

COURS N° 2

- **Organisation de la production.**
- **Procédés d'élaborations et de transformation des matériaux.**

Module :

TYPOLOGIE DES PRODUITS ET DES PROCÉDES

Sciences du Mercredi 09/12/2020

De 08h00 à 09h00 : Groupe 1

De 09h00 à 10h00 : Groupe 2

I.2. Organisation de la production

I.2.1 Implantation en sections homogènes.

C'est l'implantation que l'on rencontre le plus souvent dans le cas des processus discontinus. Elle résulte de l'organisation qu'a prévalu dans nos sociétés pendant plusieurs décennies. On regroupe les machines ayant la même technique, ou les mêmes fonctions.

On regroupe également les machines sur des critères de *qualité* (prévision) ou de *capacité*. Cette implantation présente des avantages et des inconvénients.

a. Avantages principaux

- Regroupement des métiers, les personnes travaillant dans un secteur sont des professionnels de ce type de machine. Ils peuvent facilement passer d'une machine à l'autre ;
- Flexibilité, l'implantation est indépendante des gammes de fabrication, il est donc possible de fabriquer tous les types de produits utilisant les moyens de l'atelier sans perturber davantage le flux.

b. Inconvénients principaux

- Flux complexes dans ce type d'implantation, les flux sont complexes avec de nombreux points de rebroussement et d'accumulation.
- En-cours importants, c'est la conséquence logique de la complexité des flux. Ils se transforment nécessairement en délais de productions importants.

I.2.2. Implantation en lignes de fabrication

On retrouve principalement ce type d'implantation dans le processus continu. Les machines sont placées en ligne dans l'ordre de la gamme de fabrication. Ce type d'implantation possède les avantages suivants :

- Pas de point de rebroussement ;
- Flux facile à identifier.

Cependant, l'implantation étant spécialisée pour un produit ou une famille de produits, la flexibilité de ce type d'implantation est extrêmement limitée.

I.2.3. Implantation en cellules de fabrication

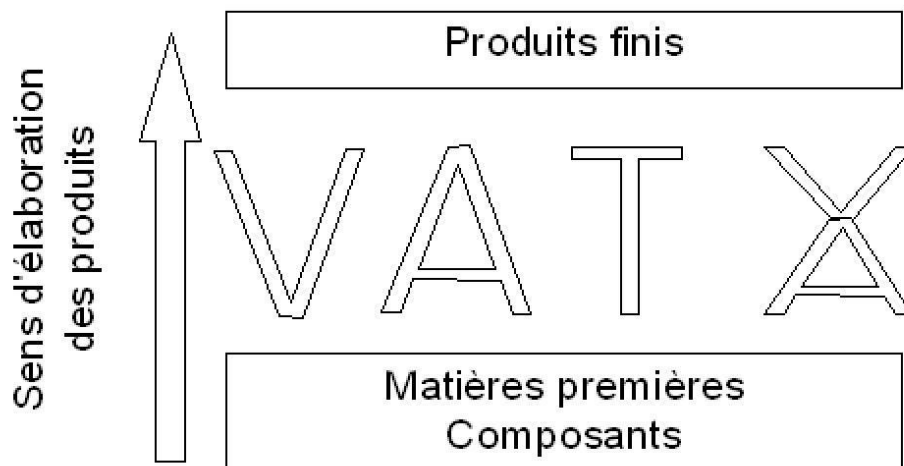
Une implantation en cellules est constituée de petits ateliers de production spécialisée de façon à réaliser entièrement un ensemble des pièces. On appelle

TYPOLOGIE DES PRODUITS ET DES PROCÉDES

également ces cellules des îlots de production. Ce type d'implantation permet de diminuer considérablement les stocks et le délai dans le cas des processus discontinus.

I.3. Type d'élaboration de produit

Cette typologie permet de classer les produits non pas par leur nature mais par leur mode d'élaboration et notamment en fonction du nombre de matières premières et du nombre de produits finis.



a. Produit de type V

A partir de peu de matériaux bruts on fabrique une grande variété de produits finis.

Cas du lait : La matière première étant unique ou quasi unique on réalise beaucoup de produits différents (fromages, yoghourts, crème, beurre etc....)

C'est le cas des industries de composants électroniques, industries chimiques.

b. Produit de type A

Avec ce type d'élaboration peu de produits finis sont fabriqués à partir de nombreux composants.

La nomenclature est importante, c'est le cas de nombreux produits manufacturés. Exemple fabrication de boîtes de vitesses pour l'automobile.

c. Produit de type T

TYPOLOGIE DES PRODUITS ET DES PROCÉDES

De nombreux produits finis sont assemblés à partir de composants communs.

