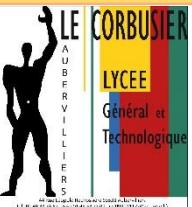


TS CPRP 1

Sciences de l'ingénieur

Séquence 1 : Communiquer dans l'industrie



Communiquer dans l'industrie

1	Représentation normée des systèmes	5
1.1	Introduction	5
1.2	Système de normalisation	6
1.3	Norme ISO 9001	6
1.4	Norme NF Z68-020 ou NF ISO 841	7
1.5	Norme ISO 2768	11
2	Représentation schématique	15
2.1	Langage SysML	15
2.2	Schéma bête à corne	19
2.3	Diagramme FAST	23
2.4	Diagramme SADT	25
2.5	Chaîne fonctionnelle	27
3	Dessine-moi une pièce	31
3.1	Introduction	31
3.2	Les règles du dessin	32
3.3	Les coupes	33
3.4	Cartouche et positionnement des vues	36
3.5	Les perspectives	39
4	Spécification géométrique des produits 41	
4.1	Introduction	41
4.2	Généralités et définitions	43
4.3	Spécification géométrique de forme	44
4.4	Spécification géométrique qui peuvent dépendre d'autres éléments	45
4.5	ANNEXE	47
	Index	49

1. Représentation normée des systèmes

1.1 Introduction

S'échanger des **informations** est essentiel pour construire le monde d'aujourd'hui. Les exigences que nous avons, vis-à-vis des **risques** (la musique d'un airpod de doit pas dépasser 100 dB), du **confort** (la température de la salle de classe ne doit pas être inférieure à 16°), de l'**accessibilités** (l'espacement entre les allées doivent permettre le passage d'une chaise roulante) ou des **performances** (le véhicule doit avoir une puissance max de 100 chevaux) des systèmes que nous concevons doivent être comprise de toute.s. Cet objectif impose d'être rigoureux pour éviter les mésententes. Le temps et le coût étant pris en compte, nous voulons éviter les hors-sujets une fois le travail déjà terminé. Nous essayerons de traduire nos systèmes dans des langages ou des **schémas** compréhensible de l'industrie. Comme la grammaire en français nous impose des règles, la représentation des systèmes impose des **normes**, admises par la plupart du parc industriel mondial.

Il existe trois types de normes :

1. obligatoire / réglementaire ;
2. volontaire / certifiable ;
3. non certifiable.



FIGURE 1.1 – Logo de différents organismes de normalisation.

1.2 Système de normalisation

Savoirs & compétences 1.1 — S2.4. Représentations graphiques dérivées des maquettes numériques

C2.3 Synthétiser une information

C5.3 & C6.1 Formuler, décoder et synthétiser un cahier des charges fonctionnel ou un dossier de conception

Langage de description SysML : **S1.1.1**

Definition 1.1 Normes

La normalisation a pour objet de fournir des documents de référence portant sur des règles, des caractéristiques, des recommandations ou des exemples de bonnes pratiques, relatives à des produits, à des services, à des méthodes, à des processus ou à des organisations.

<https://www.entreprises.gouv.fr/>

En France, inventer et modifier les normes, c'est la mission de l'Association française de normalisation (AFNOR) c'est "notre" organisme national de normalisation (ONN). Elle utilise ses normes comme support de la réglementation (obligatoire ou non). Quand une norme **rentre en application** elle peut être destinée à notre pays, l'Europe ou pour l'international.

A retenir 1.1 Le nom des différentes normes ou organisme de norme (obligatoire ou non) sont :

- AFNOR - Association française de normalisation (elle édite les normes "NF") ;
- NF - Norme Française ;
- ISO - International organization for standardization (c'est une fédération mondiale d'autre d'organismes nationaux de normalisation. On les appelle "membres de l'ISO") ;
- EN - Normes européennes ;
- DIN - Institut allemand de normalisation ;
- ANSI - Institut national de normalisation américain.

R Notez qu'une entreprise se situant en France peut se certifier avec une norme Américaine. Si elle travail avec des français cela n'a pas grand intérêt, mais si elle traite exclusivement en Amérique c'est possible.



FIGURE 1.2 – AFNOR Normalisation

1.3 Norme ISO 9001

C'est une des normes les plus connues de l'industrie. Elle porte un regard général sur le management de la qualité. Elle apporte des garanties en termes de qualité organisationnelle au sein

de tout type de structure. La certification ISO 9001 consiste à apporter la preuve qu'un système d'amélioration continue¹ a été mis en place au sein de l'entreprise.

La norme ISO 9001 fait partie des normes qui tendent à améliorer la qualité, la sécurité et l'environnement de la planète (ou en tout cas, à ne pas empirer l'emprunte carbone humaine). Elle fait partie des normes que l'on doit obtenir si l'on veut avoir la certification **Qualité-Sécurité-Environnement**. La norme ISO 9001 (relative à la qualité) complète les normes ISO 45001 (pour la sécurité) et ISO 14001 (pour l'environnement) et permet aux entreprises d'avoir une politique globale de management des risques. La certification **QSE** (Figure 1.3) est un acte volontaire et s'inscrit dans une démarche de progrès global à tous les niveaux de l'entreprise.



FIGURE 1.3 – Logo de la certification QSE

1.4 Norme NF Z68-020 ou NF ISO 841

Ce sont les normes qui précisent comment nous devons nommer les différents axes des machines outils. Bien que plus ancienne, vous verrez la plupart du temps la norme Z68-020. Cependant en Europe, cette norme a été remplacer. La norme actuellement en vigueur est la NF ISO 841 depuis septembre 2004.

Definition 1.2 La norme **NF Z68-020** [année 1968] définit la nomenclature des **axes et des mouvements** pour la commande numérique des machines.^a

a. <https://www.boutique.afnor.org/>

Definition 1.3 La norme **NF ISO 841** [année 2004] définit les systèmes d'automatisation industrielle (Commande numérique des machines), les **systèmes de coordonnées** des MOCN et la nomenclature de leurs **mouvements**^a.

a. <https://www.boutique.afnor.org/>

Les éléments de cette norme sont au coeur de la compréhension des dessins des pièces que l'on souhaite réaliser. Le but n'est pas de les apprendre d'un coup par coeur. Au cours des deux années de BTS ces définitions seront connues par l'habitude des les côtoyer.

Definition 1.4 — Axes. On dira qu'un machine possède " un axe " si le mouvement est continuellement commandé numériquement en **vitesse** et en **position**. Si l'axe est seulement

1. Le Kaizen (en japonais), ou amélioration continue est né au Japon, peu après la fin de la Seconde Guerre mondiale. Il a gagné en popularité dans l'industrie et est devenu l'un des fondements de l'essor de Toyota, du petit fabricant automobile à l'un des plus grands constructeurs automobiles de la planète.

commandé en vitesse ou l'inverse, on l'appellera "demi-axe".

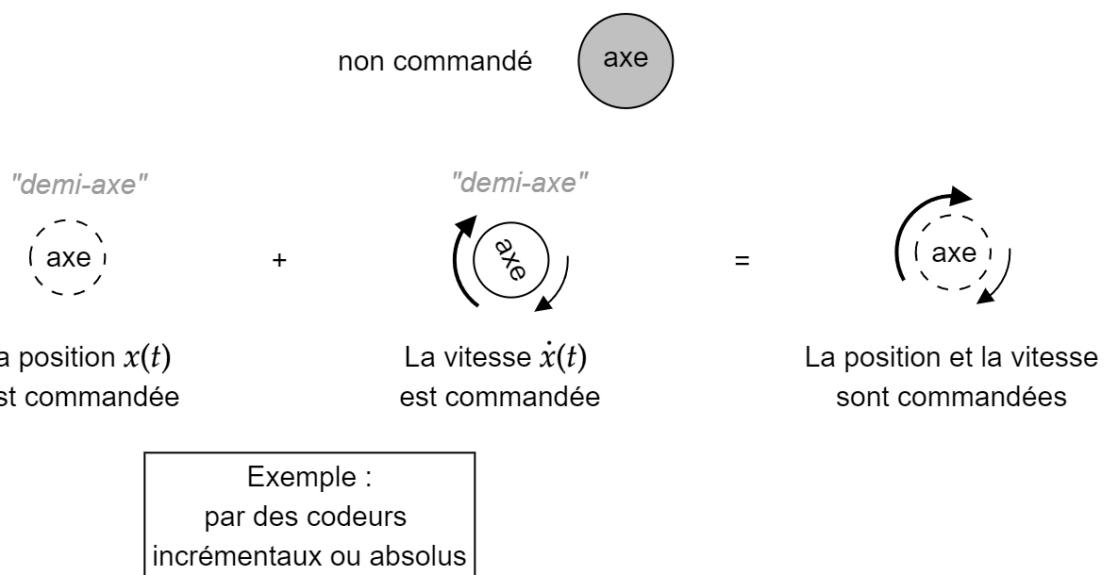


FIGURE 1.4 – Schéma de commande des axes MOCN.

Definition 1.5 — L'axe \vec{Z} . Il est situé parallèlement à l'axe de la broche principale quelle que soit la machine ou perpendiculaire à la table pour les machines qui ne possèdent pas de broche.

Definition 1.6 — L'axe \vec{X} . Il est associé au mouvement qui définit le plus grand déplacement après avoir situé l'axe Z.

Definition 1.7 — L'axe \vec{Y} . Il forme avec les axes X et Z un trièdre de sens direct. Le sens positif (+) d'un mouvement de chariot provoque l'éloignement de l'outil par rapport à la pièce considérée comme fixe.

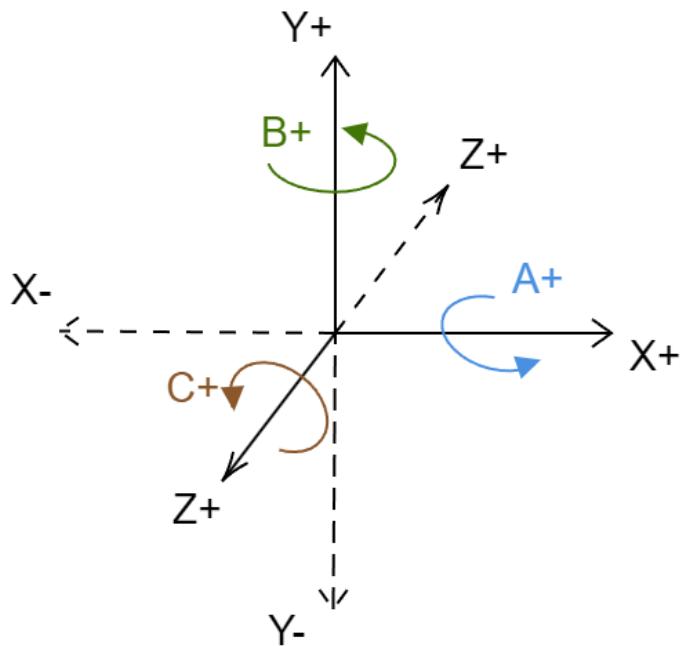


FIGURE 1.5 – Le système de cordonnées (X, Y, Z) est un système cartésien de sens direct lié à une pièce placée sur la machine. Exemple : Sur une MOCN, on peut mettre manuellement en rotation la broche dans le sens direct en appuyant sur le bouton **C+** du pupitre de commande.

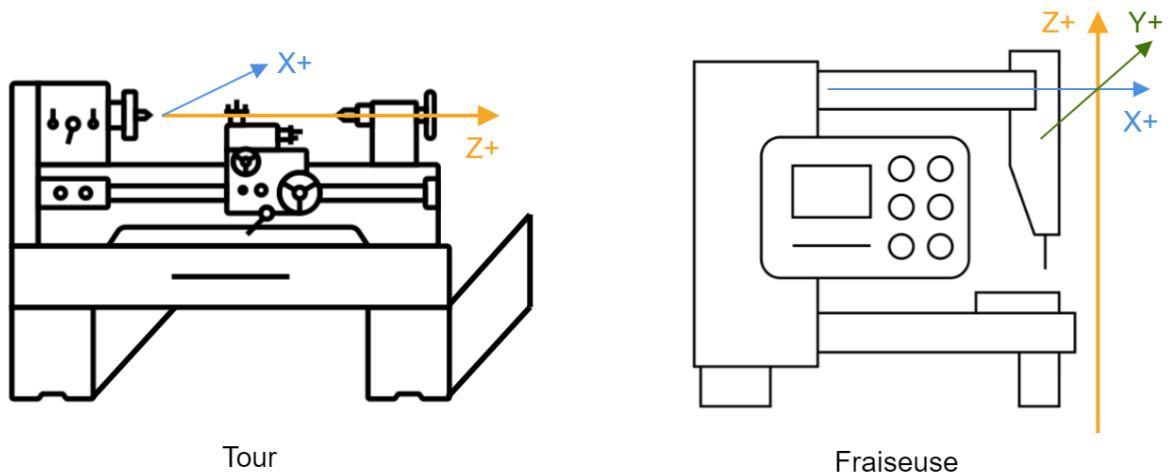


FIGURE 1.6 – Pour les machines conventionnelles ou MOCN simple, les axes sont orientés comme ci-dessus. Le déplacement positif (+) doit éloigner l'outil de la pièce.

Exercice

But : Indiquer où sont les axes, leur nom et orientation et remplir le tableau.



Type de MOCN	Nbr d'axe	Noms axes

But : Indiquer où sont les axes, leur nom et orientation et remplir le tableau.



Type de MOCN	Nbr d'axe	Noms axes

1.5 Norme ISO 2768

R Le dessin de définition sera traité en détail plus tard dans cette séquence [section 3.1]. Nous nous entraînerons alors à utiliser cette norme pour "traduire" le dessin de définition.

Definition 1.8 La norme ISO 2768 vise à simplifier les dessins techniques. Elle indique les tolérances générales (pour les dimensions linéaires et angulaires), et les tolérances géométriques qui n'ont pas d'indication de tolérances sur le schéma. Selon la cotation du schéma, il y aura quatre classes de tolérance possible.^a

a. <https://www.iso.org/>

En construction mécanique, la tolérances générales 2768 est utilisée pour :

- éviter d'écrire un nombre trop important d'indications sur le dessin ;
- avoir une pièce entièrement tolérancée.

Pour indiquer que nous utilisons cette norme nous devons :

1. Prendre une zone suffisamment près du cartouche ;

2. Incrire " **Tolérances générales** "
3. Incrire **ISO 2768** (numéro de la norme utilisée) ;
4. la classe de précision :
 - f pour "fine" (fin) ;
 - m pour "medium" (moyen) ;
 - c pour "coarse" (grossière - large) ;
 - v pour "very coarse" (très grossière - très large).
5. la classe de précision pour les tolérances géométriques :
 - H pour fin ;
 - K pour moyen ;
 - M pour large.

Extrait Examen BTS CPRP 2020

Prenons l'exemple du BTS 2020 Figure 1.7.
 Certaines côtes ont des tolérances, comme ce diamètre : $\varnothing 3^{+0,20}_{-0}$

Ou la côte suivante : $8,10^{+0,10}_0$

D'autres ont seulement une côte, sans tolérances visible directement : 0,70 ou $\varnothing 2,50$.
 Pour les côtes qui n'ont pas de tolérances, comment savoir la **marge d'erreur acceptée** ?
 Essayez, pour les deux cotations énoncées juste avant, d'indiquer la tolérance en vous aidant du détail de la norme 2768 en annexe et de la Figure 1.8.

