

« R2.04 - Connaissance technologique de l'entreprise »

SEMESTRE 2

Ressource 2.04

- Semestre 1 Retour sur la VA
- Typologie des produits et des procédés
- Matériaux
- Systèmes automatisés et usine du future
 - Machines de production
 - Éléments d'identification et de contrôle des pièces
 - Éléments de transport au sein des ateliers

SEMESTRE 2

Rappels du 1^{er} semestre

Qu'est-ce que la Valeur Ajoutée ?

$$\text{Valeur ajoutée € / pièce} = \frac{\text{Taux horaire €/h}}{\text{Cadence pièce/h}}$$

Définitions :

Rappels du 1^{er} semestre

La valeur ajoutée, qu'est-ce que c'est ?

La valeur ajoutée correspond à la richesse produite lors du processus de production.

Correspondant à la richesse produite lors du processus de production, la valeur ajoutée traduit le supplément de valeur donné par l'entreprise par son activité (le travail) aux biens et aux services en provenance des tiers. Elle se répartit ensuite entre revenus du travail, revenus du capital, et prélèvements par l'État.

Rappels du 1^{er} semestre

La valeur ajoutée, qu'est-ce que c'est ?

La valeur ajoutée correspond à la richesse produite lors du processus de production.

Correspondant à la richesse produite lors du processus de production, la valeur ajoutée traduit le supplément de valeur donné par l'entreprise par son activité (le travail) aux biens et aux services en provenance des tiers. Elle se répartit ensuite entre revenus du travail, revenus du capital, et prélèvements par l'État.

L'essentiel

➤ La valeur ajoutée se calcule en retirant les consommations intermédiaires au chiffre d'affaires

Rappels du 1^{er} semestre

La valeur ajoutée, qu'est-ce que c'est ?

La valeur ajoutée correspond à la richesse produite lors du processus de production.

Correspondant à la richesse produite lors du processus de production, la valeur ajoutée traduit le supplément de valeur donné par l'entreprise par son activité (le travail) aux biens et aux services en provenance des tiers. Elle se répartit ensuite entre revenus du travail, revenus du capital, et prélèvements par l'État.

L'essentiel

- La valeur ajoutée se calcule en retirant les consommations intermédiaires au chiffre d'affaires
- Important en économie : la somme des valeurs ajoutées d'un pays correspond au PIB !

Rappels du 1^{er} semestre

La valeur ajoutée, qu'est-ce que c'est ?

La valeur ajoutée correspond à la richesse produite lors du processus de production.

Correspondant à la richesse produite lors du processus de production, la valeur ajoutée traduit le supplément de valeur donné par l'entreprise par son activité (le travail) aux biens et aux services en provenance des tiers. Elle se répartit ensuite entre revenus du travail, revenus du capital, et prélèvements par l'État.

L'essentiel

- La valeur ajoutée se calcule en retirant les consommations intermédiaires au chiffre d'affaires
- Important en économie : la somme des valeurs ajoutées d'un pays correspond au PIB !
- On parle de valeur ajoutée brute si l'on ne prend pas en compte l'usure du matériel, et de valeur ajoutée nette dans le cas inverse

Rappels du 1^{er} semestre

La valeur ajoutée (VA) représente la richesse nouvelle produite par l'entreprise lors du processus de production qui pourra être répartie sous forme de revenus.

Elle permet de calculer la richesse brute créée par une entreprise, avant rémunération de ses salariés, de ses apporteurs de capitaux et des administrations.

Définition

La VA est une notion différente du chiffre d'affaires (CA) qui représente la somme de l'ensemble des ventes des entreprises.

La valeur ajoutée est obtenue si on soustrait de la valeur de la production les coûts intermédiaires, c'est-à-dire les matières premières et les services que les entreprises ont dû acheter pour produire.

Rappels du 1^{er} semestre

On a donc VA = Valeur de la production – coûts intermédiaires.

Prenons l'exemple du pain : la valeur ajoutée dans la production du pain représente la **différence entre le prix du pain vendu et la somme du prix de la farine, du levain, de l'électricité, etc consommés pour produire ce pain.**

Attention cependant, pour produire, une entreprise ne se contente pas de consommer des matières premières ou des services, elle utilise aussi des équipements et achète des brevets.

Dans l'exemple du pain, il s'agira du fournil par exemple. **Ces biens, étant des investissements, ne sont pas comptabilisés dans les coûts intermédiaires.**

Ils vont être utilisés plusieurs années, au lieu d'être consommés en une seule fois. Mais ils finiront par s'user ou par devenir techniquement désuets et il faudra les renouveler.

Rappels du 1^{er} semestre

On appelle **valeur ajoutée brute** le calcul de la valeur ajoutée qui ne tient pas compte de cette usure des biens d'équipement (on parlera de profit brut, comme on parle couramment de **produit intérieur brut**, le fameux **PIB** qui correspond à la somme de toutes les richesses produites dans le pays par tous les agents économiques).

On parlera de **valeur ajoutée nette** si on déduit les dotations aux amortissements des équipements utilisés pour la production.

Pourquoi avoir tenté de cumuler le coût salarial, les consommations d'énergie et l'amortissement matériel pour un poste ?

Est-ce une VA ?

Ce n'était pas un calcul de valeur ajouté mais finalement le total des coûts engendrés par un processus de production.

Rappels du 1^{er} semestre

Qu'est-ce que la Valeur Ajoutée ?

$$\text{Valeur ajoutée € / pièce} = \frac{\text{Taux horaire €/h}}{\text{Cadence pièce/h}}$$

La définition du taux horaire d'une machine est lié à l'ensemble des charges et à l'amortissement de son investissement. Le salaire de l'opérateur peut être inclus – cela dépendra de la méthode employée par l'entreprise via sa comptabilité analytique.

Typologie :

- Science de l'élaboration des types
- Classification / classement
- Quels types ?

Produits

Procédés



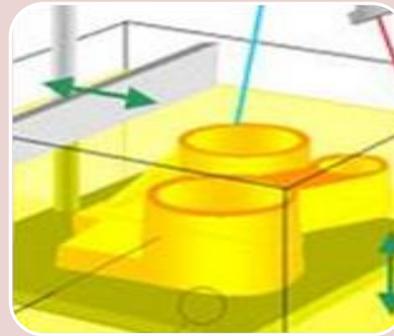
Typologie des produits et des procédés



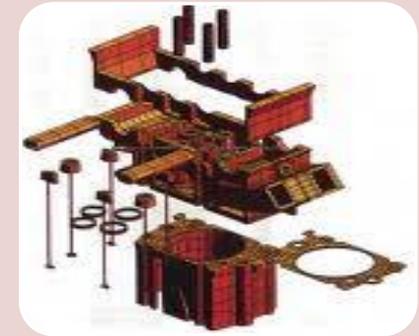
Procédé de fabrication par enlèvement de matière



Procédé de fabrication par mise en forme de la matière

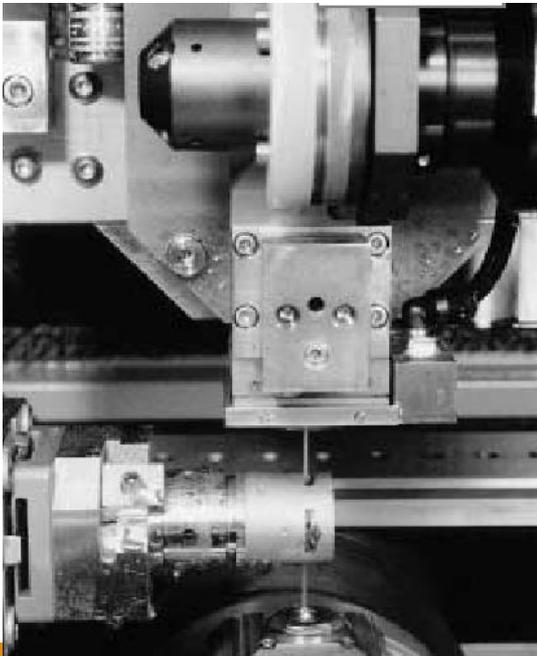
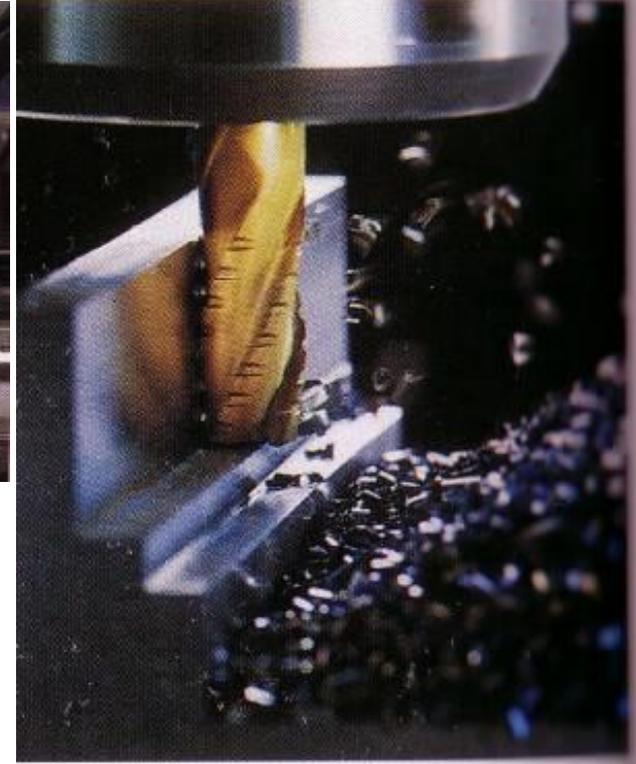
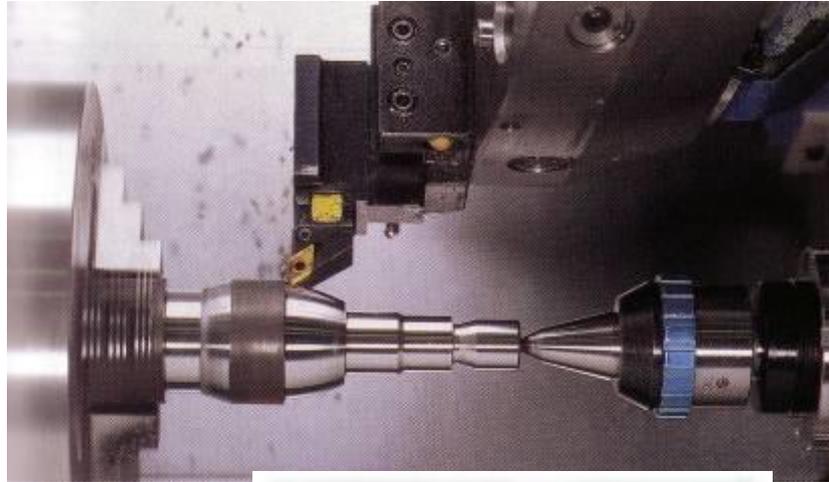