C'est le cas, par exemple de fabricants de machines à laver le linge dont les composants peuvent être identiques (moteurs, cuves, condensateurs) mais avec des produits finis différenciés (au moins commercialement).

d. Produits de type X

Ils sont obtenus par une combinaison des types A et V.

On obtient un nombre limité de produits semi-finis suivant une structure de type A, ensuite on fabrique de nombreux produits finis de type V adaptés aux besoins spécifiques.

Exemple

La combinaison de quelques variantes de produits semi-finis tels que moteurs, carrosseries (breaks coupés, toit ouvrant) + options (climatisation, peinture métal etc.) permet d'offrir une gamme de produits finis très vaste.

Chapitre II PROCÉDES D'ÉLABORATION ET DE TRANSFORMATION DES MATÉRIAUX

II.1. Introduction

Étudier la relation produits-matériaux-procédés en classe de TSI est une chose difficile. En effet, cette approche nécessite une grande culture technologique, de l'expérience et du recul sur les problématiques mises en jeu.

De plus, l'évolution de la science des matériaux, des technologies afférentes à la mise en forme des produits, l'avènement des nanotechnologies et plus encore le besoin impérieux de penser éco-conception rendent cette étude encore plus complexe.

C'est pourquoi ce cours ne prétend pas aborder le sujet de manière exhaustive ; son objectif est simplement de constituer une base solide sur laquelle il sera possible de construire une culture technologique forte.

II.2. Les grandes familles de matériaux

II.2.1 Métaux et alliages

II.2.1.1 Aciers

Les aciers sont à la base un alliage entre le fer et le carbone dont la teneur, variable, est en masse inférieure à 1,7% ($\approx 2\%$). Ensuite, on peut ajouter divers éléments d'addition (chrome, nickel,...) pour améliorer certaines caractéristiques (dureté, résistance à la corrosion,...) et constituer les familles d'aciers alliés (inoxydables...).

L'**acier inoxydable**, couramment appelé **acier inox** ou **inox**, est un acier (alliage à base fer) (comportant moins de 1,2 % de carbone) avec plus de 10,5 % de chrome, dont la propriété est d'être peu sensible à la corrosion et de ne pas se dégrader en rouille.

On peut considérer 4 familles principales d'aciers :

1. Aciers au carbone d'usage général : faible teneur en carbone ($< 0,2\%$)

- Utilisation : constructions mécaniques, emboutissage, constructions soudées et chaudronnerie, aciers à béton...
- Désignation : lettre S ou E suivie de la limite élastique R_e en MPa.

TYPOLOGIE DES PRODUITS ET DES PROCÉDES

- Exemples : S235, E360

2. Aciers au carbone non alliés : plus grande teneur en carbone, composition chimique plus fine, très faible quantité d'éléments d'addition (Mn <1%, Cr+Mo+Ni <0,6%).

- Utilisation : aciers pour traitements thermiques, pièces petites ou moyennes.
- Désignation : lettre C suivie de la teneur en carbone en pourcentage multipliée par 100.
- Exemple : C40 (contient 0,4% de carbone)

3. Aciers faiblement alliés : aucun élément d'addition ne dépasse 5%

- Utilisation : aciers pour traitements thermiques et hautes résistances...
- Désignation : pourcentage de carbone $\times 100$, symbole chimiques des principaux éléments d'addition classés par ordre décroissant et dans le même ordre, pourcentage de ces mêmes éléments (avec multiplicateur selon l'élément).
- Exemple : 30 CrNiMo 8 (acier ayant 0,30% de carbone, 2% de chrome, et moins de 1% de nickel et de molybdène).

16: 4% de Cr. Facteur multiplicateur du pourcentage réel:

4 pour Cr, Co, Mn, Ni, Si, W,

10 pour Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr et non cités,

100 pour Ce, N, P, S,

1000 pour B(bore)

4. Aciers fortement alliés : au moins un élément d'addition dépasse 5% en masse.

- Utilisation : usages particuliers comme les aciers inoxydables, aciers réfractaires, aciers à outils...
- Désignation : lettre X suivie du pourcentage en carbone, symbole chimiques des principaux éléments d'addition classés par ordre décroissant et dans le même ordre, pourcentage de ces mêmes éléments.

TYPOLOGIE DES PRODUITS ET DES PROCÉDES

- Exemple : X5 CrNiMo 17-12 (acier inoxydable avec 0,05% de carbone, 17% de chrome, 12% de nickel et moins de 1% de molybdène).