0,70 **$\varnothing 2,50$**

Tolérance \pm

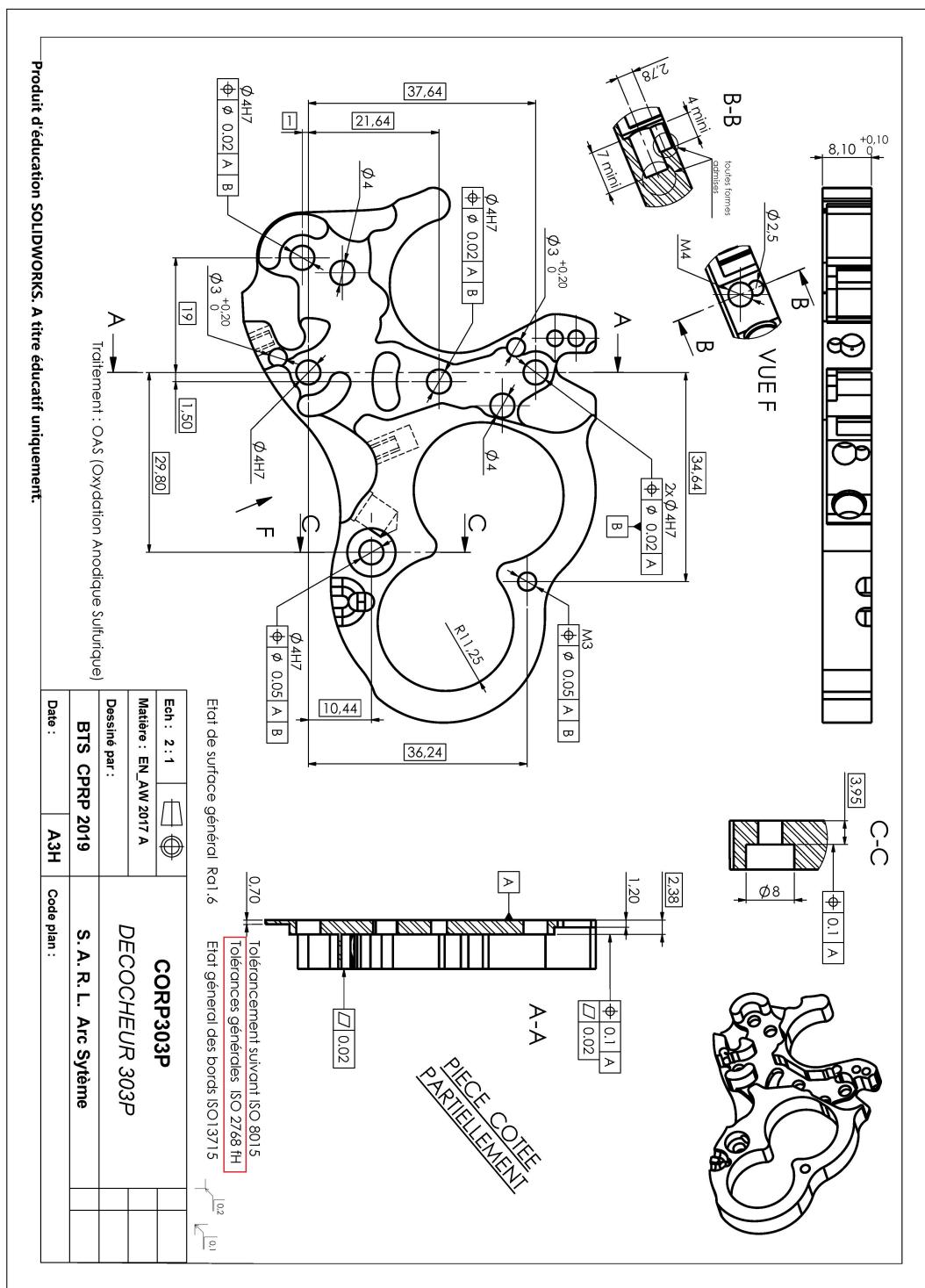
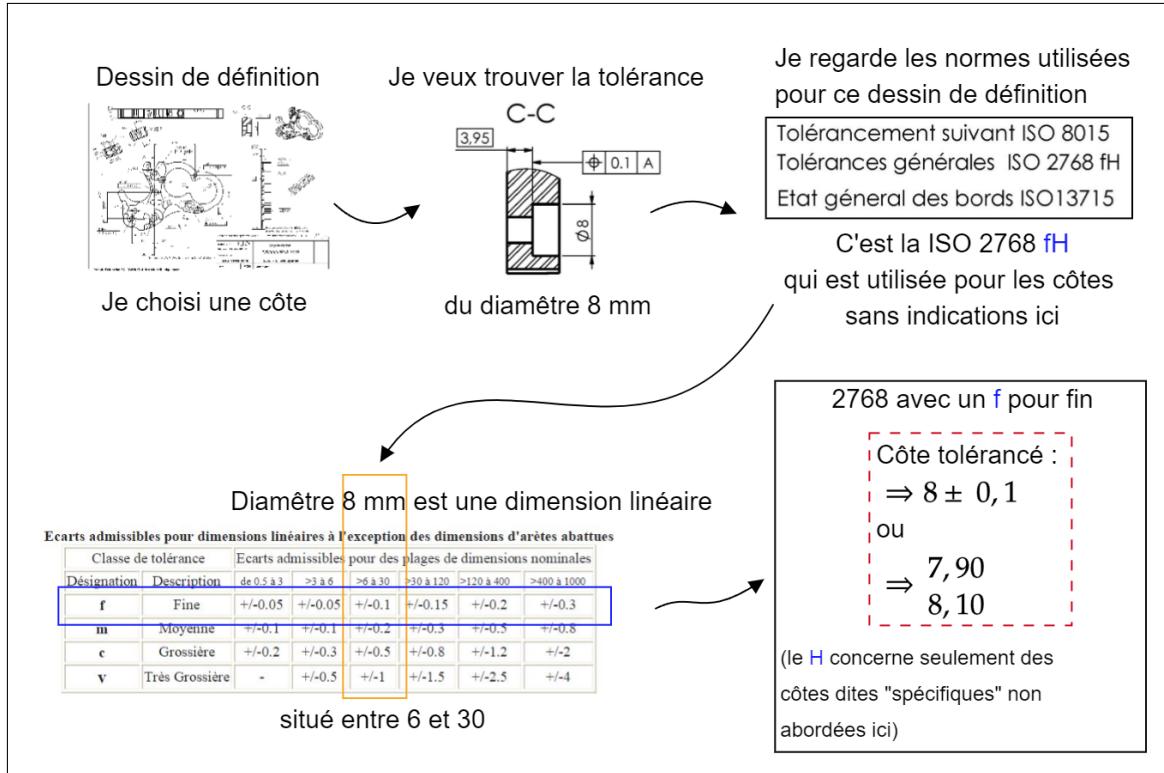
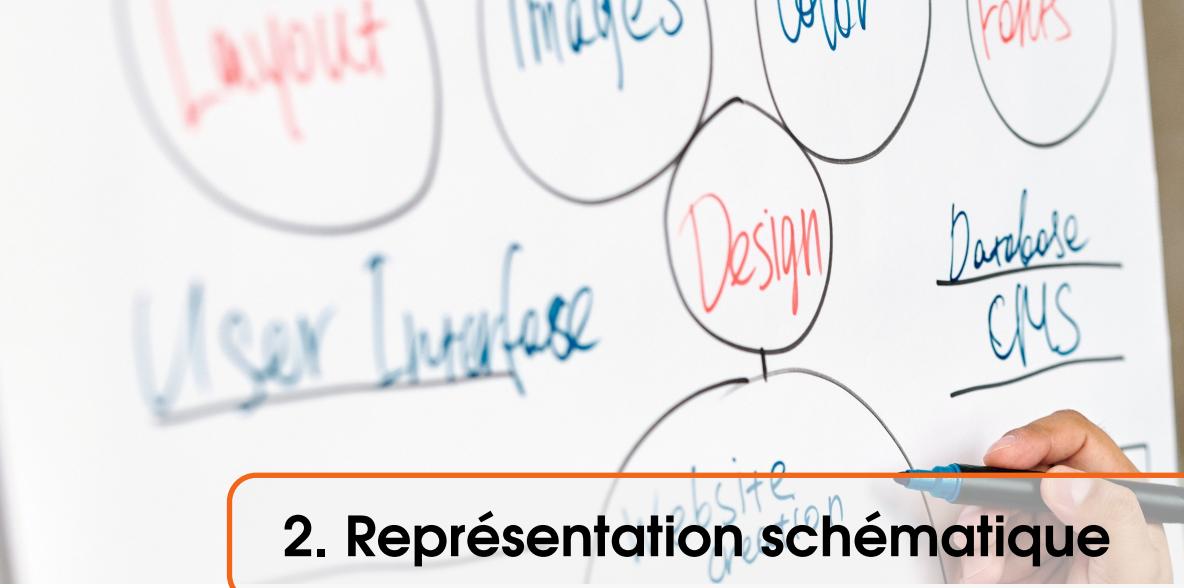


FIGURE 1.7 – Modèle 303P de la société Arc Système. Il permet de tracter et de libérer la corde de manière reproductible en ayant pas (ou peu) d'influence sur sa trajectoire (ainsi que celle de la flèche). Il augmente considérablement la précision et la répétabilité du tir par rapport à un lâcher de corde manuel. Épreuve E4 : Conception préliminaire. Session 2020

Pour résumer, la méthode peut être :





2. Représentation schématique

Savoirs & compétences 2.1 — S1. Décoder un besoin : **C5.1** Langage de description SysML : **S1.1.1**

2.1 Langage SysML

Souvent au début des sujets du BTS, le "Systems Modeling Language" est un incontournable de l'examen du brevet CPRP. Il décrit le système que vous allez étudier pendant 6 heures ! En fonction de ce qu'on souhaite décrire, on utilise un ou plusieurs des diagrammes répartis en 3 catégories (voir Figure [2.1]).

Chacune des trois catégories répond à une question :

- modélisation fonctionnelle : « que doit faire le système ? »
- modélisation comportementale : « comment le système doit-il se comporter ? »
- modélisation structurelle : « comment le système est-il construit ? ».

Ces différentes modélisation permettent de situer la **frontière de l'étude** dans un contexte **pluri-technologique**. Le tout pour que le système réponde au Cahier des charges.

Definition 2.1 — Cahier des charges (CdC). C'est un document par lequel le demandeur exprime son besoin (ou celui qu'il est chargé de traduire) en terme de fonctions de services ou d'exigences. Pour chacune d'elles sont définis des critères d'appréciation et leurs niveaux. Chacun de ces niveaux doit être assorti d'une flexibilité (norme AFNOR X 50-150).

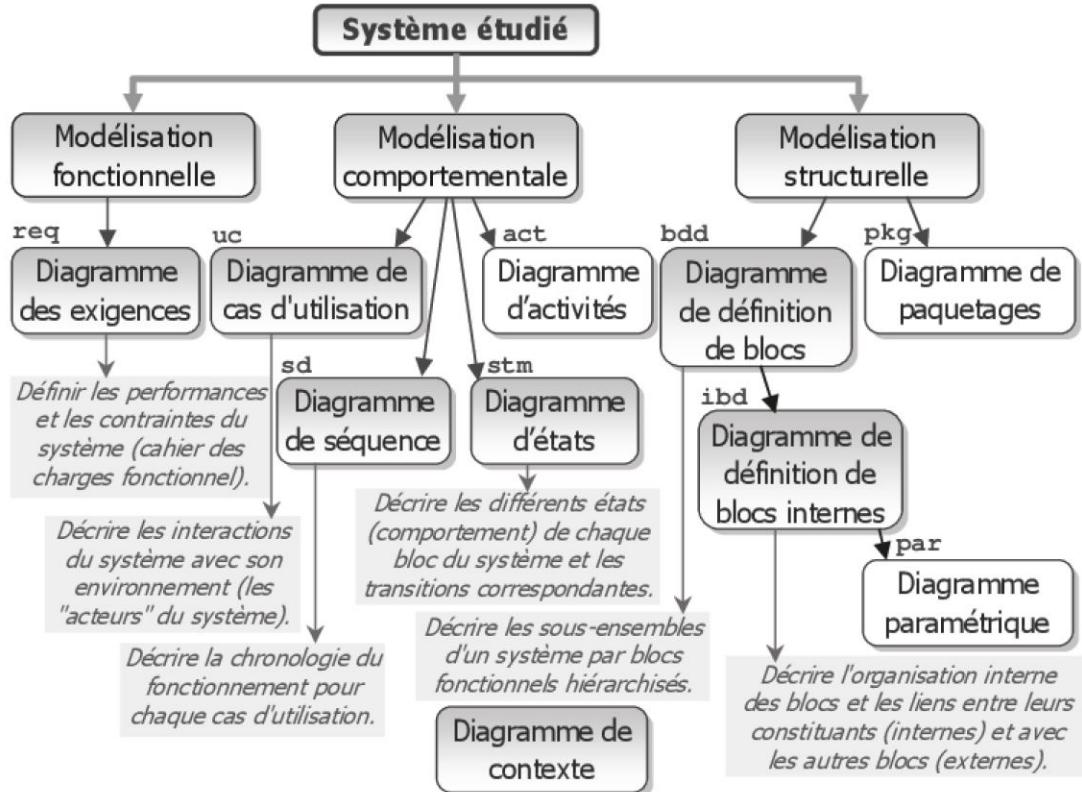


FIGURE 2.1 – Model SysML

Exigences	Critères	Niveaux	Flexibilités
Exigence "1.1.1 "	Critère a	Niveau 1	nulle
	Critère b	Niveau 2	faible
Exigence "2"	Critère c	Niveau 3	moyenne

FIGURE 2.2 – Chaque exigence doit avoir un ou plusieurs critères, niveau et flexibilités.

Les critères permettant d'apprécier un système sont notamment liés aux caractéristiques techniques (tension d'alimentation, énergies, etc.), aux performances (force, vitesse, temps pour passer de 0 à 100 km/h, etc.), à l'esthétique (notion très subjective), mais aussi à l'usage (fiabilité, durée de vie, coût global de possession, etc.). Le niveau permet de quantifier un critère en indiquant une valeur, un intervalle, une norme, etc. La flexibilité donne une indication sur la marge de manœuvre laissée au concepteur.

Par exemple

- Exigence : un aspirateur en fonctionnement ne doit pas déranger les autres occupants d'une habitation ;
- Critère : Bruit / Son ;
- Niveaux : Ne doit pas dépasser 80 dB ;

- Flexibilité : On autorise un dépassement de 5%.

2.1.1 Exemple BTS 2020

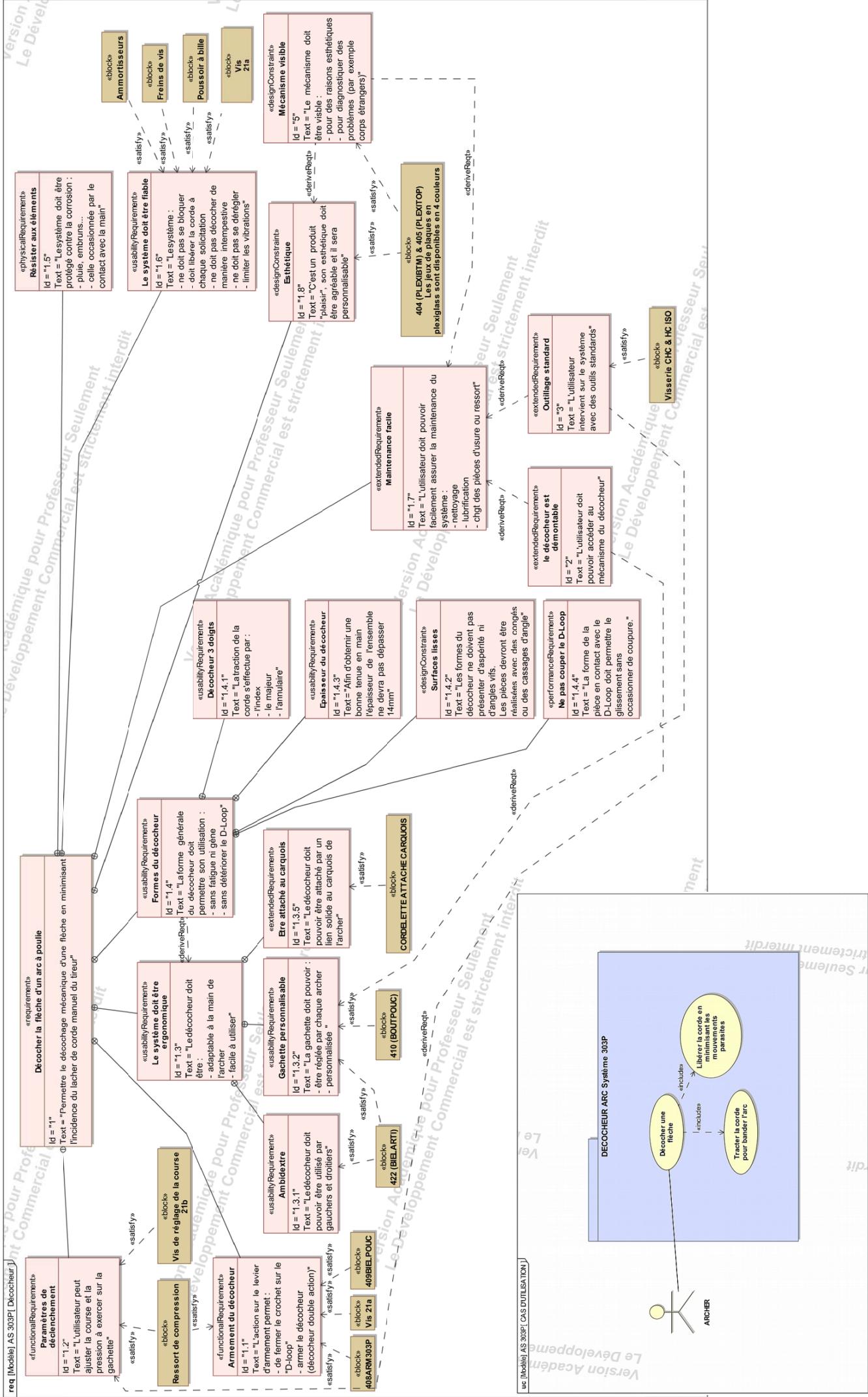
Le système suivant est celui de l'arc à poulie doté du système décocheur Arc Système 303P (figure 2.3).



FIGURE 2.3 – Système 303P

Dans les sciences de l'ingénieur, on s'intéresse aux écarts entre ce qu'on veut (en théorie), et ce qui se passe vraiment (en pratique). On représente un schéma "fonctionnel" du système. Il permet de collecter et d'organiser toutes les exigences du système (caractéristiques ou performances théoriques attendues), sous forme textuelle.

DT3 Analyse SYSPML / Diagramme des cas d'utilisation et diagramme des exigences



Tiré du BTS 2020

Adaptation ergonomique à l'archer : Id= "1.3".