Procédé de fabrication par ajout de matière

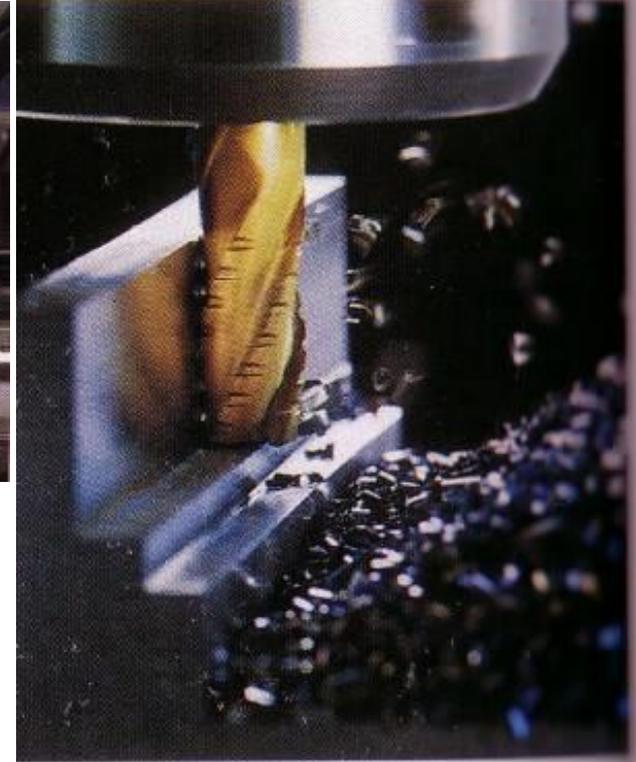
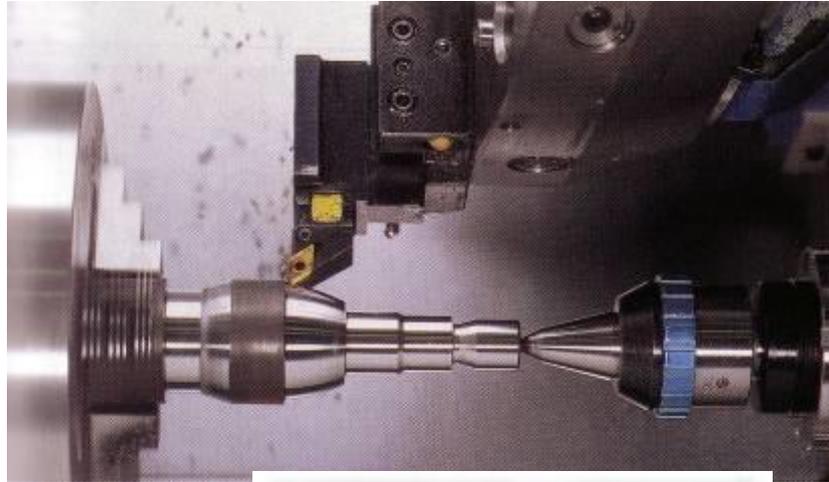


Procédé de fabrication par assemblage

Famille par « enlèvement de matière »



Famille par « enlèvement de matière »



Obtention des surfaces fonctionnelles par enlèvement de matière, afin d'extraire dans la masse, la pièce voulue.



Tournage et fraisage

Les procédés de tournage et fraisage sont les héritiers du tour à bois et autres machines de nos ancêtres.

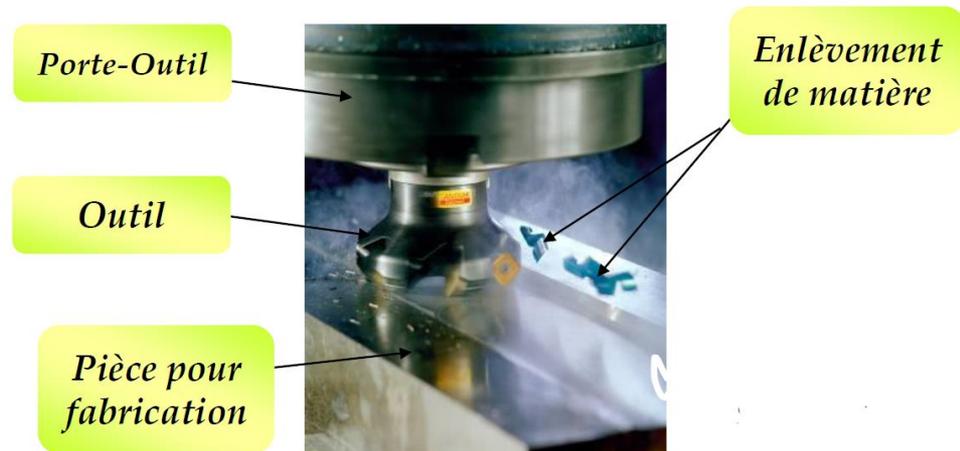
Ils ont bénéficié depuis le 20^{ème} siècle de considérables avancées techniques et sont parmi les procédés les plus compétitifs de nos jours : de nombreuses formes réalisables, une gamme très large de matériaux usinables, des temps courts de fabrication...



Principe de base des procédés type « *enlèvement de matière* » :

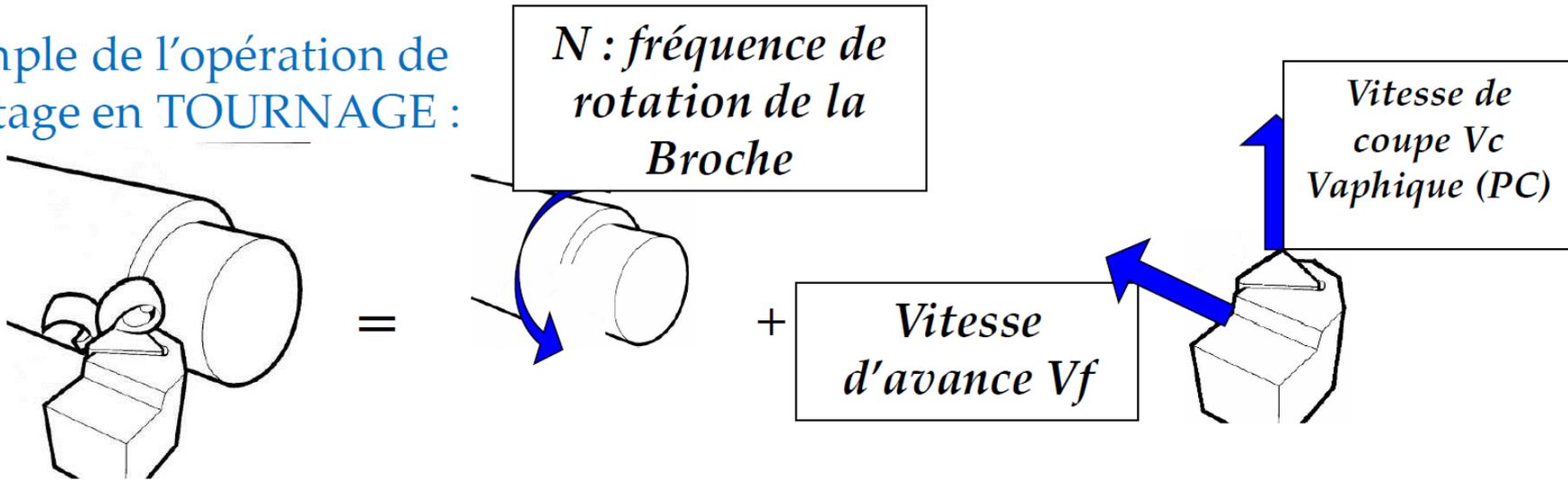
De nombreux procédés de fabrication sont basés sur le principe simple de l'usinage par enlèvement de matière.

Il s'agit de réaliser la pièce voulue à partir d'**un brut** de matière première sur lequel on réalise avec **des outils** des opérations d'usinage afin d'enlever de la matière (formation de **copeaux**) pour dégager les **formes visées**.



Famille par « enlèvement de matière »

Exemple de l'opération de chariotage en TOURNAGE :



Le **TOURNAGE** est un **procédé de fabrication par enlèvement de matière** permettant l'obtention de **pièces de révolution (pièces cylindriques)** courte ou longue à partir de bruts de matière première coulés, forgés, ou dans des profilés : barres.

