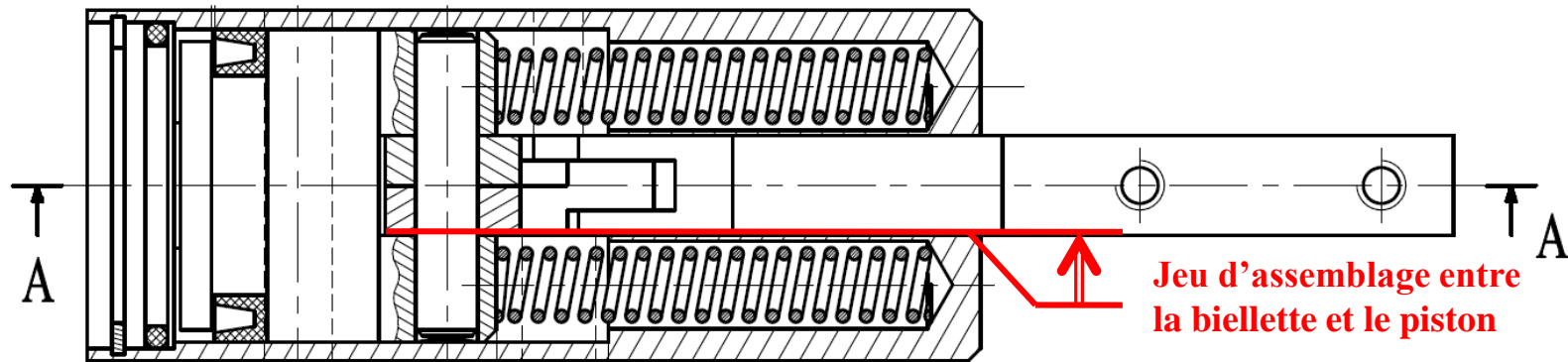
Spécification du piston

4. Définir les FTE de flux fonctionnel du piston

No.	Agit	sur quoi	Complement	Remarques complementaires	Liaisons - Surfaces				Spécifications
					Surf.1	Surf.2	Surf.3	GF	Quoi
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Spécification du piston

5. Déterminer les spécifications géométriques du piston (dessin fourni) relative à la condition fonctionnelle géométrique inhérente à l'assemblage de l'ensemble piston bielle mais aussi doigt et corps. Cette condition fonctionnelle géométrique limite les défauts de position et d'orientation entre les plans du piston et des bielle.



Spécification du doigt

6. Justifier et expliquer la spécification fonctionnelle de la question précédente.

1. CHARPENTIER F. – « Analyse fonctionnelle, quels outils ? », Technologie et formation N°117 pp 10-15 et N°118, pp 24-35, (janvier 05 / mars 05).
2. CHARPENTIER F., MATHIEU L. – « Analyse fonctionnelle, une solution pour la recherche des conditions fonctionnelles géométriques », acte de la journée thématique AIP-PRIMECA sur le tolérancement, du 23 septembre 2005 à l'ENS de Cachan.
3. BALLU A., TEISSANDIER D., MATHIEU L. – « Cotation à l'aide des graphes le long du cycle de conception », acte de la journée thématique AIP-PRIMECA sur le tolérancement, du 23 septembre 2005 à l'ENS de Cachan.
4. BALLU A., MATHIEU L. – « Méthode de choix des spécifications fonctionnelles par des graphes », Technologies et formations, n°84, pp12-19, (1999).
5. ANSELMETTI B. – « Tolerancing method for function and manufacturing » ; In: Proc. Of ILCE 95; Paris; France; (February 1-3; 1995).
6. ANSELMETTI B. – “ Tolérancement Tome 1 et 2”; Hermes, lavoisier.
7. BALLU A., DANTAN J.Y., MATHIEU L., « Langage de spécification : GeoSpelling », Chapitre 2, pp 33-68, Tolérancement géométrique des produits, 2007, ed Hermes, ISBN 978-2-7462-1509-2.
8. DANTAN J.Y., WU F., ETIENNE A., BRUYERE J., MARTIN P., « Tolérancement et conception intégrée », Chapitre 11, Ingénierie de la conception et cycle de vie des produits, 2006, ed Hermes, ISBN 2-7462-1214-5.
9. DANTAN J.Y., ETIENNE A., WU F., SIADAT A., MARTIN P., « Allocation des tolérances fonctionnelles par optimisation du coût de fabrication », Journée thématique PRIMECA – Tolérancement, Septembre 2005, Cachan, France.
10. « Exploitation du concept GPS et de la normalisation pour la spécification géométrique des produits, Livrets 1, 2 et 3 ». Centre d'étude et de la rénovation pédagogique de l'enseignement technique

De la fonction aux spécifications