Question 1.2.1 : Préciser quelles pièces permettent d'adapter le décocheur à la main de l'archer.

Réglage de la course de déclenchement : Id= "1.2"

Question 1.2.2 : Indiquer quelle pièce permet de régler la course de déclenchement.

Réponses

2.2 Schéma bête à corne

Les autres schémas très rependus dans les sujets sont les diagrammes de type "Bête à corne". Ils serviront aux candidat.e.s dans l'analyse/formulation du besoin. Il doit répondre essentiellement à trois questions :

1. A qui rend-il service ?
2. Sur quoi/qui agit-il ?
3. Dans quel but ?

Pour satisfaire le besoin auquel le produit répond, des Fonctions de Service, qui correspondent à des exigences, doivent être remplies par celui-ci : il faut les rechercher et dresser leur liste. Elles se répartissent en 2 catégories :

1. Les Fonctions Principales (une ou plusieurs), FP1, FP2 etc. ce sont des Fonctions du produit correspondant aux raisons pour lesquelles ce dernier a été créé : ce sont donc sa ou ses fonctions d'usage. On peut les déduire directement du diagramme bête à corne ;
2. les Fonctions Contraintes (une ou plusieurs), FC : le produit n'a pas été créé pour cela, mais le fait d'exister lui impose d'assurer certaines Fonctions, en relation avec d'autres éléments de son environnement (appelés EME, Eléments du Milieu Extérieur, ou Interacteurs) , autres que lui-même. Ce sont des Fonctions qui traduisent les contraintes liées à l'adaptation du produit à son environnement et à la prise en compte de ce dernier. Ce sont des obligations à satisfaire, dans différentes catégories.

Les contraintes peuvent être classées en six catégories :

- Fonctionnelles : nécessaires pour remplir la FP
- Ergonomiques : faciliter l'utilisation
- Esthétiques : le rendre attrayant
- De sécurité : l'utiliser en toute sécurité-> normes
- Environnementales : être conçu et utilisé dans un souci de développement durable
- Economiques/commerciales : coût correspondant au service, au budget, à la publicité.

Nous avons vu précédemment un système s'intégrant aux arcs dans le BTS 2020. Un diagramme bête à corne de ce système pourrait être le suivant.

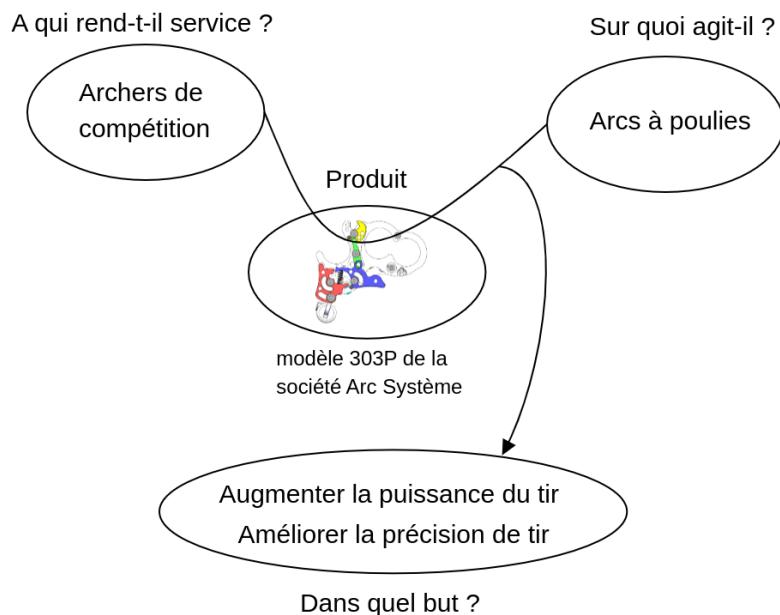


FIGURE 2.4 – Diagramme bête à corne du système 303P

Toutes les fonctions, quelles soient **principales** ou de **contraintes**, peuvent ensuite être listées sous forme d'un tableau. Le diagramme bête à corne est donc une représentation claire et simplifiée du système.

Voici un autre exemple avec un stylo bille, avec le diagramme bête à corne et son tableau des fonctions associées.

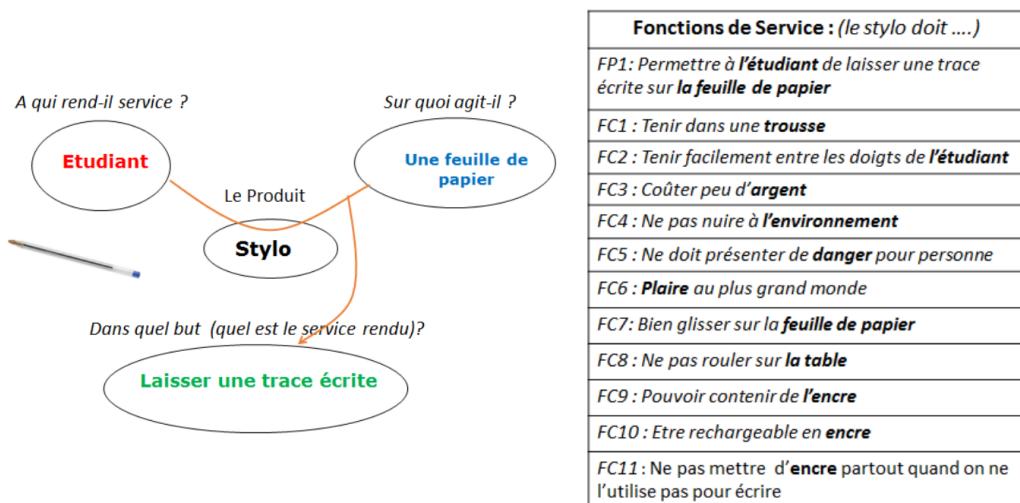


FIGURE 2.5 – Diagramme bête à corne d'un stylo bille

2.2.1 Exemple BTS 2015

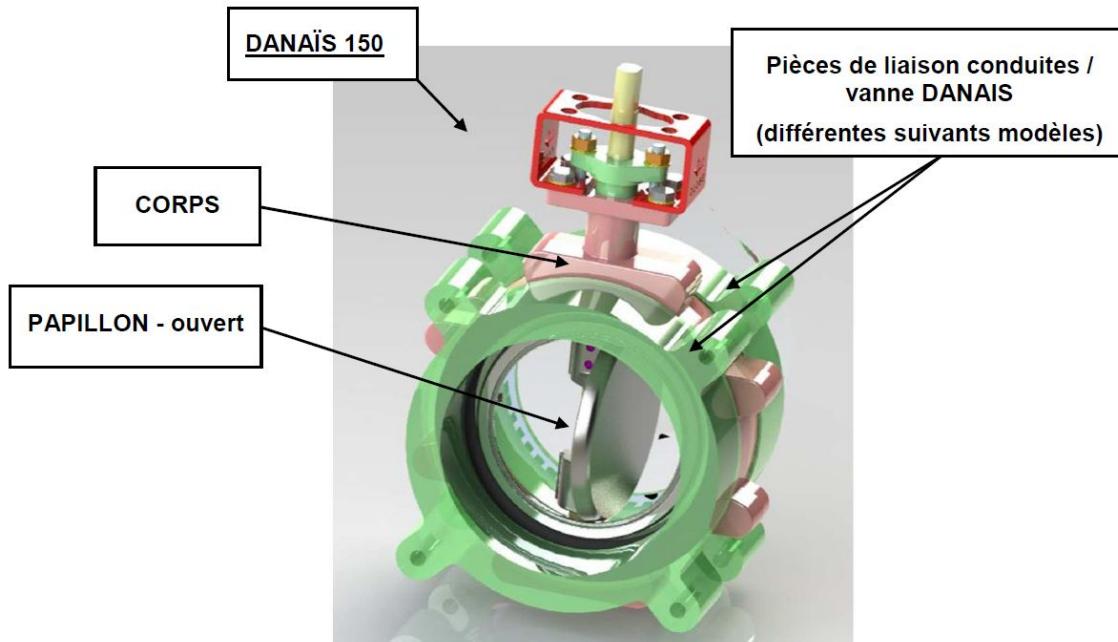


FIGURE 2.6 – La commande du fluide peut être manuelle, hydraulique, électrique ou pneumatique. Le fluide peut passer dans les deux sens.

Il s'agit d'un "robinet à papillon excentré - gamme DANAÏS 150 - de la marque AMRI de l'entreprise KSB. Le robinet, sujet de cette étude, sert à véhiculer tout type de fluides, comme des carburants, des eaux chaudes ou brûlantes, des fluides corrosifs et/ou agressifs ou contenant des substances solides, des huiles minérales, etc.

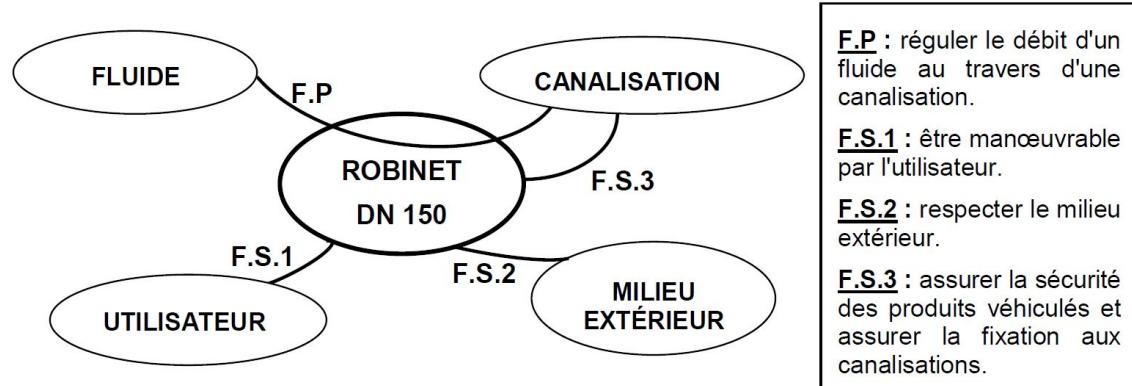


FIGURE 2.7 – La fonction principale (F.P) du robinet est d'assurer ou d'interrompre le passage de fluides de différentes compositions (liquide - "semi-épais" - solide) et ce, à différentes températures. Pour assurer cette fonction, le mécanisme doit répondre à certaines fonctionnalités secondaires (F.S.i). Ces fonctionnalités sont classées en 3 catégories : F.S.1 - F.S.2 - F.S.3.

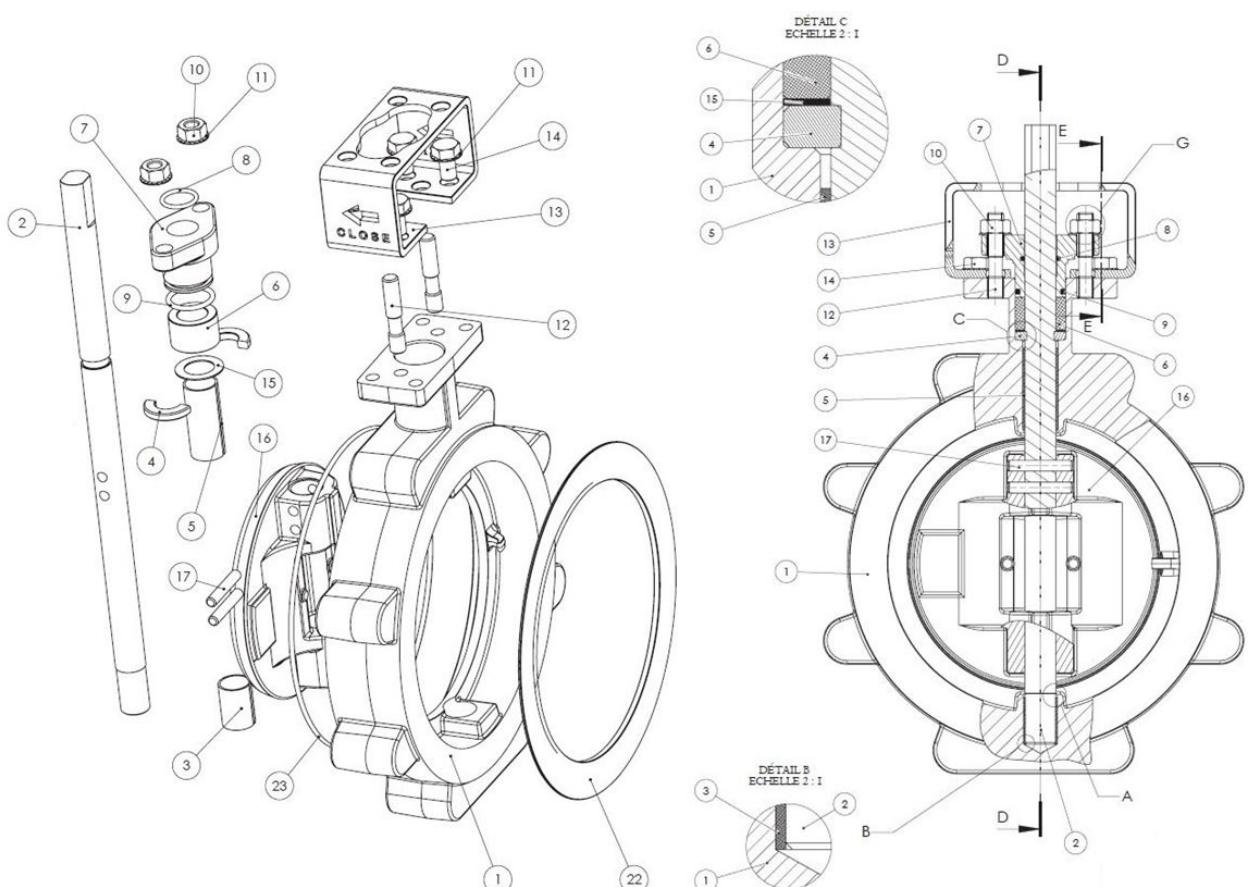


FIGURE 2.8 – La commande du fluide peut être manuelle, hydraulique, électrique ou pneumatique. Le fluide peut passer dans les deux sens.

Tiré du BTS 2015

[Problème 1 : Analyse "F.P et F.S.i"]

Question 1.1 : Pour chaque fonction "F.P et F.S.i", on demande de définir quelle est la (ou les) **pièce(s) du robinet remplissant cette fonction** et d'associer la (ou les) **forme(s) permettant de l'assurer**. Répondre pour cela sur le tableau du document réponse DR1. Deux exemples sont proposés pour les fonctions F.S.1 et F.S.2 de façon à permettre de comprendre le principe.

Document réponse

FONCTIONS F.P et F.S.i	Fonction Technique	Pièce(s)	Forme(s) - particularités
F.P	Assurer l'arrêt en translation de l'arbre "2" par rapport au corps "1".		
	Assurer la fixation des organes de commandes.		
	Assurer le guidage en rotation de l'arbre par rapport au corps.		
F.S.1	Assurer la manœuvre du papillon (ouverture ou fermeture du robinet)	2	Méplats en bout d'arbre
F.S.2	Assurer l'étanchéité avec les conduites (tuyaux situés entre le corps du robinet et les canalisations) véhiculant le fluide.	22	Joint plat en forme de couronne
	Assurer l'étanchéité "amont/aval" en condition normale d'utilisation (empêcher les fuites lorsque le robinet est fermé - "papillon fermé")		
	Assurer l'étanchéité avec les organes de commande (partie haute du robinet)		
F.S.3	Assurer la sécurité et l'étanchéité amont/aval dans le cas d'un incendie (voir DT2)		

FIGURE 2.9 – Question 1.1

2.3 Diagramme FAST

Après le diagramme bête à corne, le diagramme FAST servira davantage à entrée dans le détail du système. Le principe de la méthode de "Functional Analysis System Technique" (FAST), est de décomposer les fonctions techniques internes du produit jusqu'à établir leur relation, leur intervention, dans la réalisation des fonctions de service.

Elle consiste à se poser 3 questions pour chaque fonction interne du produit :

- **Comment** cela est-il fait ? (accès à une fonction technique d'ordre inférieur, décomposition)

- **Pourquoi** cela est-il fait ? (accès à une fonction technique d'ordre supérieur, reconstruction)
- **Quand** cela est-il utilisé ? (recherche des simultanéités)

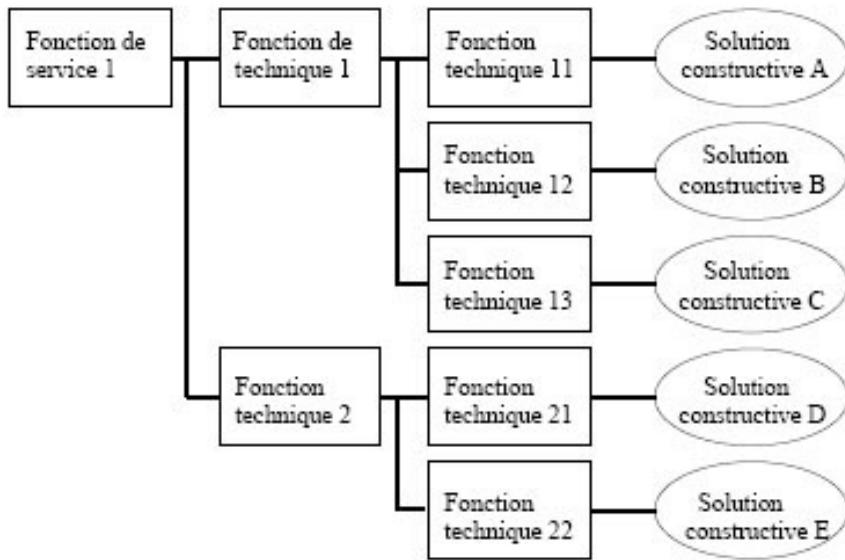


FIGURE 2.10 – Exemple type du diagramme

Les fonctions du diagramme FAST doivent être décrites par un verbe à l'infinitif. Les réponses à chacune de ces questions ne sont ni exclusives, ni uniques.