La **pièce** est animée d'un **mouvement de rotation**
L'**outil** est animé d'un **mouvement complémentaire**



Famille par « enlèvement de matière »

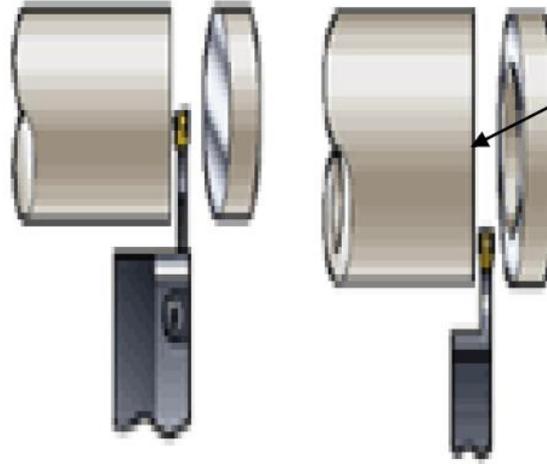


Famille par « enlèvement de matière »



Opérations de base TOURNAGE

*Opération de
CONTOURNAGE*

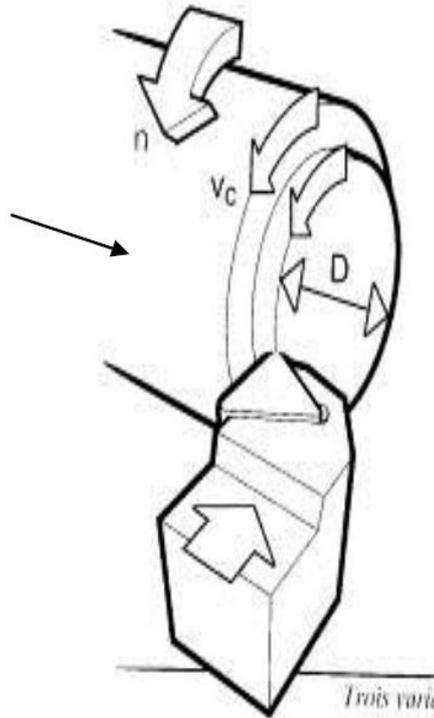


*Opération de
TRONÇONAGE*

Il existe bien entendu d'autres opérations : filetage, opérations complémentaires à l'intérieur des pièces (brochage, alésage, taraudage), gorge, perçage...

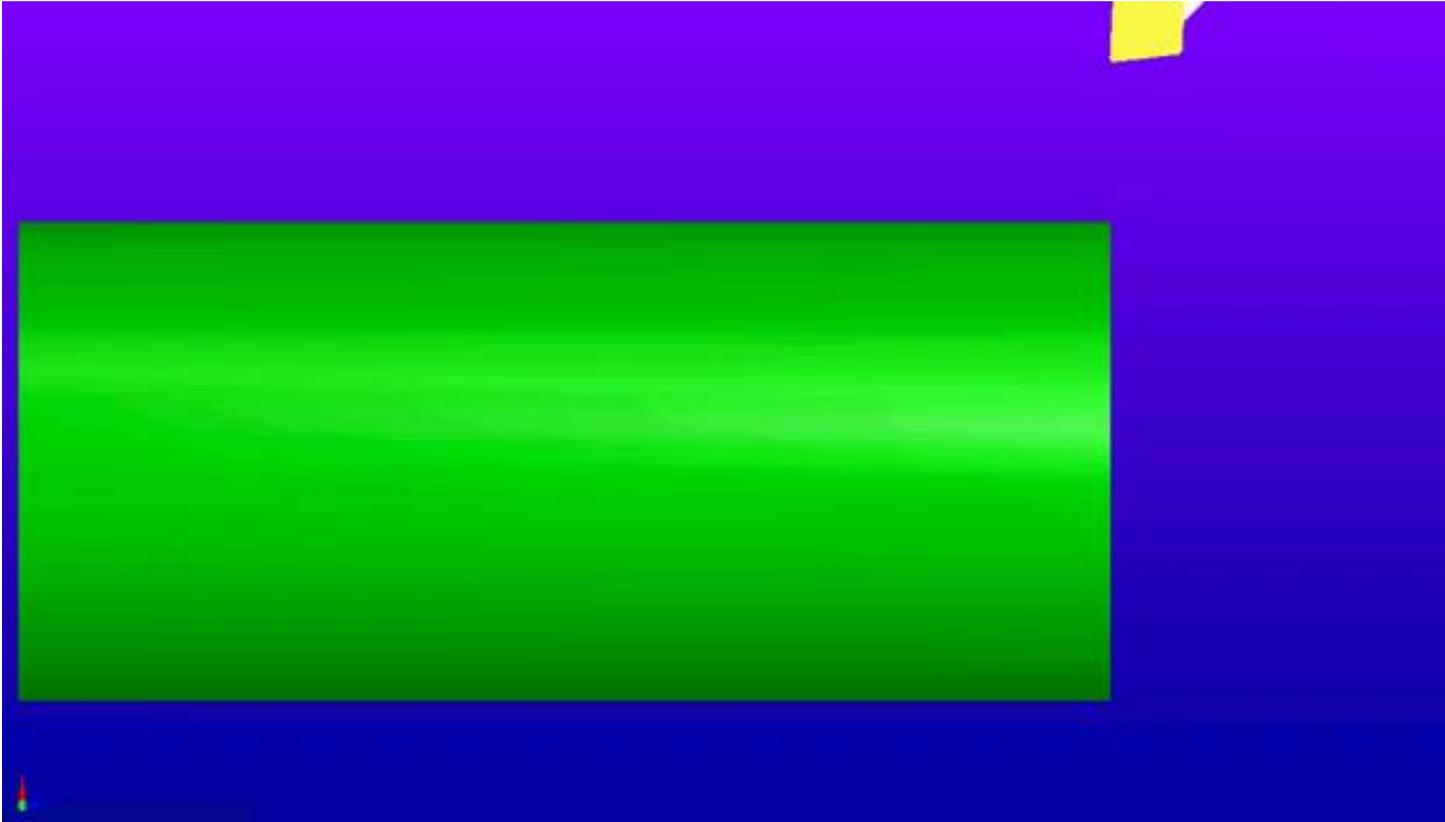
TOURNAGE

*Opération de
DRESSAGE*

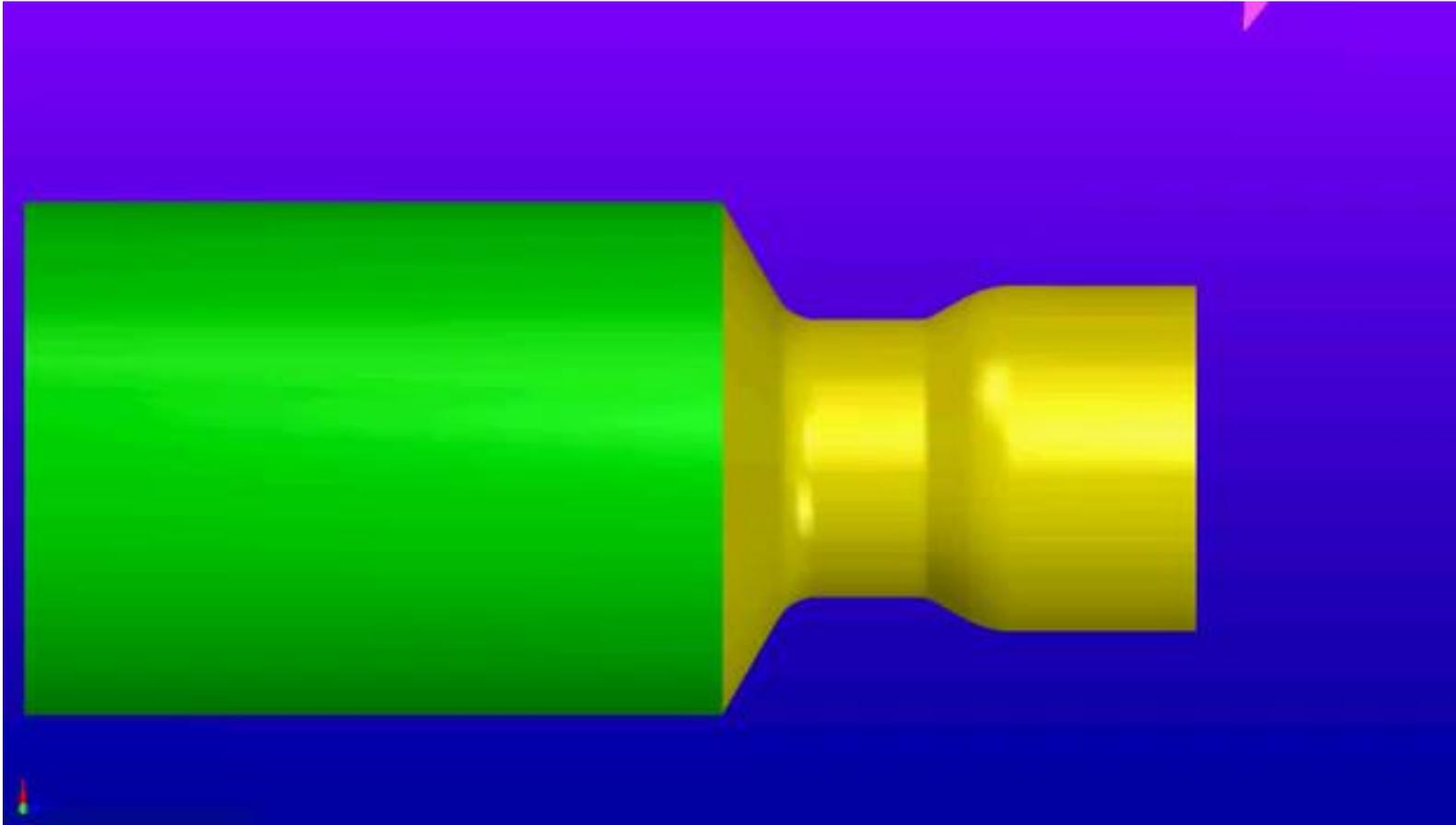


*Opération de
CHARIOTAGE*

Famille par « enlèvement de matière »



Famille par « enlèvement de matière »



Famille par « enlèvement de matière »

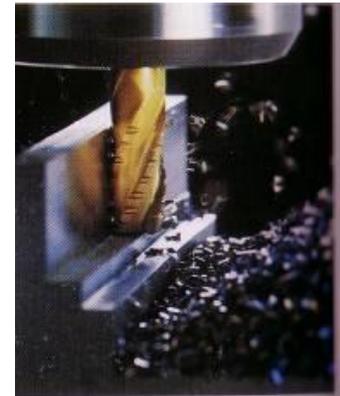
TRONÇONAGE



Le **FRAISAGE** est un **procédé de fabrication par enlèvement de matière** permettant l'obtention de formes usinées et permettant l'obtention de **pièces prismatiques** à partir de bruts de matière première coulés, forgés, barres.