II.2.1.2 Fontes

Comme les aciers, les fontes sont un alliage de fer et de carbone avec des éléments d'addition éventuels. A la différence de l'acier, le carbone y est présent en plus grande quantité : de 1,7% à 6,67% en masse. Les fontes industrielles se situent entre 2 et 4% de carbone.

- Utilisation : tout type de pièces mécaniques majoritairement obtenues en fonderie (bâtis de machines, blocs moteurs, arbre à came, mais aussi plaques de cheminées, grilles d'égout, mobilier urbain...)
- Désignation : EN-GJ suivi de la lettre symbole de la famille (L pour lamellaire, S pour graphite sphéroïdale...). On y ajoute la valeur de la résistance à la rupture (R_r) en MPa, puis éventuellement l'allongement pour cent ($A\%$).
- Exemple : EN-GJS 550-7 (fonte à graphite sphéroïdal, $R_r = 550$ MPa, $A\% = 7$).

II.2.1.3 Métaux non ferreux

Ces métaux ont souvent une température de fusion basse (facilite le moulage), une grande malléabilité (favorise la déformation à froid) et une bonne usinabilité.

- Avantages par rapport aux aciers : résistance à la corrosion, facilité de fabrication, conductivité électrique, conductivité thermique, légèreté, couleur...
- Inconvénients : résistance mécanique plus faible, soudabilité inférieure
- Principales familles : aluminium, cuivre, magnésium, zinc, titane...

On peut aborder rapidement quelques unes de ces différentes familles :

1. **Aluminium et alliages corroyés** : ce sont les métaux les plus utilisés après les aciers (alliages légers)

- Utilisation : produits à base de profilés, tôles, plaques, etc.
- Désignation : préfixe EN AW suivi d'un nombre à 4 chiffres pour identifier l'alliage. Au besoin, on rajoute entre crochets le symbole chimique de l'alliage.

TYPOLOGIE DES PRODUITS ET DES PROCÉDES

- Exemple : EN AW-2017 [AlCu4MgSi] (alliage avec 4% de cuivre, 0,5% de magnésium et 0,5% de silicium).

2. **Aluminium et alliages pour la fonderie** : faciles à mouler, en moule métallique ou moulage sable

- Utilisation : pièces de fonderie en petite, moyenne et grande série.
- Désignation : préfixe EN AC suivi du symbole chimique de l'alliage.
- Exemple : EN AC Si12CuMgNi (alliage pour pièce moulée avec 12% de silicium, et moins de 1% de cuivre, de magnésium et de silicium.).

3. **Cuivre et alliages** : C'est la plus importante famille de métaux après l'aluminium. Les alliages de cuivre ne sont pas utilisés pour faire des bâtis ou des pièces de structures. Ils présentent en général un bel aspect décoratif.

- Quelques alliages : laiton : Cu+Zn (cuivre+zinc), bronze : Cu+Sn (cuivre+étain), Maillechort : Cu+Ni+Zn (cuivre+nickel+zinc).
- Désignation : préfixe Cu suivi des symboles chimiques des principaux constituants d'addition avec leur teneur en pourcent.
- Exemple : CuZn₁₉Al₆ (laiton haute résistance).

II.2.1.4 Traitements thermiques des métaux

Les traitements thermiques ont pour objectif d'améliorer uniformément ou localement certaines propriétés mécaniques des métaux.

- **Trempe** : refroidissement rapide d'un acier préalablement chauffé ($\approx 900^{\circ}\text{C}$) pour augmenter sa résistance (R_r et R_e) et sa dureté (H). Peut-être superficielle si on souhaite uniquement augmenter la dureté en surface.

- **Revenu** : pratiqué après la trempe, il permet d'en corriger les aspects négatifs. On chauffe l'acier ($\approx 500^{\circ}\text{C}$) puis on le refroidit lentement. Augmente la résilience et la malléabilité.

La résilience, de symbole général K, caractérise la capacité d'un matériau à absorber les chocs sans se rompre. Elle est mesurée grâce à l'essai de résilience Charpy (on mesure l'énergie nécessaire à la rupture fragile d'une éprouvette entaillée).

TYPOLOGIE DES PRODUITS ET DES PROCÉDES

- **Recuit** : effet inverse à celui de la trempe. On chauffe l'acier ($\approx 900^{\circ}\text{C}$) puis on le maintient à température avant un refroidissement lent.
- **Cémentation** : traitement thermo-chimique destiné à augmenter la dureté, par apport de carbone localisé sur la surface à traiter.