Afin de permettre une compréhension aisée de tous, ce type de représentation est normé. Au niveau de la France, elle est régulée par la norme NF EN 1325-1 qui décrit les grandes lignes de cette méthode.

Exemple

Il est possible de représenter l'une des fonctions de service d'un pilote automatique de bateau. Le but sera, par exemple : « **Maintenir le cap** ». Le diagramme FAST pourra être construit de la manière suivante :

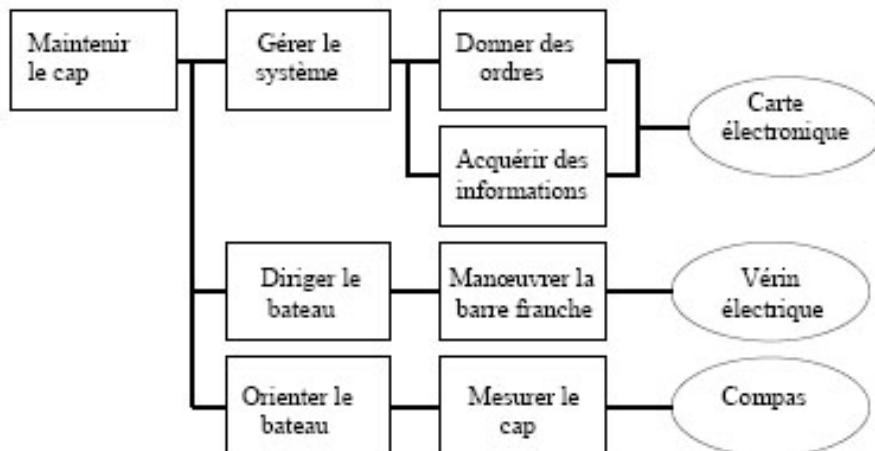


FIGURE 2.11 – Fonction "Maintenir le cap" pour un bateau

2.4 Diagramme SADT

SADT (en anglais structured analysis and design technique), connue aussi sous le label IDEF0 (en anglais Integration Definition for Function Modeling). Elle se répandit vers la fin des années 1980 comme l'un des standards de description graphique d'un système complexe par analyse fonctionnelle descendante, c'est-à-dire que l'analyse chemine du général (dit « niveau A-0 ») vers le particulier et le détaillé (dits « niveaux A_{i,j,k} »). SADT est une démarche systémique de modélisation d'un système complexe ou d'un processus opératoire.

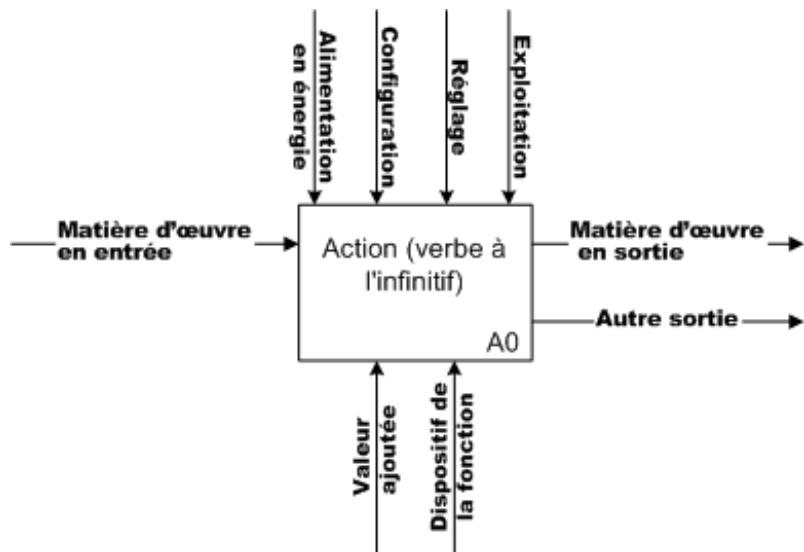


FIGURE 2.12 – Représentation théorique d'une fonction.

Une représentation de la fonction USINER pourrait être la suivante :

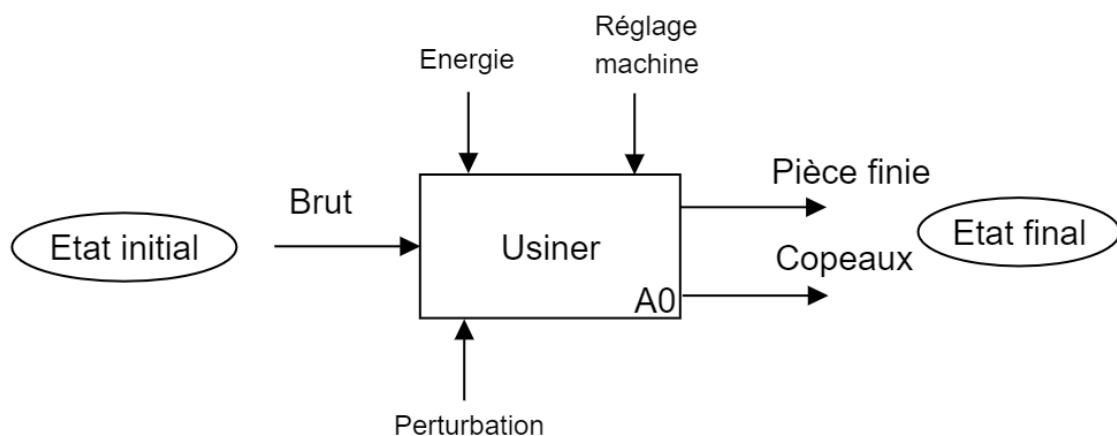


FIGURE 2.13 – Boîte principale (A0) de la fonction : Usiner une pièce.

Exemple : Sécateur automatique

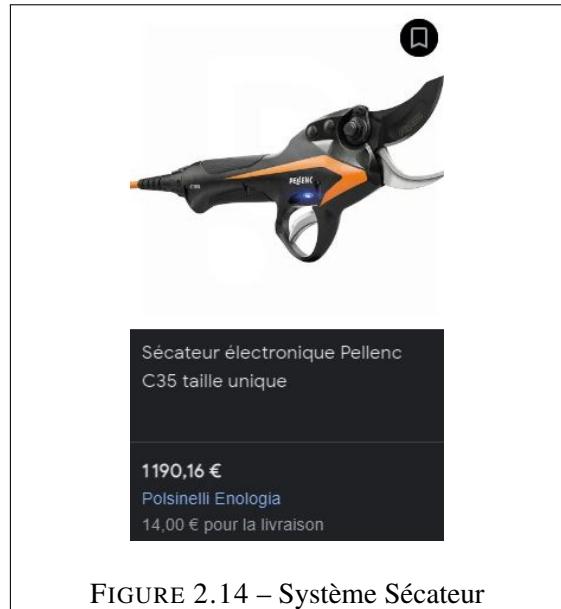


FIGURE 2.14 – Système Sécateur

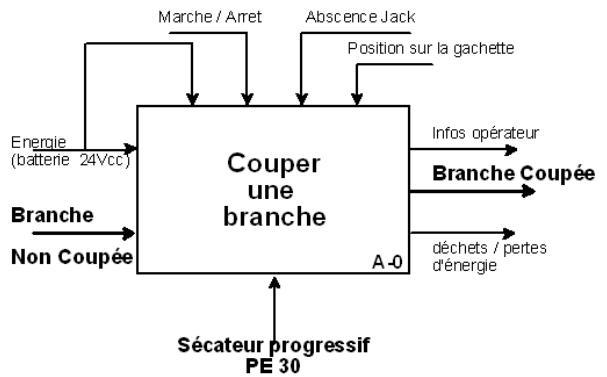


FIGURE 2.15 – Boîte principale de la fonction A-0

Toujours dans les débuts des sujets de BTS, vous devrez comprendre le système dans son ensemble et répondre sur la validation d'exigences du cahier des charges. Ici, une question possible serait :

Question : A l'aide de la représentation SADT ci-dessous, comment le sécateur commande la vitesse avec laquelle la lame se ferme pour couper une branche ?

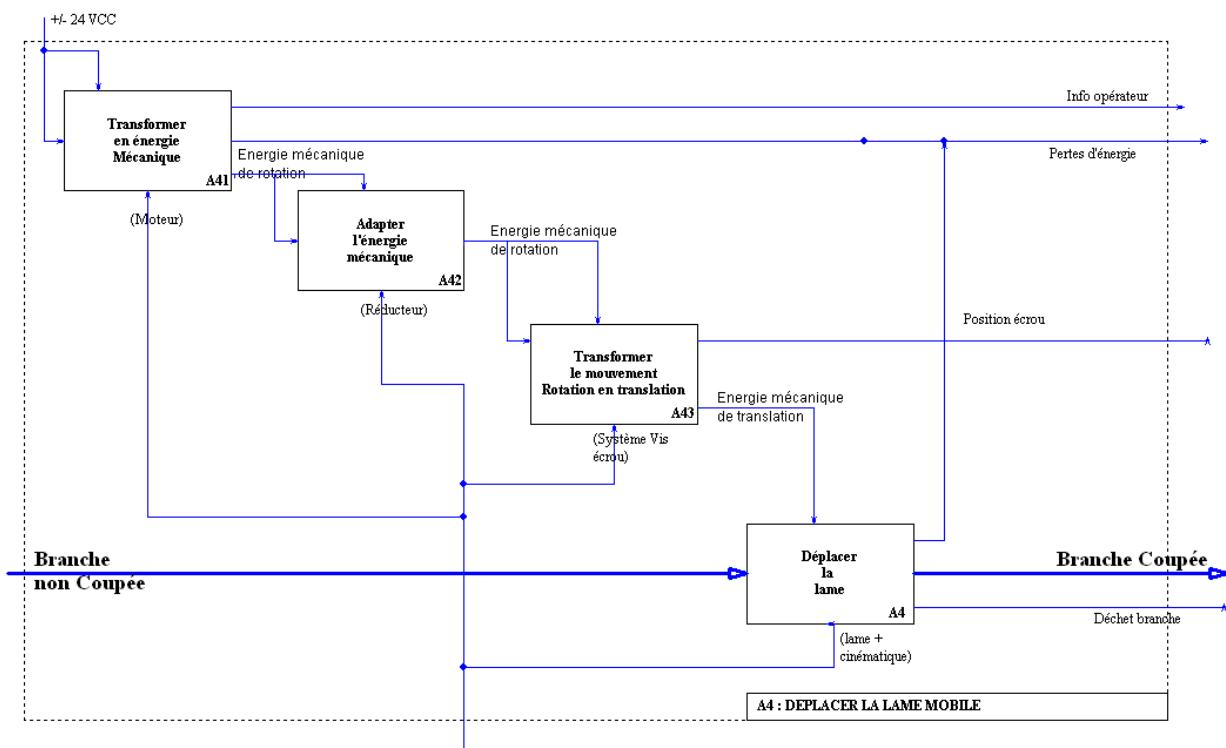


FIGURE 2.16 – Représentation théorique d'une fonction.

2.5 Chaîne fonctionnelle

Savoirs & compétences 2.2 S5.1 – Construction mécanique
S3.1 – Modélisation des mécanismes

C'est une représentation que vous observerez sûrement moins que les autres car elle décrit un système dans son ensemble. En générale, nous nous intéresserons à une pièce d'un système, son industrialisation, sa fabrication, son contrôle ; et c'est déjà beaucoup ! Mais vous pourrez croiser cette schématisation dans certains sujets pour avoir une idée du rôle de la pièce dans le système global.

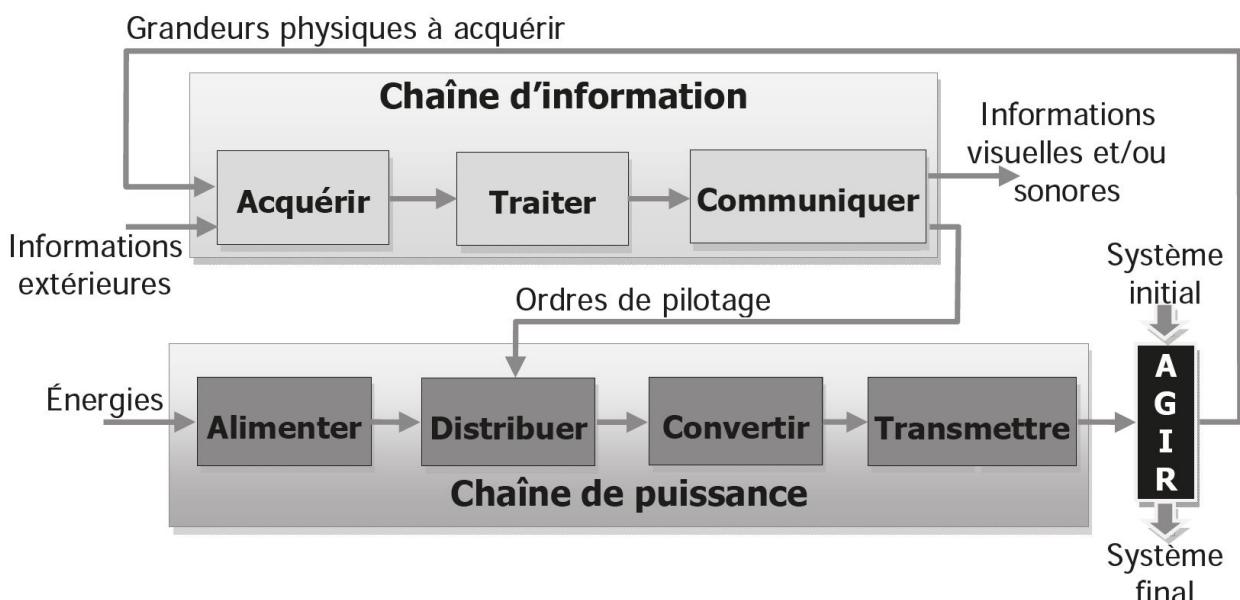


FIGURE 2.17 – Représentation d'une chaîne fonctionnelle complète.

Une chaîne fonctionnelle est une combinaison d'une chaîne d'information et d'une chaîne de puissance. On peut aussi remplacer le nom « chaîne de puissance » par « chaîne d'énergie » car l'énergie correspond à la puissance consommée par le système pendant un certain temps.

2.5.1 Chaîne d'information

Pour les deux chaînes, chaque bloc (Acquérir, Distribuer etc.) fonctionne grâce à des éléments prévus pour effectuer la fonction du bloc. Le bloc **acquérir** ne contiendra que des éléments pour acquérir une **information** (car on est dans la chaîne d'information). Par exemple, un **capteur** peut acquérir une information.

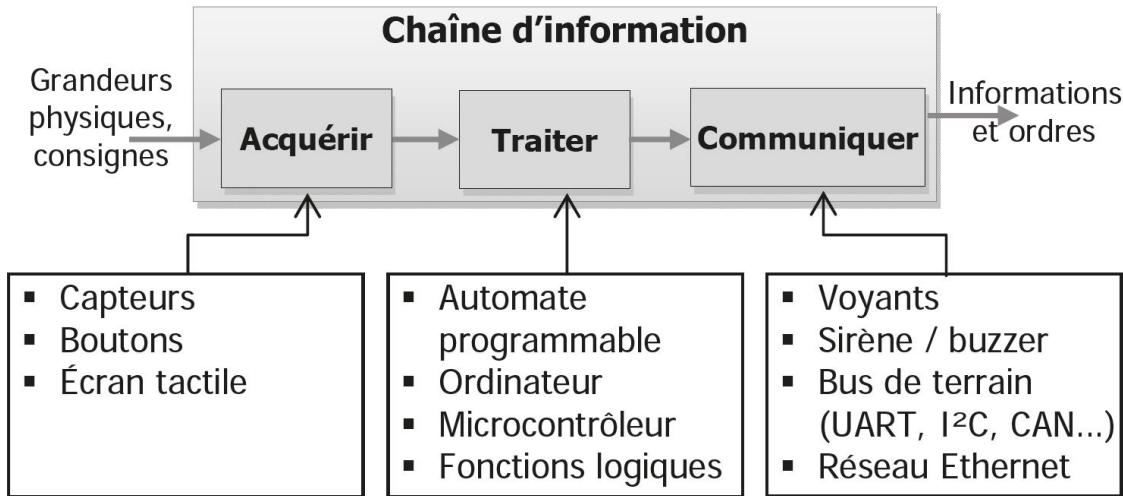


FIGURE 2.18 – Représentation d'une chaîne d'information et des éléments pouvant constituer les différents blocs.