Cette fois c'est l'outil qui est animé d'un **mouvement de rotation**

La pièce est animé d'un **mouvement complémentaire**



Opérations de base

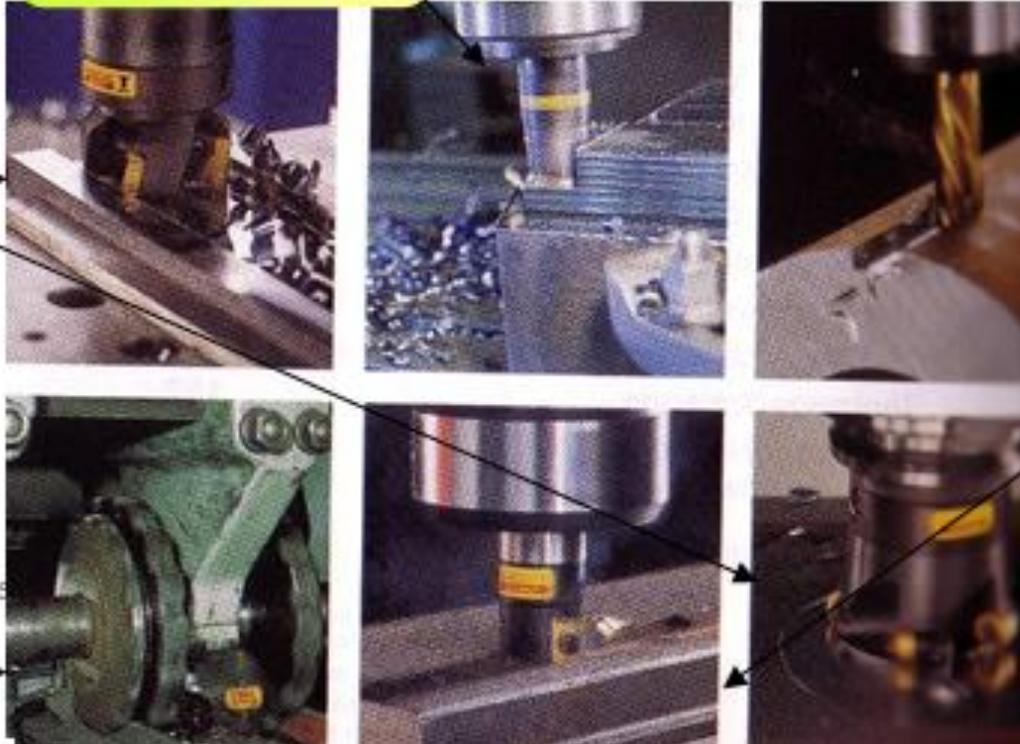
Fraisage

Opération de
CONTOURNAGE

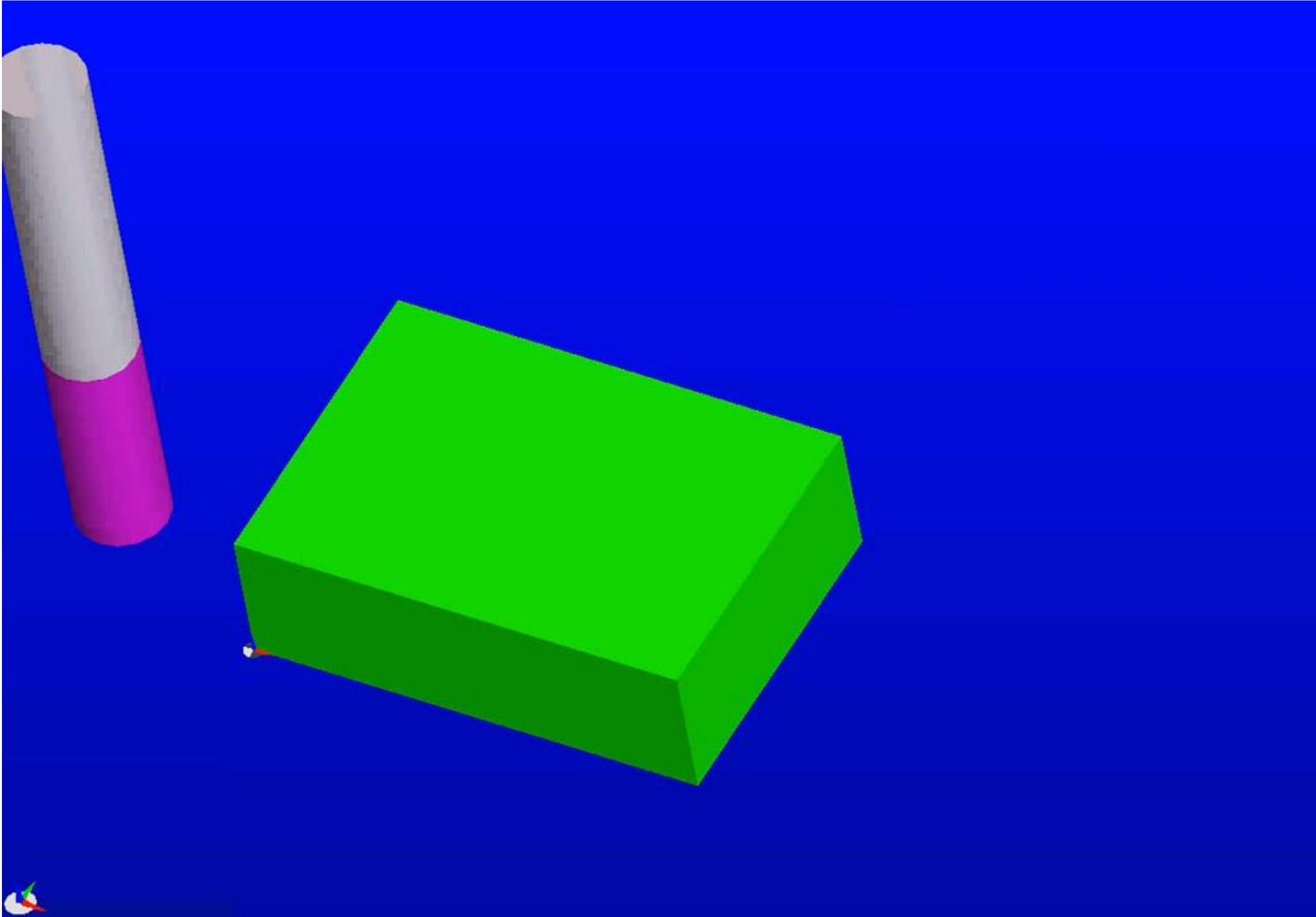
Opération de
SURFACAGE

Opération de
RAINURAGE

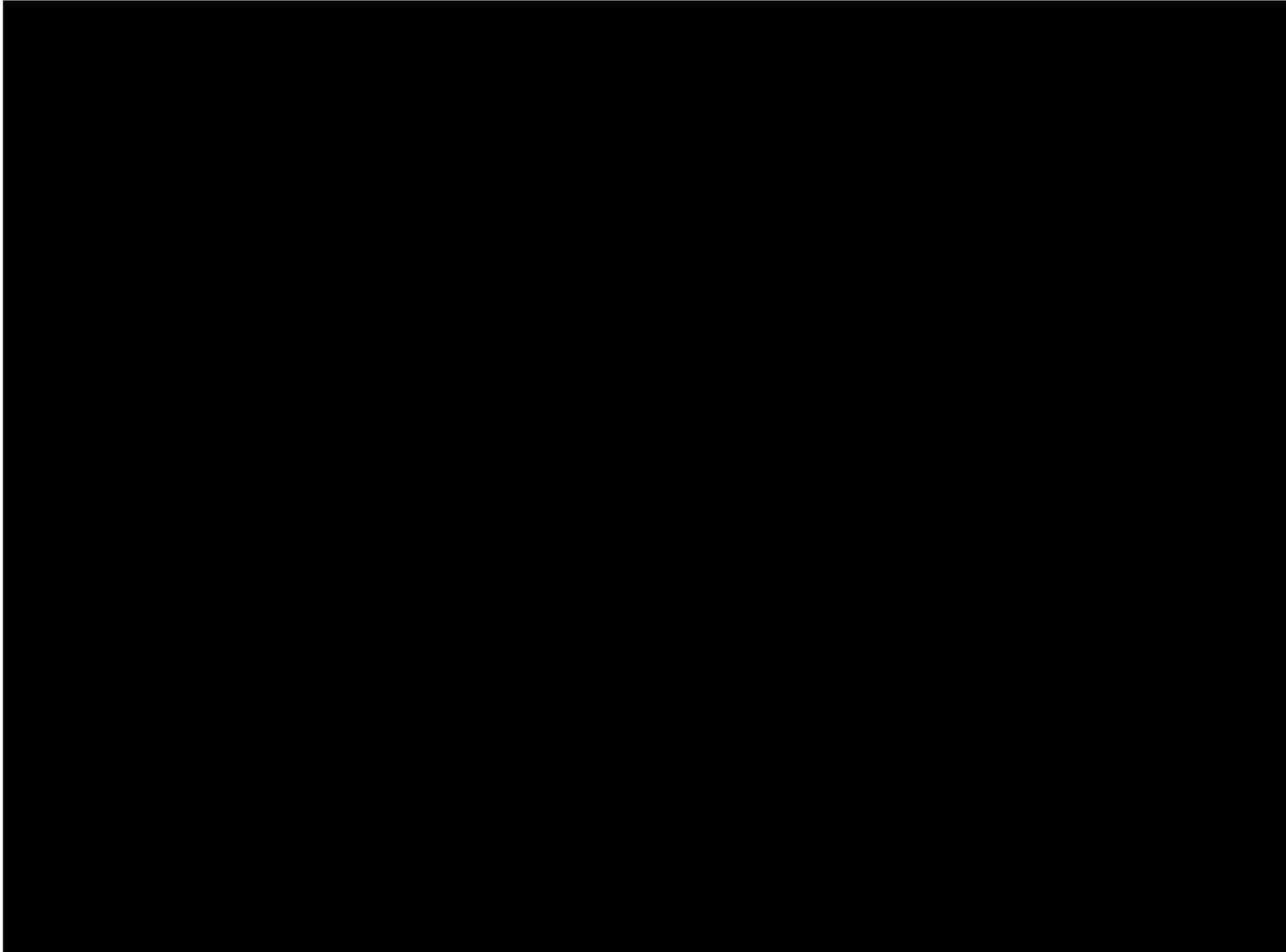
Opération de
SCIAGE



Famille par « enlèvement de matière »

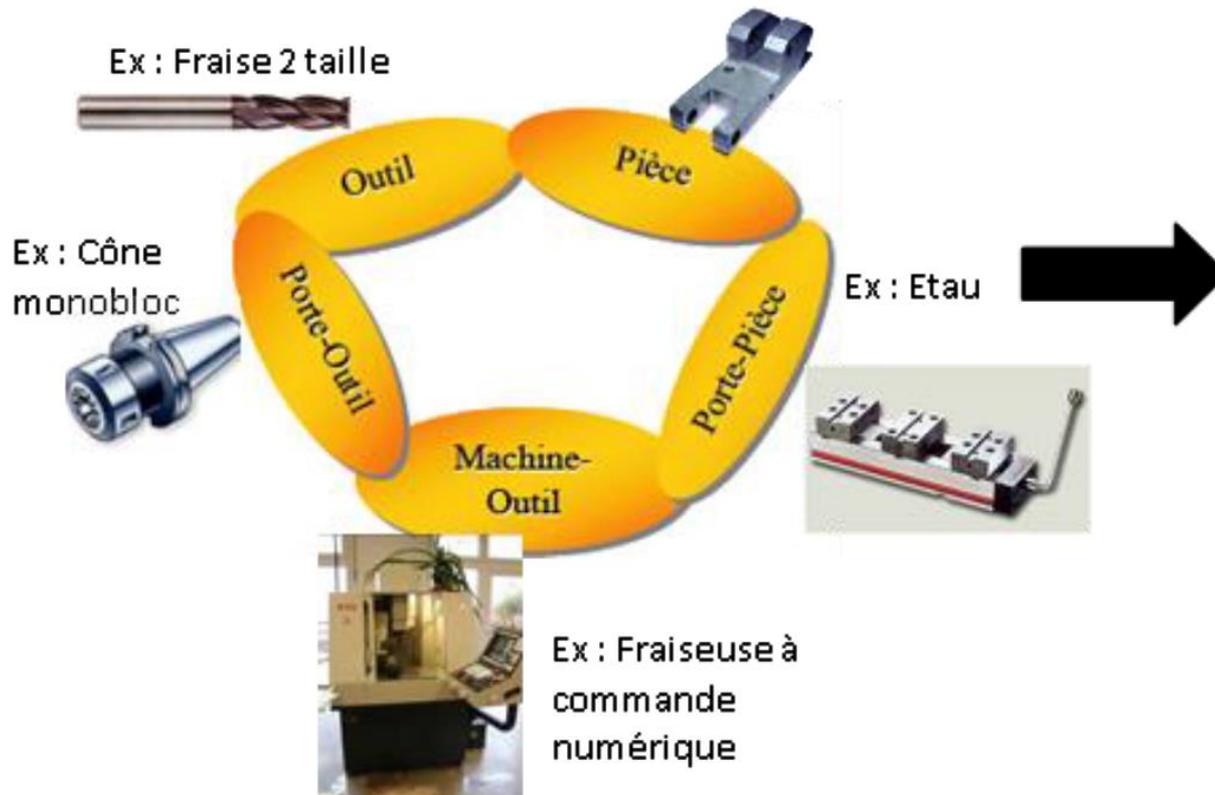


Famille par « enlèvement de matière »



Famille par « enlèvement de matière »

Un ensemble de matériels est nécessaire :



Situation d'usage



Machine conventionnelle : Les mouvements des axes sont obtenues par le biais de manivelles manipulées par l'opérateur. La présence d'une boîte de vitesse mécanique permet de choisir des vitesses d'avances sur les axes ainsi que la vitesse de rotation de la broche (fraisage) ou du mandrin (tournage).

Fraiseuse et Tour conventionnels



Famille par « enlèvement de matière »

Machine-outil à commande numérique (MOCN) : machine-outil programmable équipée d'une commande numérique par ordinateur (CNC) qui permet de commander les déplacements des axes de la machines et du fonctionnement de la broche.

Fraiseuse et Tour à commande numérique



La rectification:

C'est une opération destinée à améliorer son état de surface.

1/La rectification plane

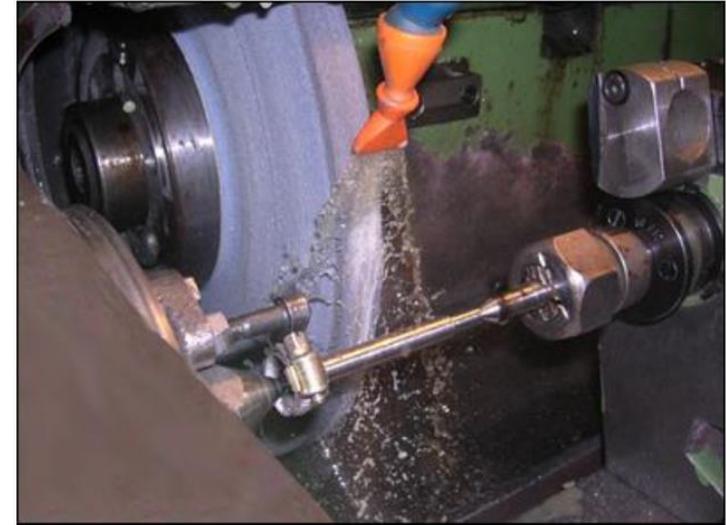


Elle élimine à plusieurs reprises, des couches de 20 à 40 micromètres

1. Le tournage
2. Le fraisage
3. **La rectification**
4. L'électro-érosion
5. Les découpages

La rectification:

2/ la rectification cylindrique:



1. Le tournage
2. Le fraisage
3. **La rectification**
4. L'électro-érosion
5. Les découpages

Dans le cas de la rectification cylindrique, la pièce tourne sur elle-même.

Avantages de la rectification :

1. Possibilité de s'attaquer aux matériaux les plus durs
2. Pouvoir atteindre des tolérances dimensionnelles de l'ordre du micromètre (0,001 mm)
3. Permet d'être moins précis sur l'usinage

L'électro-érosion:

1. Le tournage
2. Le fraisage
3. La rectification
4. **L'électro-érosion**
5. Les découpages

C'est un procédé d'usinage qui consiste à enlever de la matière dans une pièce en utilisant des décharges électriques.

Pour usiner par électro-érosion, quatre éléments sont nécessaires :

- Une électrode
- Une pièce
- Un diélectrique
- De l'électricité .

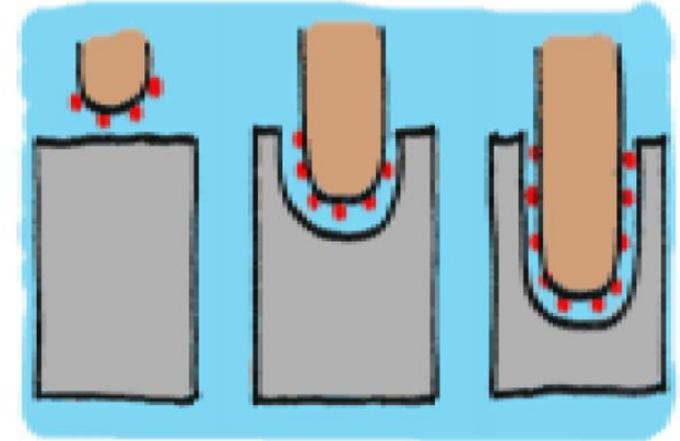
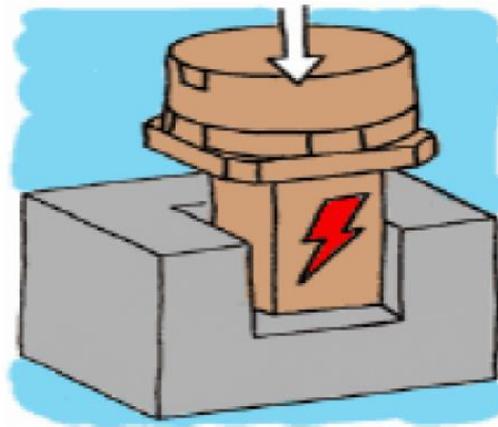


Etincelage visible sous un filet d'eau

L'électro-érosion:

Il existe trois types d'usinage par électro-érosion :

1/ L'électro-érosion par enfonçage:



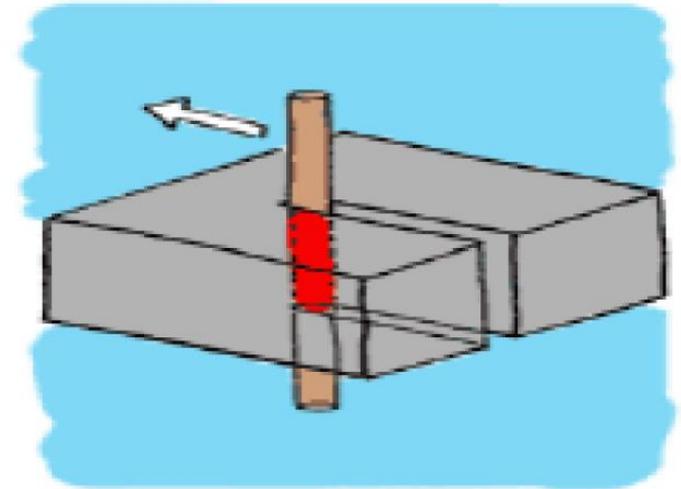
une électrode de forme complémentaire à la forme à usiner s'enfonce dans la pièce .