2.5.2 Chaîne d'énergie (ou de puissance)

Ici, dans le bloc transmettre, on pourrait aussi retrouver les courroies de transmission, les engrenages ou encore les systèmes roues-vis sans fin.

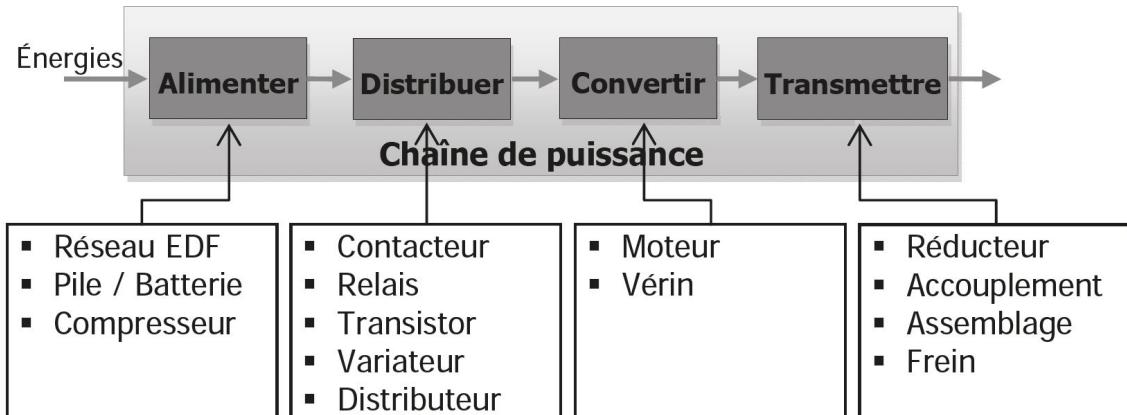


FIGURE 2.19 – Représentation d'une chaîne de puissance et des éléments pouvant constituer les différents blocs.

Exemple

Dans une centrale hydroélectrique, on peut représenter un système qui pilote l'orientation des pales d'une turbine suivant le niveau de la rivière. Si les pales ont un angle faible, le débit en sortie sera plus faible que pour un angle plus grand.

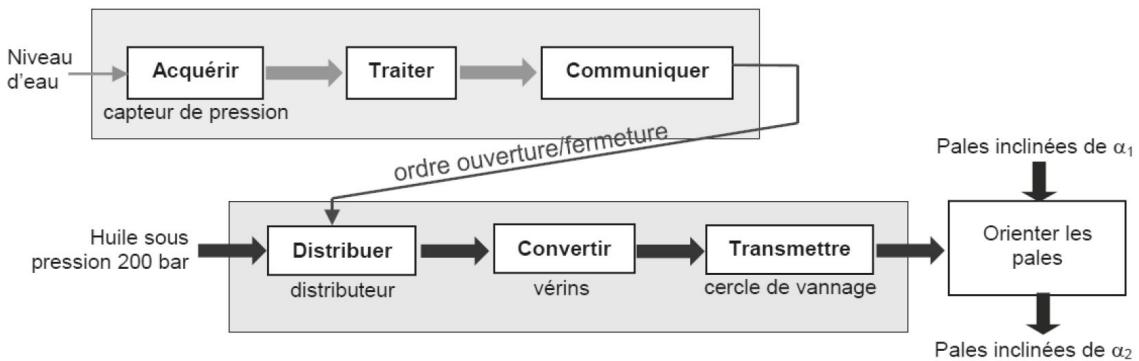


FIGURE 2.20 – Chaîne fonctionnelle du système d’orientation des pales d’une centrale hydroélectrique.

2.5.3 Exercice

À partir des documents techniques fournis, compléter les chaînes d’information et d’énergie en donnant les solutions techniques et les grandeurs « effort » et « flux » correspondant à la puissance transmise jusqu’au niveau de la chaîne d’entraînement.

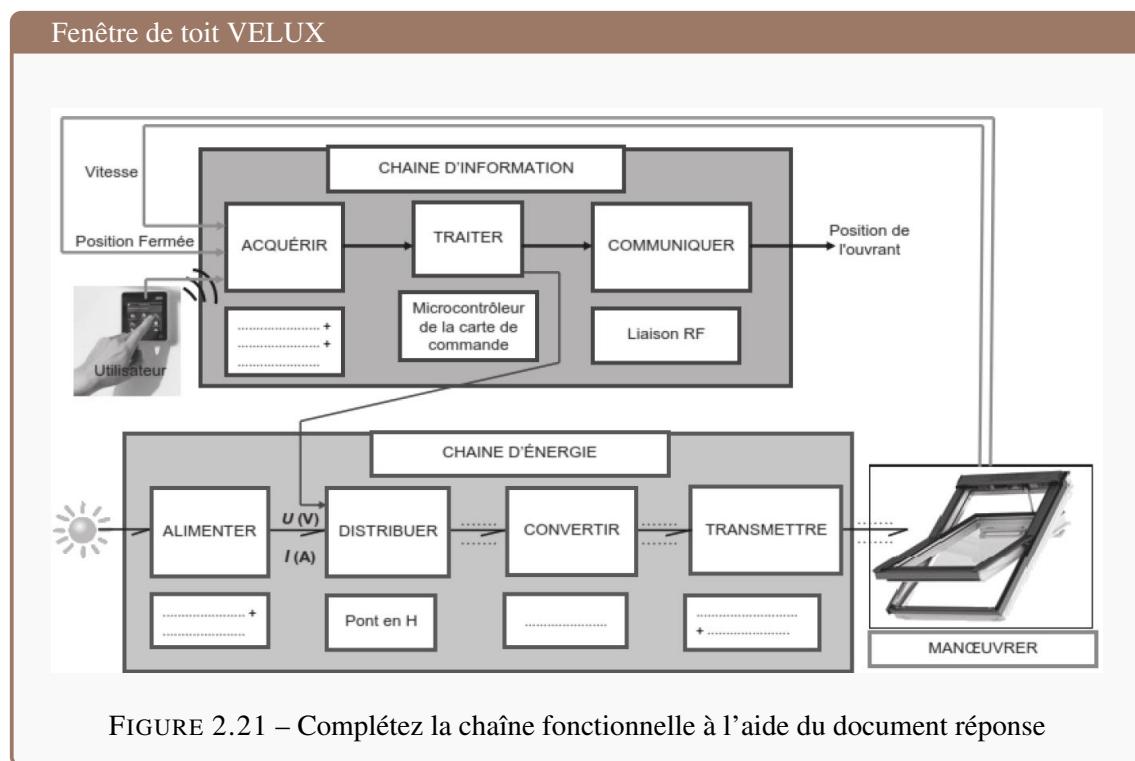


FIGURE 2.21 – Complétez la chaîne fonctionnelle à l'aide du document réponse

Document réponse

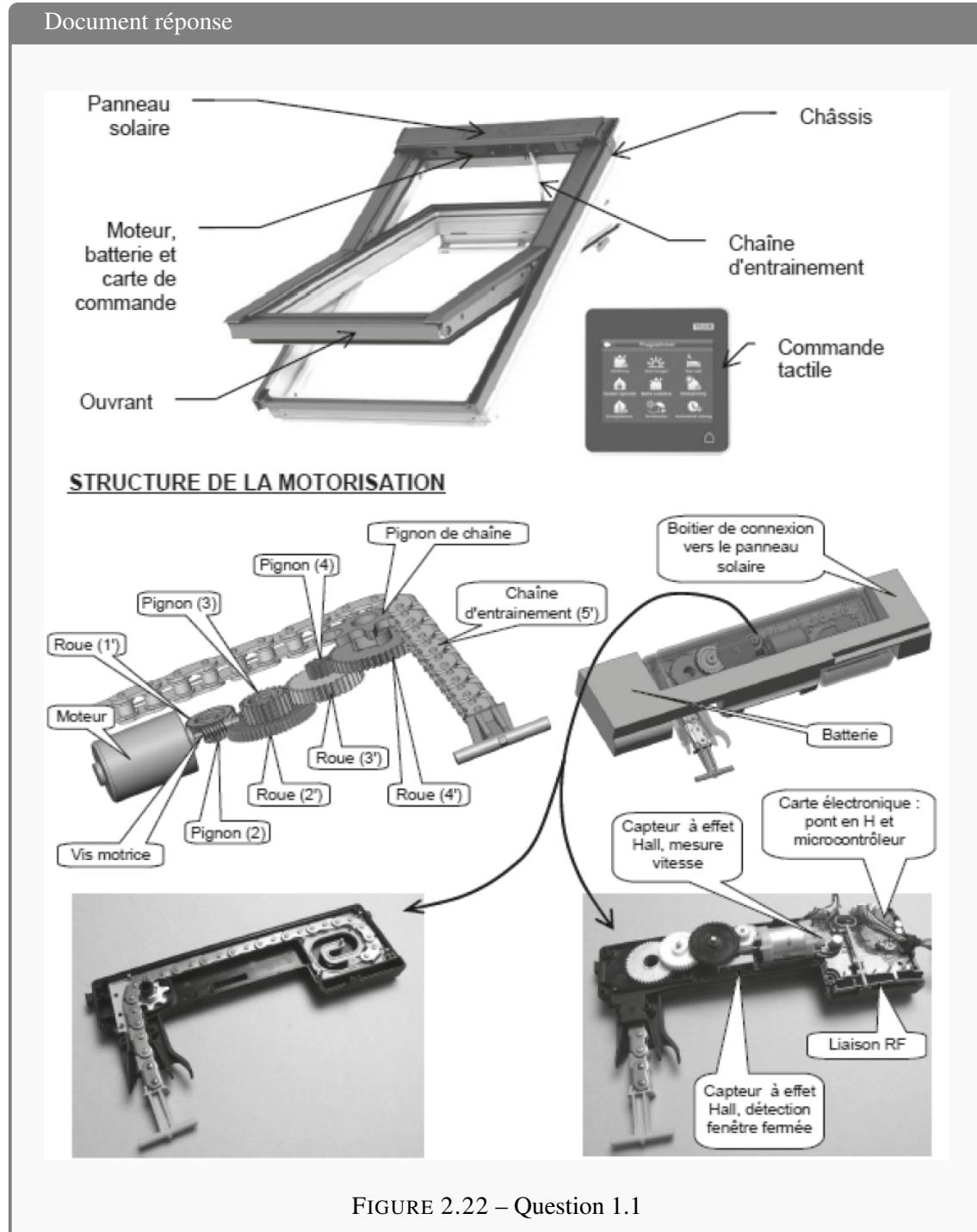


FIGURE 2.22 – Question 1.1

3. Dessine-moi une pièce

3.1 Introduction

« S'il vous plaît... dessine-moi un mouton »

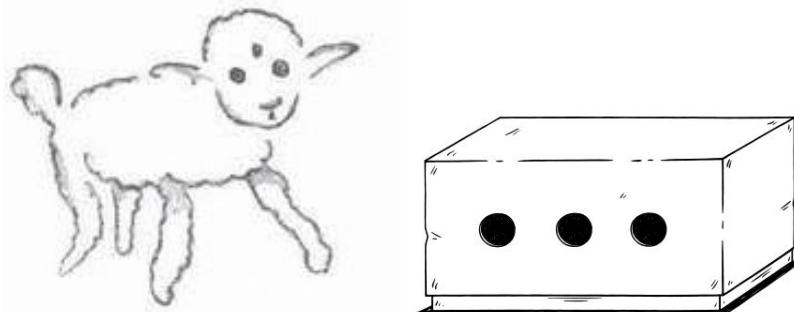


FIGURE 3.1 – Le mouton et la caisse

« Ça c'est la caisse, le mouton que tu veux est dedans »

Ce petit passage du Petit Prince¹ nous rappelle qu'il est souvent difficile de cerner exactement la volonté du "client". S'ils n'ont pas les mêmes définitions et usages de fabrications (normes), le résultat final sera impacté. Un dessin de définition est donc bien plus qu'un simple dessin. Il comprend la pièce ou le système voulu par le client, mais aussi de nombreuses informations, directes ou indirectes, décrivant des exigences qui ne peuvent être représentées par un dessin. Par exemple, comment dire à mon fabriquant, que la boîte à mouton doit avoir les trois trous parallèles ?

Il est essentiel de respecter les différentes normes pour que le fabriquant (vous) soit en mesure de fabriquer un produit qui respecte les attentes du client. Cependant, même en faisant attention, le client comme le fabriquant peuvent faire des erreurs. Le regard critique, additionné à l'expérience des deux parties doivent donc en permanence être étroite pour éviter les mauvaises surprises.

1. Le Petit Prince est une œuvre française, la plus connue d'Antoine de Saint-Exupéry. Publié en 1943, c'est une œuvre poétique et philosophique sous l'apparence d'un conte pour enfants. A lire !

3.2 Les règles du dessin

Reprenez du début, nous voulons dessiner un objet à réaliser pour qu'il soit compris de tous.tes. Le mieux serait d'avoir suffisamment d'exemple, d'images, de représentations que l'on se fait de la pièce futur et de tout montrer. Nous allons prendre l'exemple d'une roue dentée, et faire des essais jusqu'à arriver à un schéma de définition respectant les normes en vigueur et compréhensible :

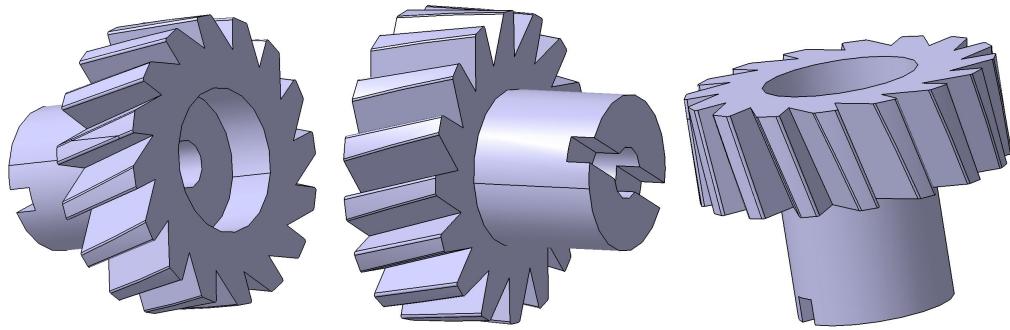


FIGURE 3.2 – Pièce que l'on souhaite réaliser. Orientation des vues prise au hasard.

Il y a un infinité d'angles de vues pour représenter un objet. Pour être compréhensives nous ne pouvons pas montrer une vue au hasard, devons réfléchir à une ou plusieurs orientations qui maximise la compréhension de l'objet. Pour cette roue dentée il faudrait se poser de bonnes questions :

- A quoi sert la pièce ?
- Qu'est ce qui est important pour fabriquer la pièce ?

La pièce sert à entraîner une autre roue dentée ? le nombre de dentures est important ? L'orientation de la rainure arrière est à prendre en compte ?

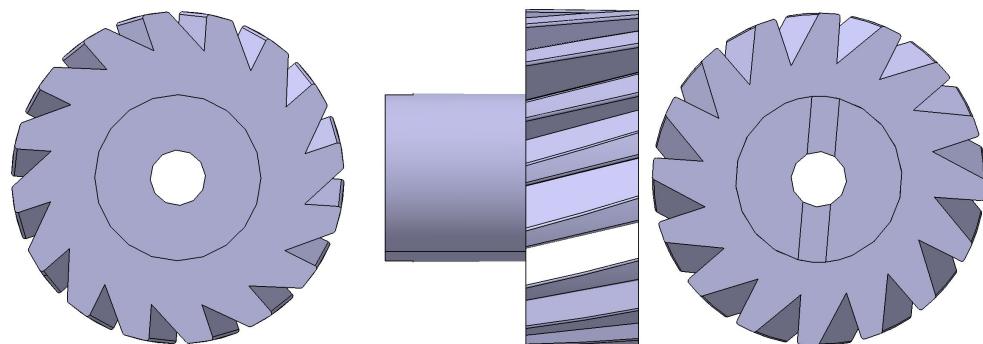


FIGURE 3.3 – Pièce que l'on souhaite réaliser. Orientation des vues réfléchis.

Le nombre de vue doit être minimal mais suffisant pour comprendre la pièce. Une fois le nombre, et l'orientation des vues est choisi, pour plus de clarté les couleurs sont enlevées.