1. Le tournage
2. Le fraisage
3. La rectification
4. **L'électro-érosion**
5. Les découpages

L'électro-érosion:

1. Le tournage
2. Le fraisage
3. La rectification
4. **L'électro-érosion**
5. Les découpages

2/L'électro-érosion par fil :



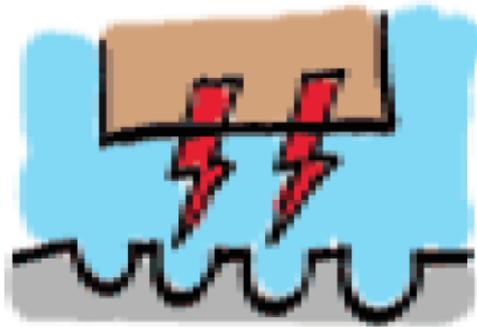
un fil conducteur animé d'un mouvement plan et angulaire découpe une pièce suivant une surface réglée .

L'électro-érosion:

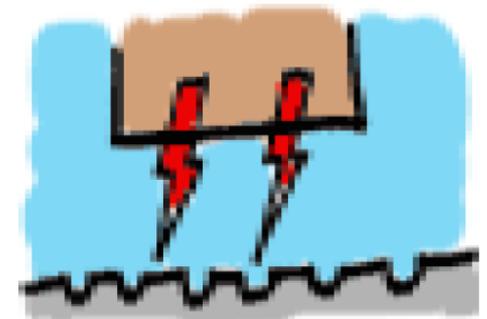
3/ perçage rapide:

Le perçage rapide utilise une électrode tubulaire pour percer les matériaux très durs.

Les états de surface dépendent de la dimension des étincelles. Si elles sont énergiques, l'état de surface sera grossier, par contre, la vitesse d'usinage sera rapide



Si elles sont faiblement énergiques, l'état de surface sera fin, par contre, la vitesse d'usinage sera lente.



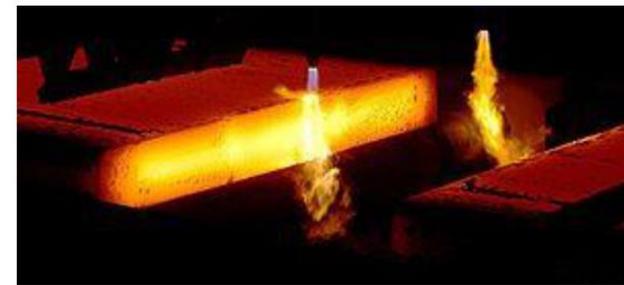
1. Le tournage
2. Le fraisage
3. La rectification
4. **L'électro-érosion**
5. Les découpages

Les découpages:

1. Le tournage
2. Le fraisage
3. La rectification
4. L'électro-érosion
5. **Les découpages**



Le sciage



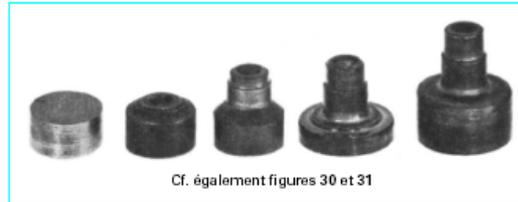
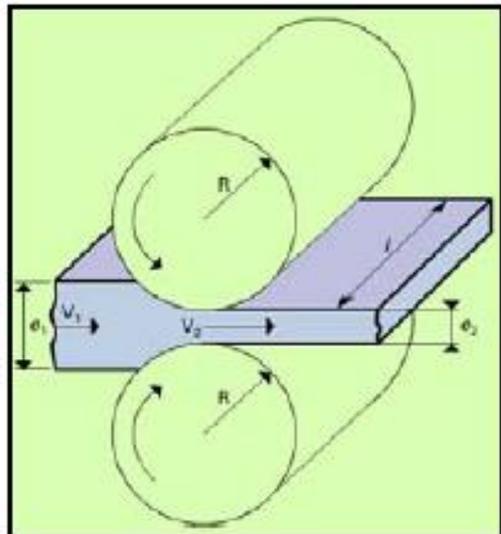
Oxycoupage d'une brame d'acier

Famille par « mise en forme de la matière »



La matière première est mise en forme par des outillages pour obtenir les formes de la pièce finie.

LAMINAGE



Cf. également figures 30 et 31

Figure 32 - Photographies des différentes opérations de la gamme de fabrication d'un entraîneur de démarreur

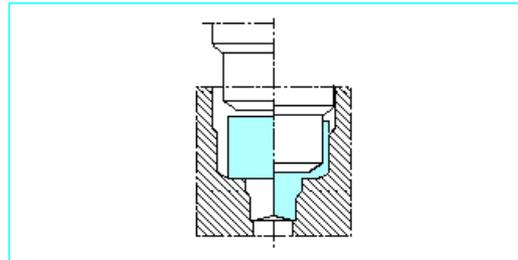
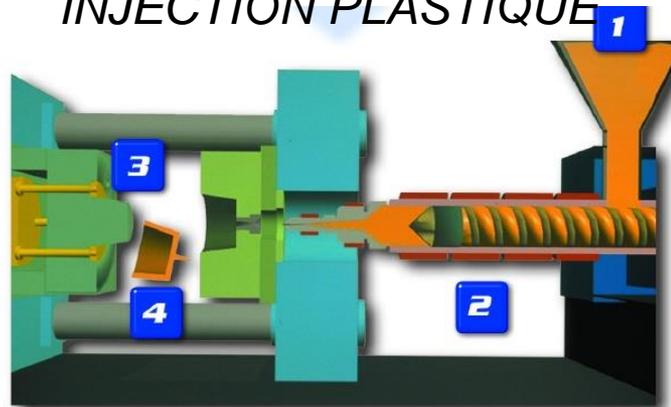


Figure 33 - Entraîneur de démarreur : schéma de réalisation, en une seule opération, d'une ébauche simplifiée

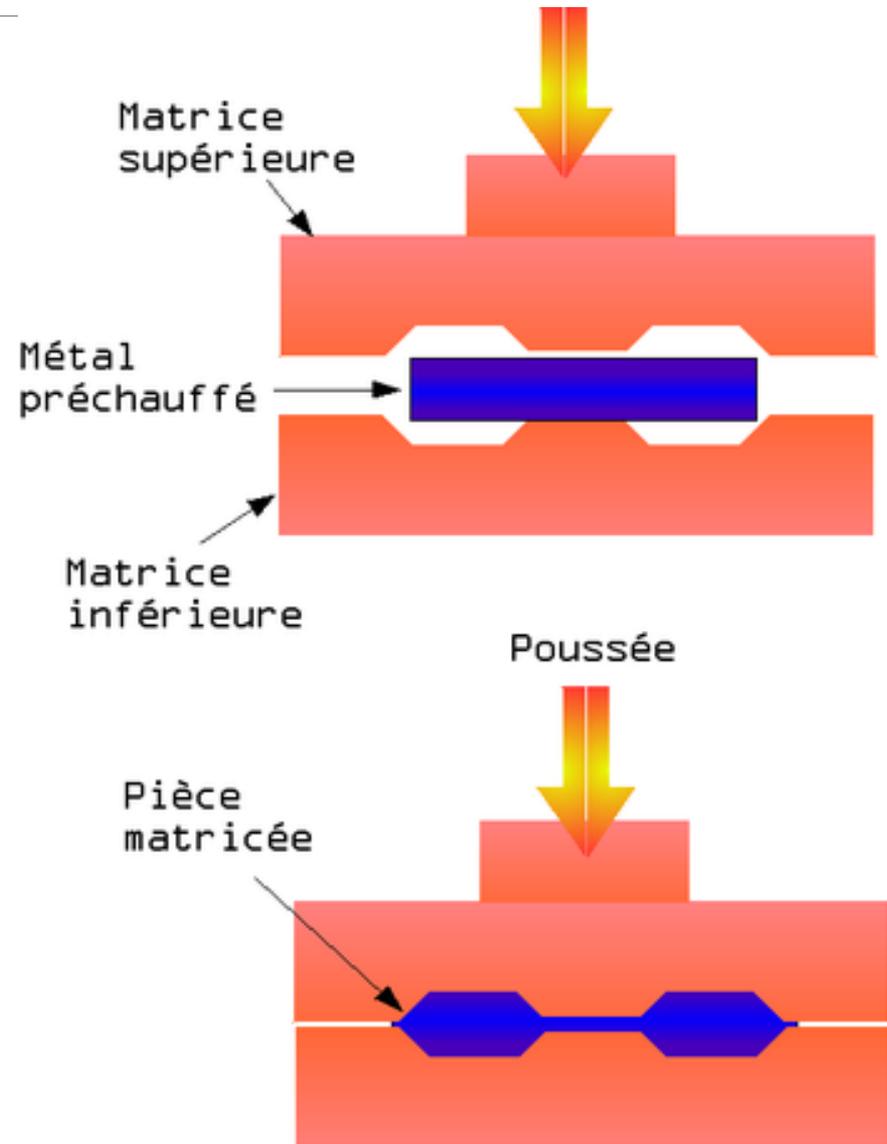
INJECTION PLASTIQUE



Presse industrielle de 150 T entièrement instrumentée

Le Matriçage:

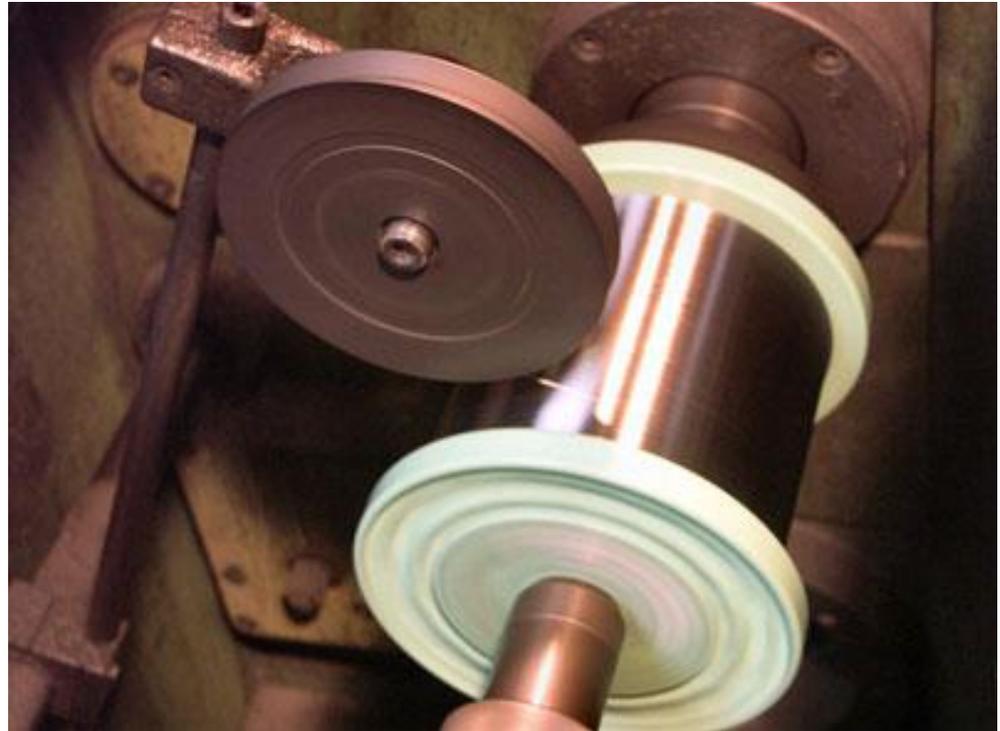
1. Estampage
2. **Matriçage**
3. Tréfilage
4. Forgeage
5. pliage



Le tréfilage :

Le **tréfilage** est la réduction de la section d'un fil en métal par traction mécanique sur une machine à tréfiler.

1. Estampage
2. Matriçage
3. **Tréfilage**
4. Forgeage
5. pliage



Forgeage :

Le **forgeage** est l'ensemble des techniques permettant d'obtenir une pièce mécanique en appliquant une force importante sur une barre de métal, à froid ou à chaud, afin de la contraindre à épouser la forme voulue.

1. Estampage
2. Matricage
3. Tréfilage
4. Forgeage
5. pliage

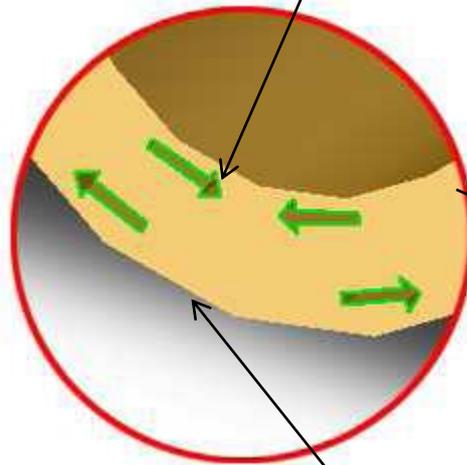


Famille par « mise en forme de la matière »

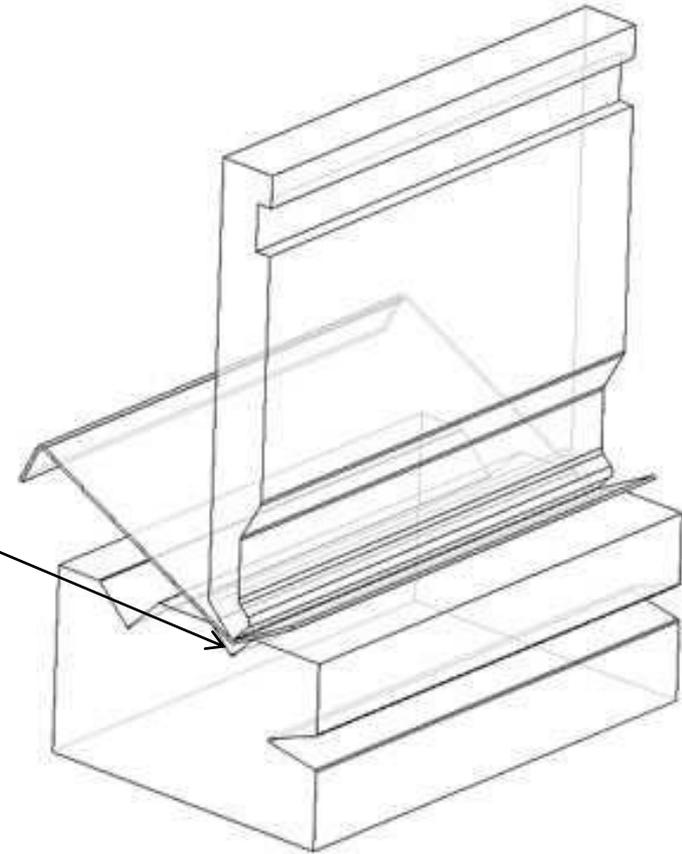
Le pliage est une opération de *conformation à froid* qui consiste à *déformer une tôle plane* en changeant la *direction de ses fibres de façon brusque suivant un angle*.

1. Estampage
2. Matriçage
3. Tréfilage
4. Forgeage
5. **pliage**

Zone de compression



Zone d'étirement



1. Estampage
2. Matriçage
3. Tréfilage
4. Forgeage
5. Pliage
6. L'emboutissage

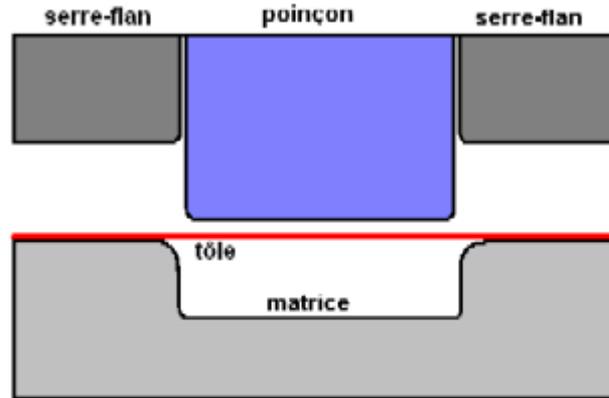
L'emboutissage est une technique de fabrication permettant d'obtenir, à partir d'une feuille de tôle plane et mince, un objet dont la forme n'est pas développable. L'ébauche en tôle est appelée « Becker », c'est la matière brute qui n'a pas encore été emboutie. La température de déformation se situe entre le tiers et la moitié de la température de fusion du matériau.

L'emboutissage est un procédé de fabrication très utilisé dans l'industrie automobile, dans l'électroménager, etc.

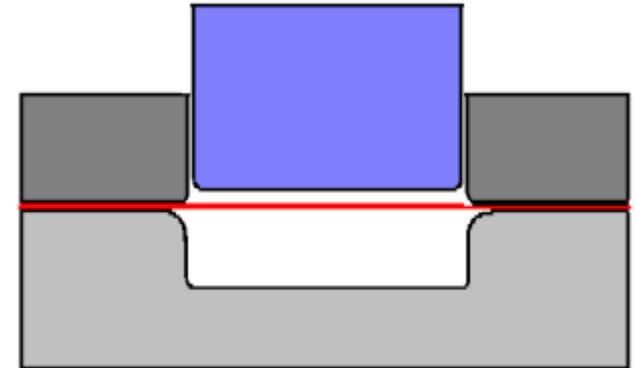
Le principe est fondé sur la déformation plastique du matériau (en général un métal), déformation consistant en un allongement ou un rétreint local de la tôle pour obtenir la forme.

1. Estampage
2. Matricage
3. Tréfilage
4. Forgeage
5. Pliage
6. **L'emboutissage**

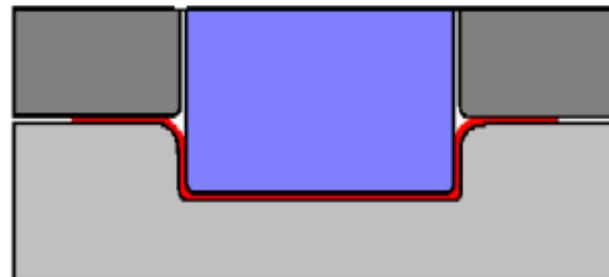
Phase 1 :
Le poinçon et le serre-flan sont relevés.
La tôle est posée sur la matrice.



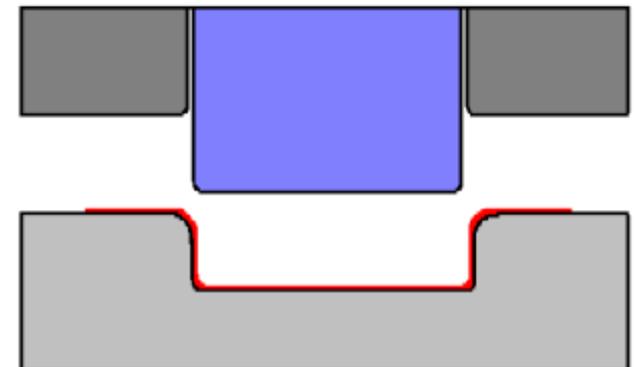
Phase 2 :
Le serre-flan descend et vient serrer le pourtour de la tôle sur la matrice.