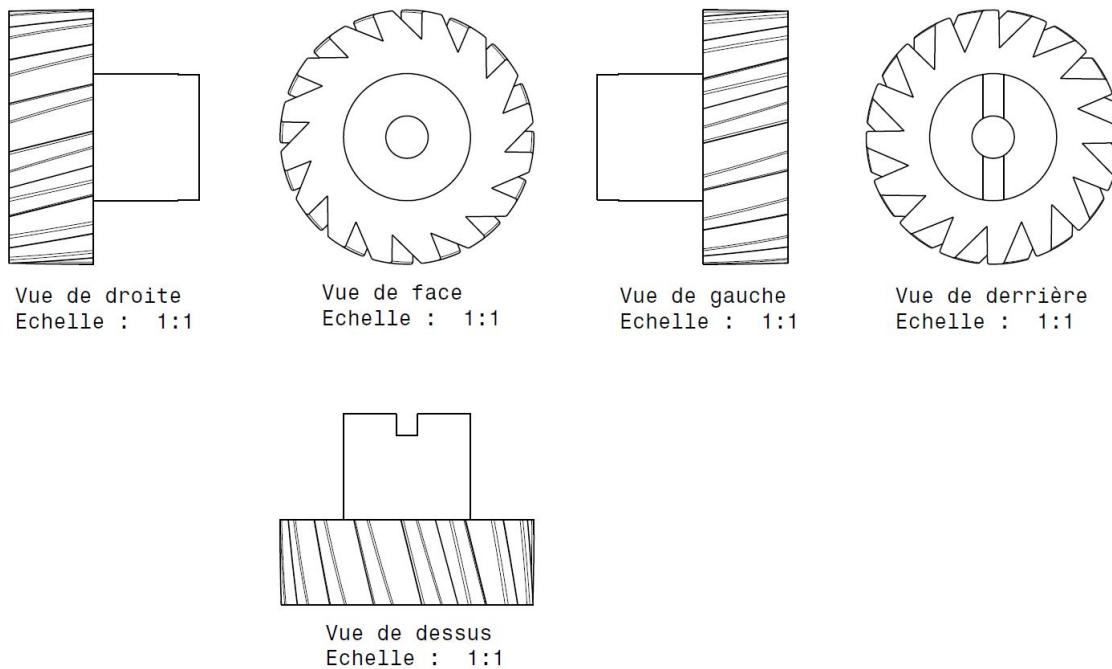


FIGURE 3.4 – Pièce que l'on souhaite réaliser (avec trop de vues)

Sur la Figure [3.4], on remarque que les vues de droite et de gauche sont symétriquement identiques. L'une des deux pourrait être enlevée. On pourrait donc mettre tout cela dans un dessin, mais il faut encore nous améliorer. Nous allons voir une pratique très commune pour *voir / traduire* (pour montrer à celui qui lira le dessin) des éléments qui pourraient être *cachés*.

Definition 3.1 — Le dessin de définition. détermine entièrement et sans ambiguïté les exigences fonctionnelles que doit satisfaire le produit dans l'état de finition prescrit. Un dessin de définition est un contrat entre le concepteur et le fabriquant. Toutes les pièces produites doivent être conformes au dessin de définition.

3.3 Les coupes

Sur cette roue, la coupe peut être intéressante pour les perçages intérieurs ou la rainure par exemple. Comme c'est une pièce de révolution², toutes les coupes qui passent par le centre de l'axe de la roue sont *équivalentes*, mais il arrive souvent que la pièce ait une partie en révolution (symétrique) et une partie non symétrique. Ici la pièce est *globalement* de révolution, mais la rainure à l'arrière n'a plus les mêmes symétries que l'axe de la roue.

2. Solide engendré par la rotation complète d'une figure plane autour d'une droite appelée l'axe de révolution. Par exemple, Si vous faites tourner un rectangle autour de l'un de ses côtés, cela engendre un cylindre de révolution, appelé aussi un cylindre droit à base discoïdale.

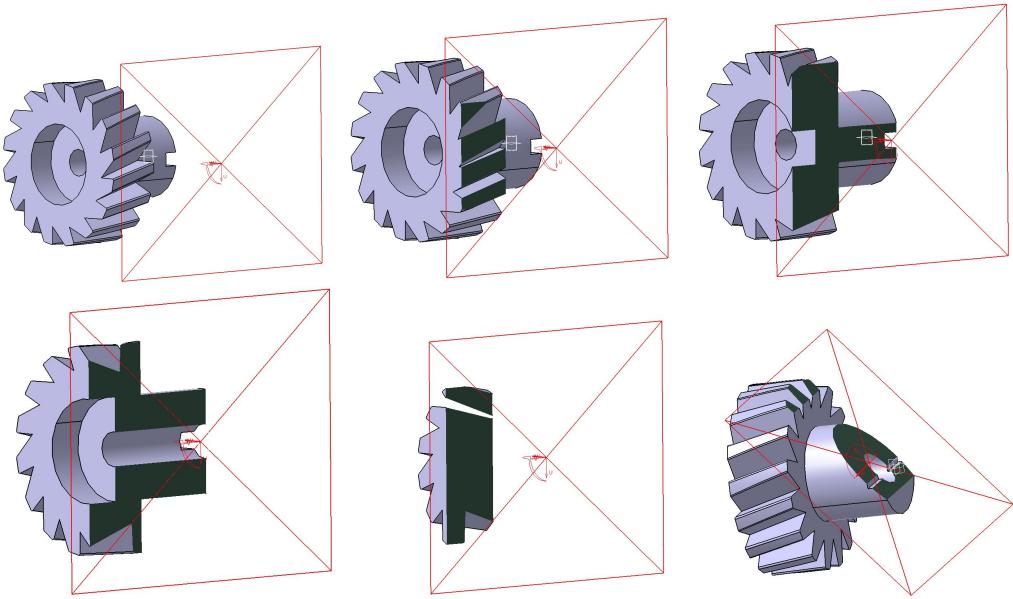


FIGURE 3.5 – Pièce progressivement "coupée" par un plan. La dernière pièce est coupée avec un plan dont l'orientation est différentes.

Pour indiquer les côtes d'une pièce, dessiner la pièce en vue de coupe peut offrir une meilleure compréhension. Pour le tournage, le plan de coupe est généralement placé sur l'axe de révolution de la pièce. C'est vous qui décidez d'ajouter des vues en coupes sur vos dessins mais attention à ne pas en ajouter sans justification.

A retenir 3.1 — Comment indiquer les vues en coupes : Sur la figure [3.6], trois vues de coupes sont placées (E, D, C et F). Pour ajouter une vue en coupe vous devez :

- Sur la vue principale (vue de face) : Indiquer par une lettre le nom de la coupe, dessiner le plan de coupe en trait mixte (trait long + trait court), indiquer par des flèches de côté d'où on regarde la pièce coupée ;
- Sur les vues de coupe : indiquer le nom de la coupe, indiquer par des hachures la section coupée.

Le positionnement de la vue de coupe doit être obligatoirement lié avec le plan de coupe. Pour les trois premiers plans de coupe (E, D et C) la vue en coupe est positionnée dans le même sens que les flèches (E, D et C). Remarquez que les deux flèches bleu (F) indiquent la position de la vue en coupe F-F

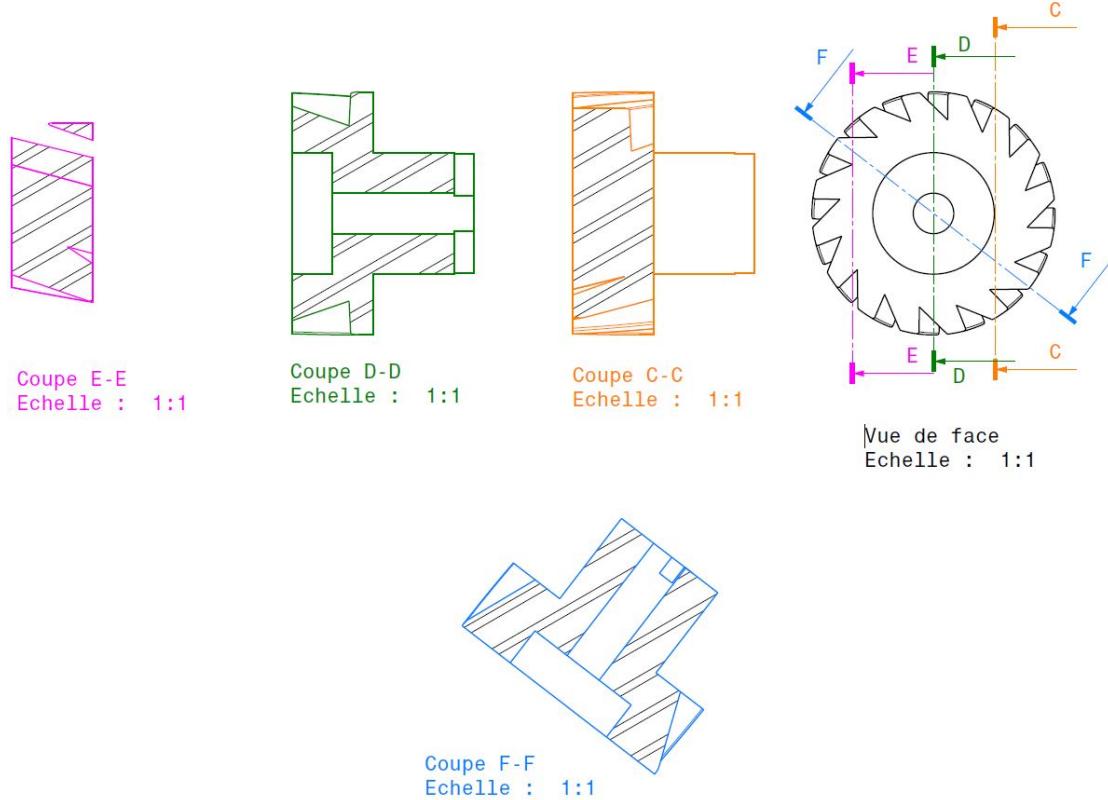


FIGURE 3.6 – Mise en plan des vues en coupe. La coupe F à une rotation de 35° par rapport aux autres coupes.

Vous remarquez que *ce qui est coupé* dispose de **hachures**. Ceci pour indiquer que le plan de coupe passe dans la matière et quel est le type de matériau.

Pour le BTS CPRP, il vous faut reconnaître deux types de hachures : les *alliages légers* et les *tous matériaux et alliages*. Le type de hachures *cuivre* peut aussi être utile mais souvent moins présent.

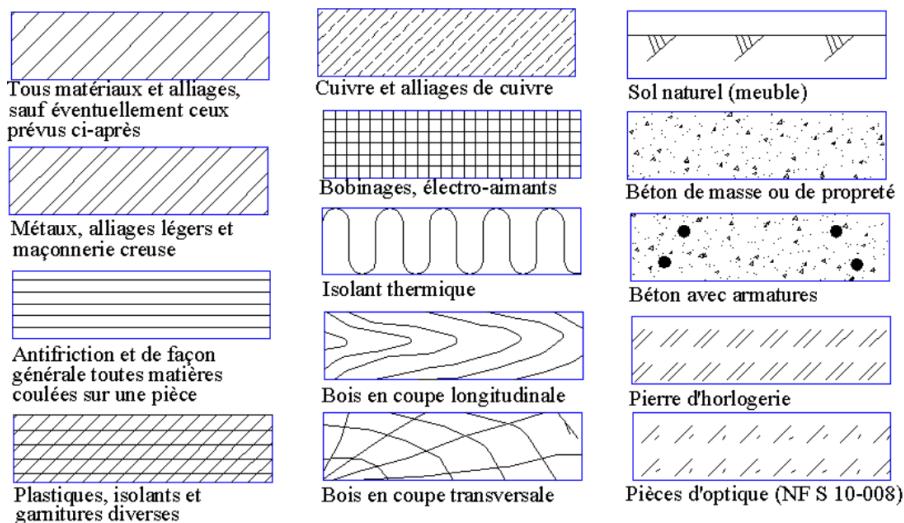


FIGURE 3.7 – Représentation des hachures pour différents matériaux.

Vous voyez sur la figure [3.6] que les plans de coupes E, C et F ne sont pas d'une grande utilité pour la compréhension. Quand un dessin de définition est réalisé, on se demande si une

vue en coupe est nécessaire, si c'est le cas, il faudra veiller à un positionnement utile. La figure [3.8] représente une pièce avec des vues en coupe proposée aléatoirement et des vues en coupes positionner sur l'axe de révolution de la pièce.

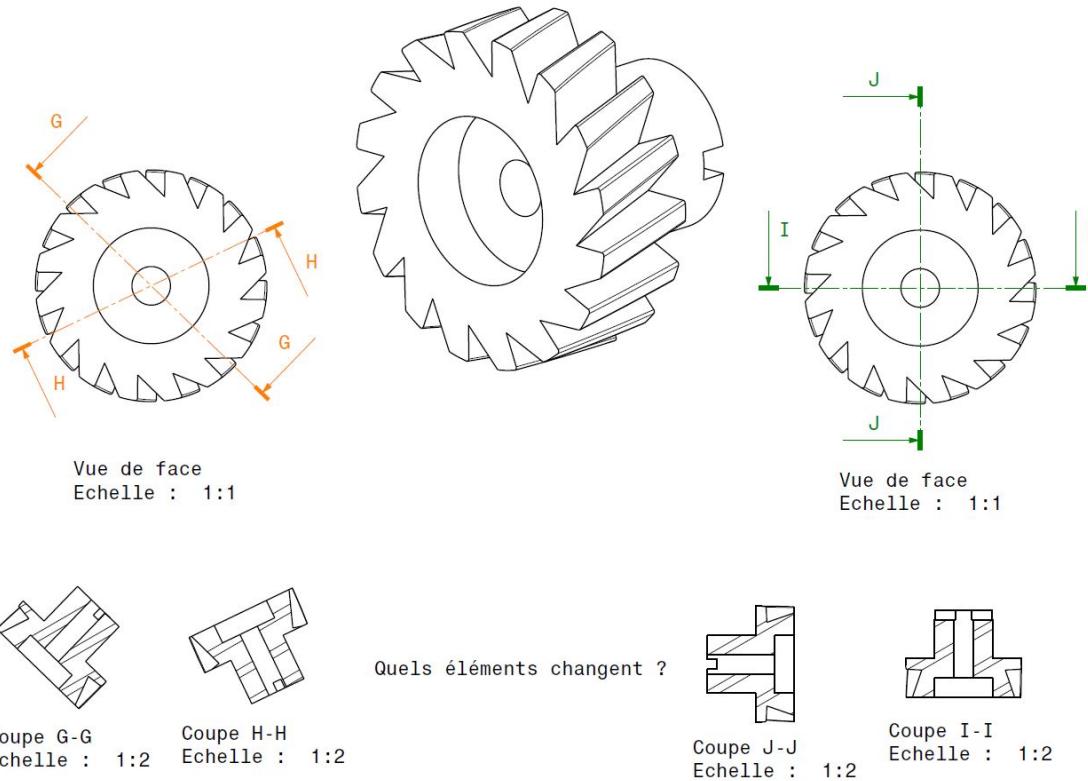


FIGURE 3.8 – Pièce coupée. A gauche : plans de coupes orienté aléatoirement (coupes G et H). A droite : plans de coupes orienté parallèlement (coupe I) et perpendiculairement (coupe J) à la rainure.

Entrainement

Question 1 : Sur la vue isométrique, dessiner les 4 plans de coupes. A gauche, quelle est la difficulté ?

Question 2 : Entourer les parties qui changent selon l'orientation du plan de coupe.

3.4 Cartouche et positionnement des vues

Nous allons voir comment placer les vues sur le dessin, ici encore nous devrons respecter une norme. On peut utiliser deux conventions pour placer les vues en correspondance, toutes deux ayant la vue de face comme référence :

- Definition 3.2 — Convention des vues en correspondance .**
- la convention européenne (ou projection européenne) : la vue de dessus est placée sous la vue de face, la vue de droite, à gauche de la vue de face... Ce qui revient, entre deux vues, à faire « rouler » la pièce au-dessus du plan sur lequel elle est censée être posée ;
 - la convention américaine (ou projection américaine) : on place la vue de dessus au-dessus de la vue de face, la vue de gauche à sa gauche... Ce qui revient à faire rouler la pièce en dessous du plan.

L'une des deux représentations doit être choisi (nous travaillerons presque exclusivement avec la convention européenne) et indiquée sur le dessin de définition en représentant un cône avec l'inscription FR ou US (voir figure [3.9]).

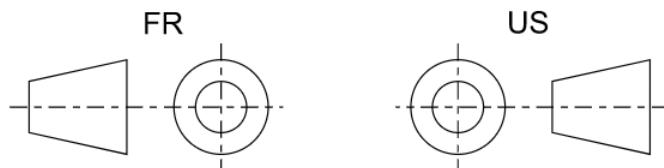


FIGURE 3.9 – Conventions de placement européenne et américaine indispensables dans le cartouche

3.4.1 Position des vues

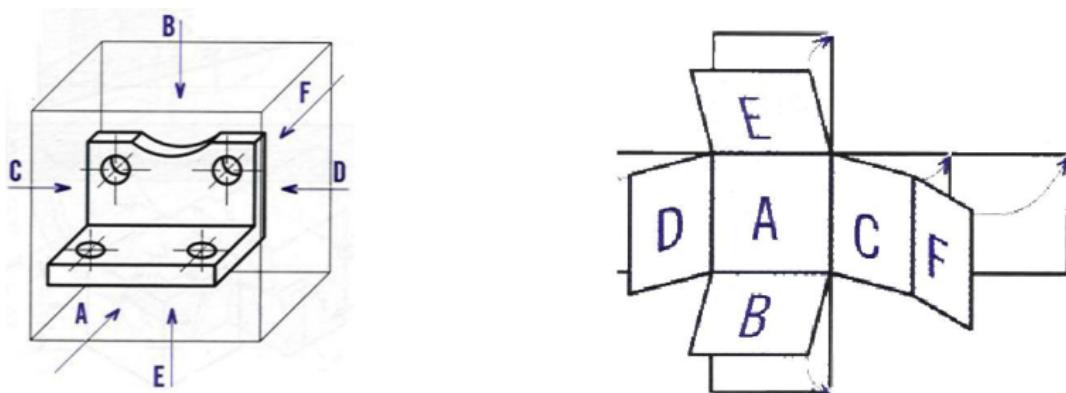


FIGURE 3.10 – A : vue de Face - B : vue de dessus - C : vue de Gauche - D : vue de Droite - E : vue de dessous - F : vue de derrière (car on fait tourner la vue C)

3.4.2 Cartouche

Les dessins de définition que vous verrez seront généralement sur une feuille A4, mais il arrive souvent qu'une pièce doive se dessiner sur des formats plus grands (A3, A2 ... A0) sur lesquels plus de détail seront visible.

Definition 3.3 Cartouche

Le cartouche est la carte d'identité du dessin. Il rassemble les renseignements essentiels du dessin : Échelle principale, titre, symbole ISO de disposition des vues, le format, éléments d'identification indispensables (numéro de référence du document, nom du dessinateur, date, etc.)

Il existe de nombreux modèles de cartouches. La plupart des entreprises et des écoles ont un cartouche personnalisé.

Beaucoup de dessin de définition que vous croiserez seront proche de celui figure [3.11] contenant trois vues, leurs côtes, des indications générales et le cartouche.

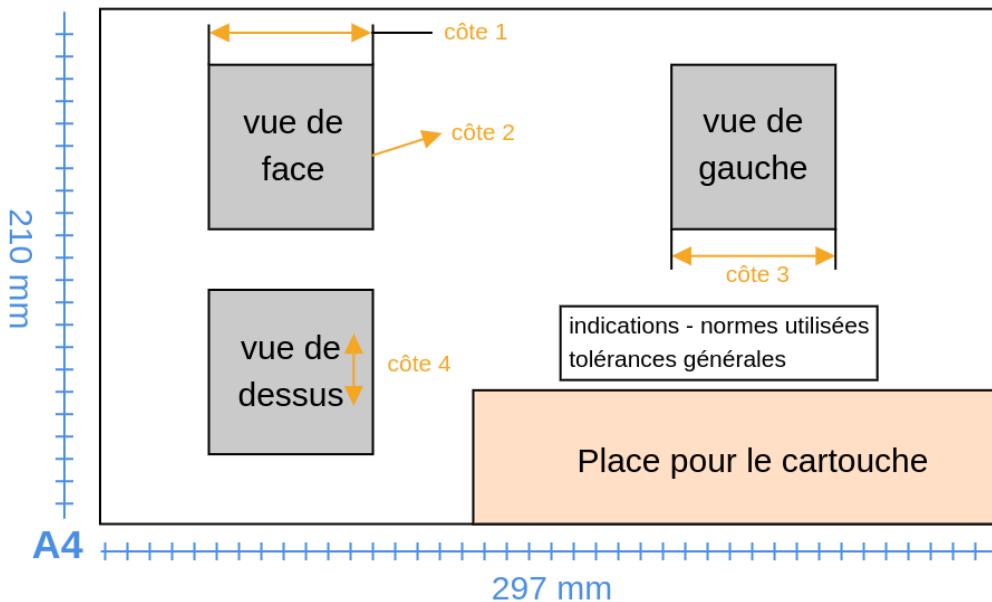


FIGURE 3.11 – Principe du dessin de définition

Finalement, à l'aide de la figure [3.11], on peut mettre notre roue dentée pour avoir un vrai dessin de définition qui respecte les normes en vigueur. Le document sera compris au moins par toute l'industrie Européenne.

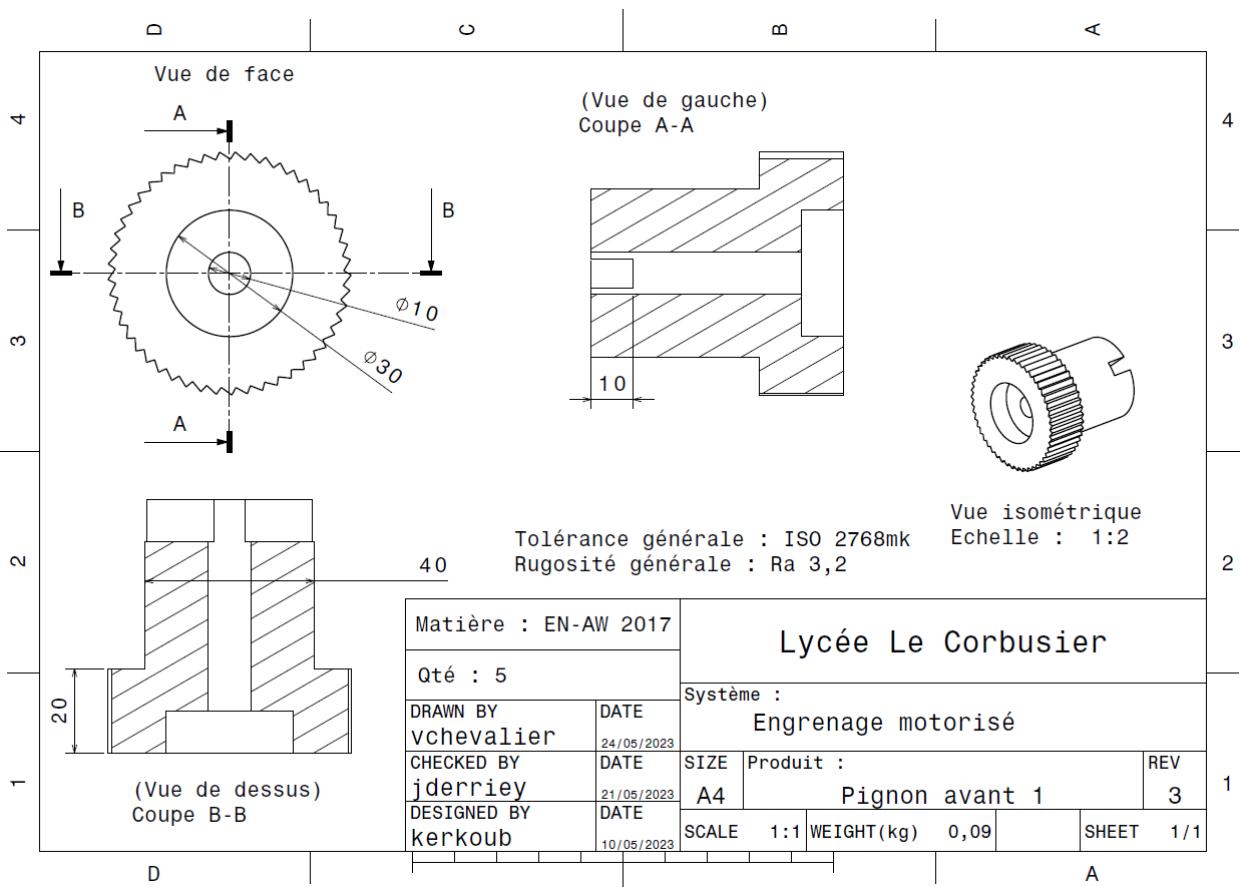


FIGURE 3.12 – Dessin de définition d'une pièce



Notez qu'en générale, la langue utilisée en Europe sera l'anglais et il est préférable de l'utiliser pour les dessins de définition en industrie.

Entrainement

Question 1 : D'après vous, quelles sont les côtes manquantes pour fabriquer la pièce ?

Question 2 : Pourquoi met-on la norme ISO 2768mk ?

Question 3 : A quoi sert la vue en coupe A-A ? et B-B ?

Une fois les pièces fabriquées, on contrôle 3 pièces au hasard et on se penche sur la côte Ø30. On trouve respectivement les côtes suivantes :

Contrôle de la pièce 1 : Ø29,79

Contrôle de la pièce 2 : Ø30,21

Contrôle de la pièce 3 : Ø29,83

Question 4 : Quelle(s) pièce(s) doit-on refuser de garder ?

Question 5 : D'ailleurs, avec quel outil contrôle-t-on la côte de Ø30 ?

3.5 Les perspectives

Les perspectives ne sont pas des vues normées, mais peuvent être représentées sur le dessin de définition si elles aident à une meilleure compréhension de la pièce. Si la place le permet, une vue *non normée* en perspective peut être placée sur la dessin de définition.

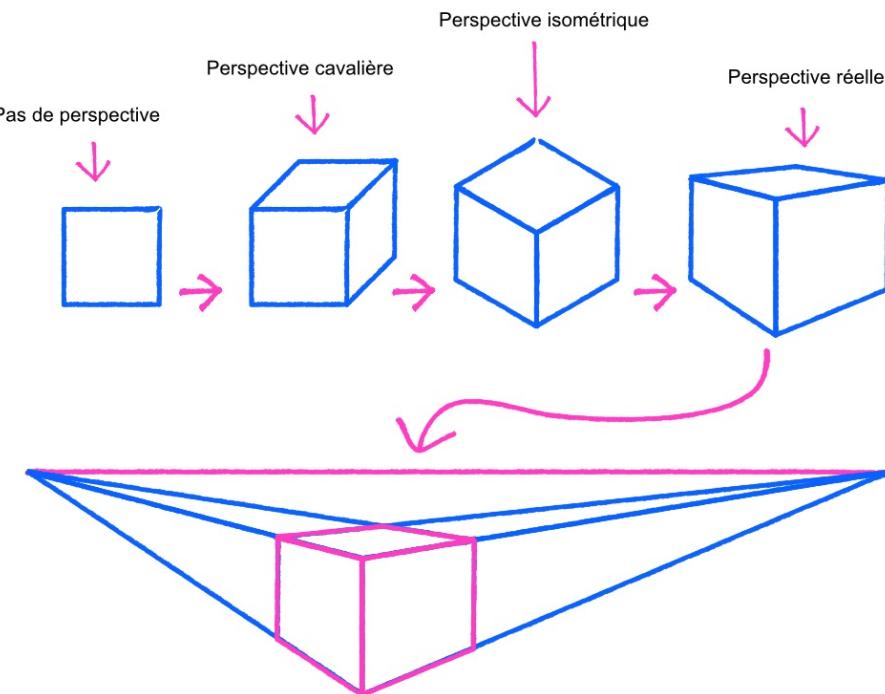


FIGURE 3.13 – Schéma représentant les différentes perspectives usuelles. De gauche à droite, elle représentent de plus en plus la réalité.

3.5.1 Cavalière

Facile et rapide à construire, mais elle "déforme" la pièce, c'est à dire quelle ne rend pas compte de la réalité mais peut aider à la compréhension. On représente en **volume** (trois dimensions) un élément sur un support en deux dimensions. Elle ne comporte pas de point de fuite : la taille des objets ne diminue pas lorsqu'ils s'éloignent.



FIGURE 3.14 – Vue cavalière de la chartreuse de Sélignac, huile sur toile du peintre Raquelli (1784), musée de la Grande Chartreuse.

Sur la Figure [3.14] la perspective cavalière aide à la compréhension, mais on comprend qu'elle ne représente pas la réalité. Le château est "déformé".

3.5.2 Isométrique

La perspective isométrique est une méthode de représentation en perspective dans laquelle les **trois directions** de l'espace sont représentées avec la **même importance**, d'où le terme.

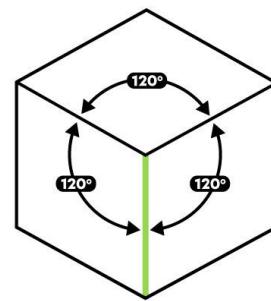


FIGURE 3.15 – Jeux vidéo représenté par isométrie à gauche. Vue isométrique d'un cube.

Les trois axes représentant la hauteur, la largeur et la profondeur de l'objet forment des angles de 120° entre eux. Ces styles de perspective sont utilisés dans l'industrie ainsi pour les jeux vidéos, on peut citer les plus connus Les Sims et Sims City (ou encore Zaxxon, Marble Madness, Monument Valley, Crafton, Xunk, etc.).



4. Spécification géométrique des produits

Savoirs & compétences 4.1 — GPS. S6.2.3 – Relation métrologie et tolérancement normalisé

S6.1 – Spécification des produits

C6.1 - Décoder un dossier de conception et les spécifications du cahier des charges

C10.7 Déterminer des spécifications de réalisation

Le cours sur la **spécification géométrique des produits** commence par une présentation simple sur l'utilité de ce concept. Pour le début d'année votre but sera savoir identifier ce qu'on appellera souvent les *spécifs GPS* sur les dessins de définitions : Savoir les nommer et justifier leur présence pour des cas simples. Les questions sur la justification de spécifications géométriques reviennent souvent à l'examen du BTS CPRP.

4.1 Introduction

Les entreprises qui veulent développer des systèmes commandent les pièces dont ils ont besoin aux ateliers d'usinage. Le dessin de définition nous permet de définir des longueurs et des angles, **toujours** avec une tolérance associée¹. Cependant pour quelqu'un qui imagine une pièce à fabriquer, il est parfois difficile de représenter *le besoin* seulement avec des longueurs et des angles.

Entrainement

Question 1 : Comment indiquer à un camarade de classe que vous voulez une pièce qui à deux surfaces parallèles ?

Question 2 : Comment avoir la preuve que deux surfaces sont effectivement parallèles ?

¹. Rappelez-vous, il ne peut jamais y avoir de côtes sans tolérances. Si elle n'est pas directement indiquée, c'est qu'il y a une norme générale qui indique la dispersion acceptée pour que la pièce soit considérée comme bonne.

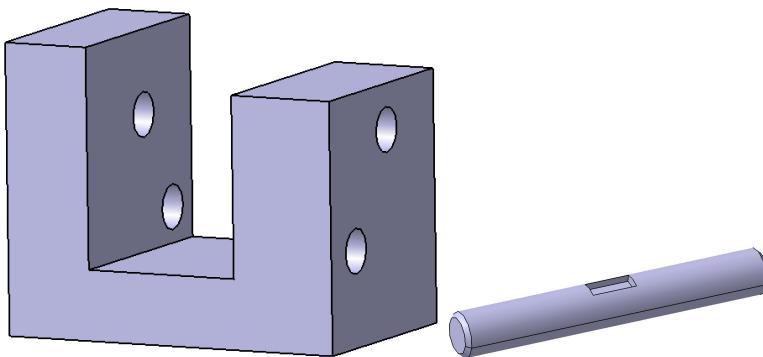


FIGURE 4.1 – Pièces à réaliser. A gauche : On souhaite que les deux perçages du haut soient *coaxiaux*. A droite : L’arbre doit s’insérer dans les perçages.

Sur la figure [4.1] les perçages face à face doivent accueillir un arbre. Si l’une des deux pièces est mauvaise, le système ne fonctionnera pas. En général, soit :

- le système n’est fabriqué qu’avec une tolérance très grossière : Les perçages sont bien plus grand que l’arbre et le tout ne pose pas de problème de fabrication ;
- le système nécessite une tolérance très fine : L’arbre et les perçages sont presque du même diamètre ce qui pose une réflexion sur la réalisation. Aussi, plus les perçages sont éloignés, plus l’usinage de la pièce doit être précise.

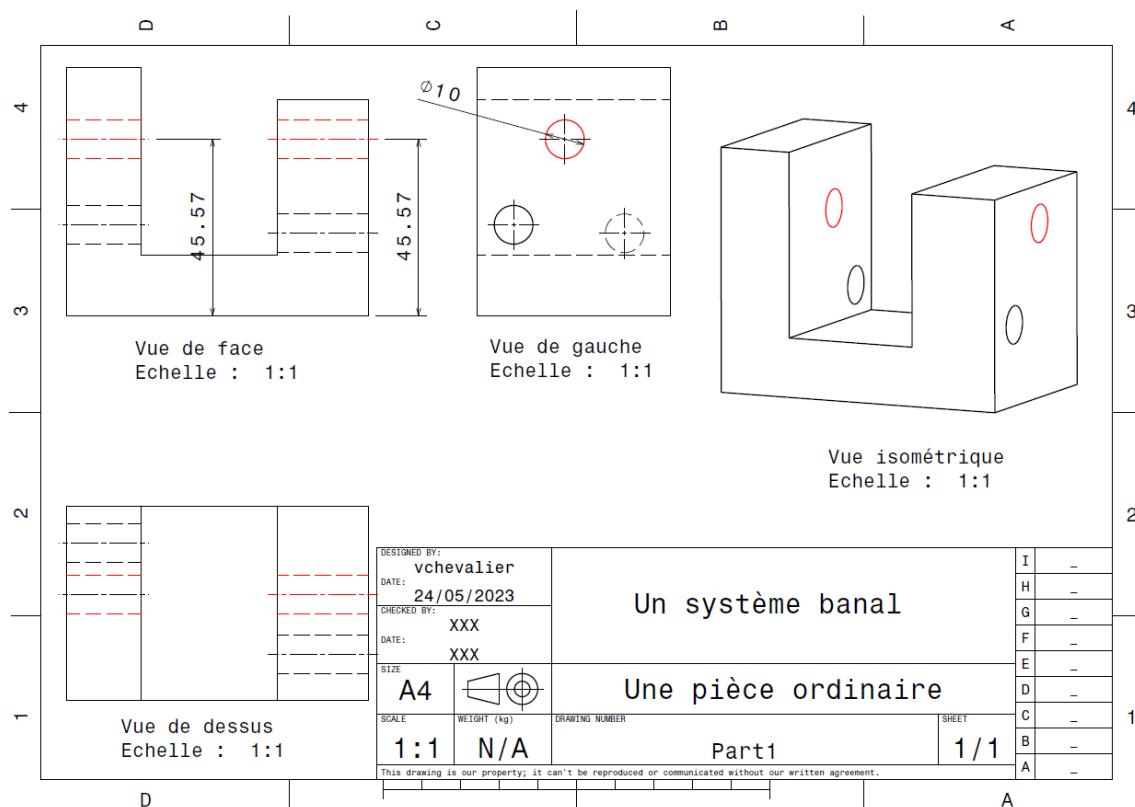


FIGURE 4.2 – Pièce à réaliser. On souhaite trouver un moyen de traduire notre besoin : Les perçages en rouge doivent être *coaxiaux* pour que l’arbre passe à l’intérieur.

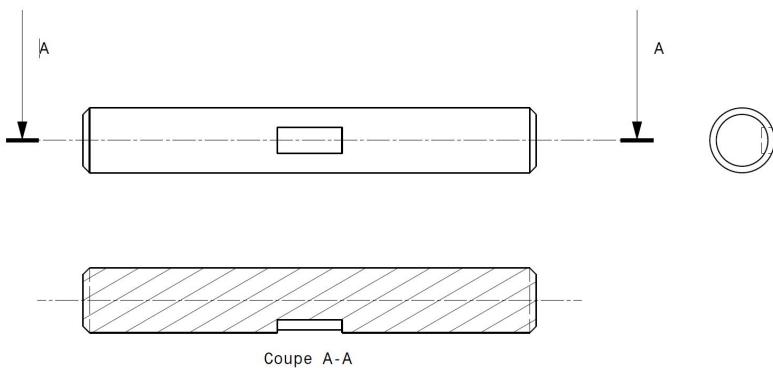


FIGURE 4.3 – Arbre passant dans les deux perçages

En fait, il existe plein de façon d'exprimer ce qu'on à besoin de réaliser, encore une fois, on utilise des normes pour représenter nos besoins. Par exemple, pour traduire le fait qu'on veut faire passer une arbre dans nos deux perçages, il y a une **spécification géométrique** de type **tolérance de position** qui s'appelle **coaxialité**.

4.2 Généralités et définitions

Definition 4.1 — Spécification géométrique. La spécification géométrique des produits, symbolisée GPS, consiste à définir, au travers d'un **dessin de définition**, la forme (géométrie), les dimensions et les caractéristiques de surfaces d'une pièce qui en assurent un fonctionnement optimal, ainsi que la **dispersion** (ou écarts tolérés) autour de cet optimal pour laquelle la fonction **reste** satisfaite.

[ISO 14638 :2015 - Spécification géométrique des produits (GPS) Schéma directeur.]

A retenir 4.1 — Intérêt des spécifications GPS :

- Assurer la montabilité des pièces ;
- Interchangeabilité et fabrication indépendante des pièces ;
- Bon fonctionnement et durée de vie ;
- **Donner les tolérances les plus larges possibles.**

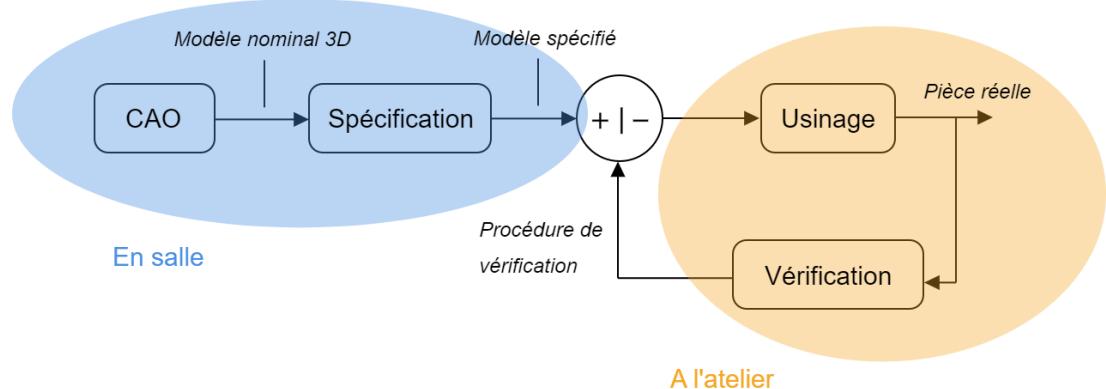


FIGURE 4.4 – Démarches associées au concept GPS

Dès l'instant où nous concevons une nouvelle pièce, nous nous posons la questions de la faisabilité. Quelle niveau de tolérance avons-nous besoin ? Est-ce possible à fabriquer ? Quels

moyens de mesure doit-on avoir pour vérifier si la pièce sera bonne ? Si une pièce est fabriquée mais que nous avons pas de moyen de mesurer une tolérance aussi fine que prévu par le concepteur, nous ne pourrons pas trancher pour savoir si la pièce est à prendre ou à laisser.

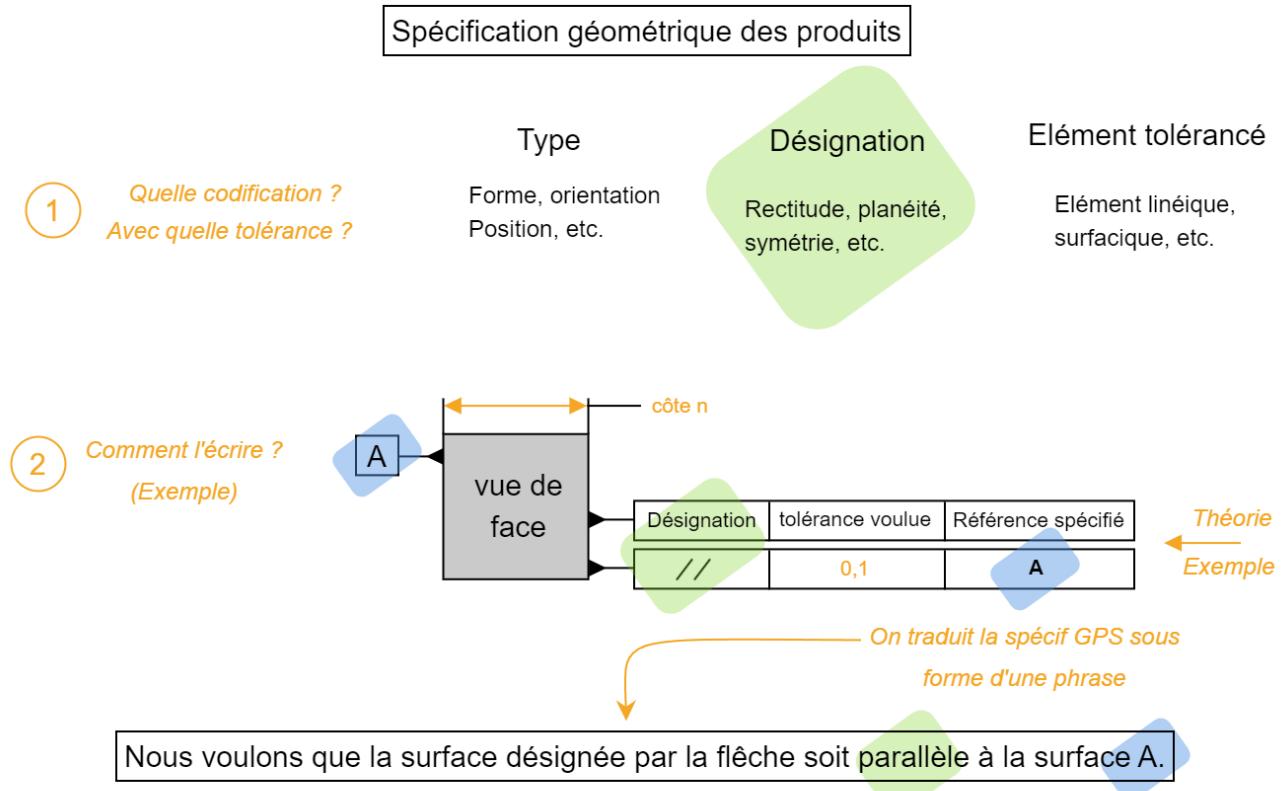


FIGURE 4.5 – Méthode pour l’inscription des cotations GPS

A la fin de la séquence, vous devrez être capable de repérer les différentes spécif GPS, de les nommer, puis de faire une phrase pour traduire la codification du dessin de définition.

A retenir 4.2 Quand on côte une pièce, ou qu’on indique une spécification géométrique, il y a souvent deux cas, on peut soit signifier :

- Cette surface doit être placée à XXX d’une autre surface ;
- Cette surface doit être droite.

Dans le premier cas, on parle de quelque chose par rapport à une autre. Dans le deuxième, c’est juste la surface qui doit être droite. Il y a pas besoin d’expliquer par rapport à quoi. On les appelle **intrinsèques** et elle correspondent aux spécifications de type **Forme**.

4.3 Spécification géométrique de forme

Dans le tableau suivant, les spéci GPS dépendent d’elles même. Par exemple, une cylindricité doit être "cylindrique" mais n'a pas besoin d'un autre éléments pour que l'on comprenne. La tolérance est seulement à quel point le cylindre est bien circulaire !

Types	Désignation	Elément tolérancé	Caractéristiques de la zone de tolérance	
			de situation	intrinsèques (écart tolérancé)
Forme	Rectitude	élément linéique nominalement rectiligne	aucune	ø d'un cylindre distance entre 2 droites ou 2 plans
	Circularité	élément linéique nominalement circulaire	aucune	distance entre 2 cercles
	Forme d'une ligne quelconque	élément linéique	aucune	concentriques
	Planeité	élément surfacique nominalement plan	aucune	distance entre 2 lignes
	Cylindricité	élément surfacique nominalement cylindrique	aucune	distance entre 2 plans parallèles
	Forme d'une surface quelconque	élément surfacique	aucune	dist. entre 2 cylindres coaxiaux
				distance entre 2 surfaces

FIGURE 4.6 – Spécification géométrique de type **Forme**

Si on reprend la Figure [4.5] et ces spécifications géométrique de forme : il n'y aura pas de référence spécifié à l'intérieur du cadre. On aura donc seulement la désignation, et la tolérance voulue.

4.4 Spécification géométrique qui peuvent dépendre d'autres éléments

4.4.1 Spécification de position

Position	Symétrie	éléments ponctuels, linéiq. nom. rectilignes, surfaciq. nom. plans	angles distances	dist. entre 2 dr. ou 2 plans	avec <u>une</u> référence spécifiée	
	Concentricité	éléments ponctuels	distance	ø d'un cercle		
	Coaxialité	éléments linéaires nominalement rectilignes	distance	ø d'un cylindre	<u>ø d'un cercle ou d'un cylindre</u> dist. entre 2 droites ou 2 plans	
	Localisation	éléments ponctuels, linéiques, surfaciques	angles distances			
	Position d'une ligne quelconq.	éléments linéaires	avec <u>une</u> référence spécifiée ou un <u>système</u> de références spécifiées			
	Position d'une surface quelconque	éléments surfaciques				

FIGURE 4.7 – Spécification géométrique de type **Position**

4.4.2 Spécification d'orientation

Orientation				
	Parallélisme	éléments linéaires nominalement rectilignes	angles	\varnothing d'un cylindre dist. entre 2 droites ou 2 plans
	Perpendicularité	éléments surfaciques nominalement plans		avec <u>une</u> référence spécifiée
	Inclinaison			
	Orientation d'une ligne quelconque	éléments linéaires	angles	distance entre 2 lignes ou 2 surfaces
	Orientation d'une surface quelconque	éléments surfaciques		avec <u>une</u> référence ou un système de référence spécifié

FIGURE 4.8 – Spécification géométrique de type **Orientation**

4.4.3 Spécification de battement

Battement				
	Battement circulaire	éléments linéaires appartenant nominal. à un plan, cylindre, cône.	angles distances	distance entre 2 lignes distance entre 2 surfaces
	Battement total	élément surfaciq. nom. plans, cyl., coniques		avec <u>une</u> référence spécifiée ou un système de références spécifiées

FIGURE 4.9 – Spécification géométrique de type **Battement**

4.5 ANNEXE

TOLERANCES GENERALES ISO 2768-1

La norme ISO 2768-1 vise à simplifier les dessins techniques et spécifie les tolérances générales pour les dimensions linéaires et angulaires sans indication de tolérances selon 4 classes de tolérance.

Ecarts admissibles pour dimensions linéaires à l'exception des dimensions d'arêtes abattues

Classe de tolérance		Ecarts admissibles pour des plages de dimensions nominales					
Désignation	Description	de 0.5 à 3	>3 à 6	>6 à 30	>30 à 120	>120 à 400	>400 à 1000
f	Fine	+/-0.05	+/-0.05	+/-0.1	+/-0.15	+/-0.2	+/-0.3
m	Moyenne	+/-0.1	+/-0.1	+/-0.2	+/-0.3	+/-0.5	+/-0.8
c	Grossière	+/-0.2	+/-0.3	+/-0.5	+/-0.8	+/-1.2	+/-2
v	Très Grossière	-	+/-0.5	+/-1	+/-1.5	+/-2.5	+/-4

Ecarts admissibles pour dimensions linéaires d'arêtes abattues

Classe de tolérance		Ecarts admissibles pour des plages de dimensions nominales		
Désignation	Description	de 0.5 à 3	>3 à 6	>6
f	Fine	+/-0.2	+/-0.5	+/-1
m	Moyenne			
c	Grossière	+/-0.4	+/-1	+/-2
v	Très Grossière			

Ecarts admissibles pour dimensions angulaires

Classe de tolérance		Ecarts admissibles pour des plages de longueurs en mm du coté le plus court de l'angle considéré				
Désignation	Description	jusqu'à 10	>10 à 50	>50 à 120	>120 à 400	>400
f	Fine	+/-1°	+/-0°30'	+/-0°20'	+/-0°10'	+/-0°05'
m	Moyenne					
c	Grossière	+/-1°30	+/-1°	+/-0°30'	+/-0°15'	+/-0°10'
v	Très Grossière	+/-3°	+/-2°	+/-1°	+/-0°30'	+/-0°20'

TOLERANCES GENERALES ISO 2768-2

La norme ISO 2768-2 vise à simplifier les indications devant figurer sur les dessins techniques et prescrit les **tolérances géométriques générales** applicables aux éléments du dessin qui ne font pas l'objet d'un tolérancement individuel selon 3 classes de tolérance.

Tolérances générales de rectitude et de planéité

Classe de tolérance		Tolérance de rectitude et de planéité pour des plages de longueurs nominales					
Désigna.	Description	Jusqu'à 10	>10 à 30	>30 à 100	>100 à 300	>300 à 1000	>1000 à 3000
H	Fine	0.02	0.06	0.1	0.2	0.3	0.4
K	Moyenne	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8
L	Grossière	0.1	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6

Tolérances générales de symétrie

Classe de tolérance		Tolérance de symétrie pour des plages de longueurs nominales			
Désignation	Description	Jusqu'à 100	>100 à 300	>300 à 1000	>1000 à 3000
H	Fine			0.5	
K	Moyenne		0.6	0.8	1
L	Grossière	0.6	1	1.5	2

Tolérances générales de perpendicularité

Classe de tolérance		Tolérance de perpendicularité pour des plages de longueurs nominales des cotés les plus courts				
Désignation	Description	Jusqu'à 100	>100 à 300	>300 à 1000	>1000 à 3000	
H	Fine	0.2	0.3	0.4	0.5	
K	Moyenne	0.4	0.6	0.8	1	
L	Grossière	0.6	1	1.5	2	

Tolérances générales de battement circulaire

Classe de tolérance (Radial ou axial)	Tolérance de battement circulaire
H	0.1
K	0.2
L	0.5

Exemple d'indication : ISO 2768-mK-(E) si exigence de l'enveloppe

Sauf indication contraire, les pièces excédant la tolérance géométrique générale ne doivent pas être automatiquement rebutées sous réserve que l'**aptitude à la fonction ne soit pas altérée**.



Index

Axe X	8
Axe Y	8
Axe Z	8
Axes	7

C

Cahier des charges	15
Cartouche	37
Coupes (vues)	34

D

Dessin de définition	33
----------------------------	----

E

Entraînement	39, 41
Exercice : Bête à corne	23
Exercice : Fenêtre de toit VELUX	29
Exercice : SysML	19
Exercice : Vues/Coupes	36
Exercices. Trouver les axes d'une MOCN ..	9

F

FAST (diagramme)	23
------------------------	----

H

Hachures	35
----------------	----

ISO 2768-1	49
ISO 9001	6

M

Méthode : Cotations générales	14
Méthode : spécifique GPS	44–46

N

NF Z68-020	7
Norme	6

S

SADT (diagramme)	25
Spécification géométrique	43