Phase 3 :
La tôle étant maintenue (avec glissement possible entre le serre-flan et la matrice), le poinçon est abaissé et vient plaquer la tôle, en la déformant, contre le fond de la matrice.



Phase 4 :
On relève le poinçon et le serre-flan : la pièce reste formée au fond de la matrice. Il ne reste qu'à la sortir et la détourer.



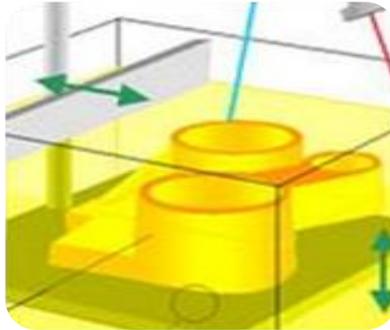
Famille par « mise en forme de la matière »

- 1. Es
- 2. Ma
- 3. Tré
- 4. Fo
- 5. Pli
- 6. L'e



Famille par « mise en forme de la matière »

1. Estampage
2. Matricage
3. Tréfilage
4. Forgeage
5. Pliage
6. L'emboutissage
7. **Le thermoformage**



1. Moulage
2. Soudage
3. Impression 3D

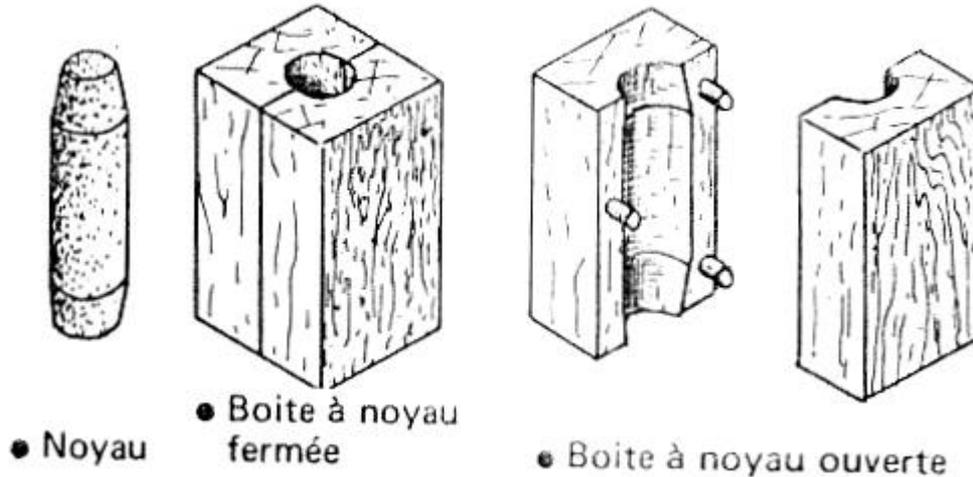
Le Moulage :



1. Moulage
2. Soudage
3. Impression 3D

Le Moulage :

consiste à réaliser des pièces brutes par coulée du métal en fusion dans un moule en sable ou en métal (représentant l'empreinte de la pièce à obtenir). Le métal en se solidifiant, on obtient la pièce brute.



Avantages :

- Elle permet de produire des pièces de formes complexes
- La série des pièces est identique.
- L'obtention de pièces massives telles que bâtis, volants, etc..

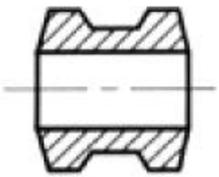
1. Moulage

2. Soudage

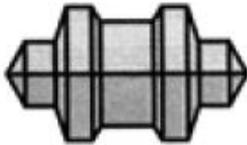
3. Impression 3D

Le Moulage :

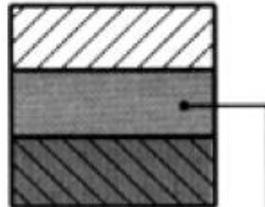
Produit fini



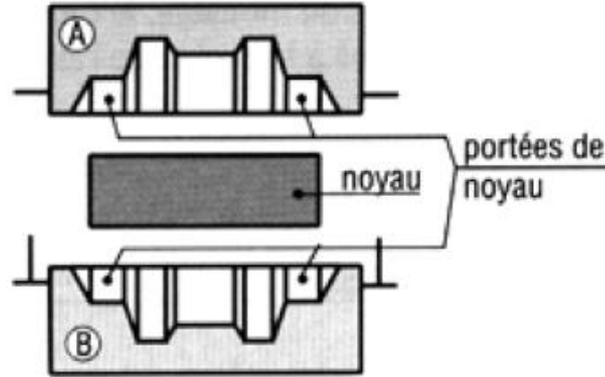
a) pièce à réaliser



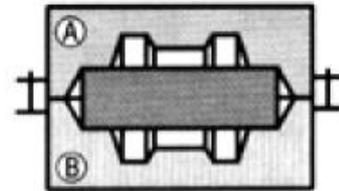
b) modèle



c) boîte à noyau



Moule et noyau



e) noyau remoulé et coiffé par A

1. Moulage
2. Soudage
3. Impression 3D

Famille par « mise en forme de la matière »

Fonderie

Video Bloc moteur : http://www.youtube.com/watch?v=By_VZ4OY5-A

Vidéo injection plastique http://www.dailymotion.com/video/x5i4pc_injection-plastique_tech

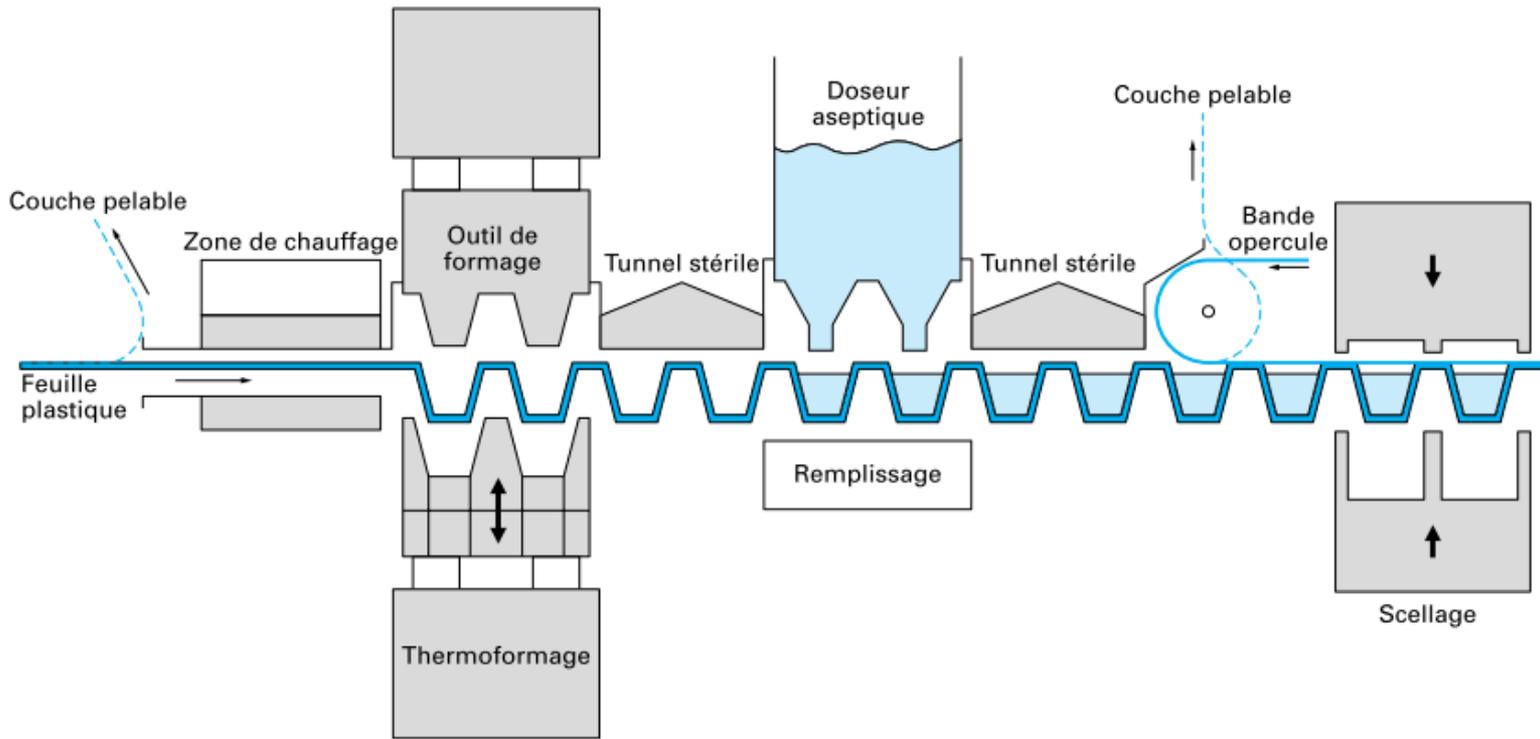
<http://www.youtube.com/watch?v=WAfLiD17byE>

Usine de fab de gobelet : <http://www.youtube.com/watch?v=X-wpsbrBNio>

ou

Thermoformage baignoire

Famille par « mise en forme de la matière »



Protection de la plaque et du film scellable par un film pelable (brevet ERCA/JAGENBERG)

Figure 25 - Thermoformage, remplissage et scellage en ligne, système aseptique

Le soudage :

Le **soudage** est un procédé par lequel on assemble des pièces métalliques ou des matières plastiques par chauffage et fusion des parties en contact de manière à réaliser un joint ayant les mêmes propriétés que le matériau constitutif des pièces assemblées.

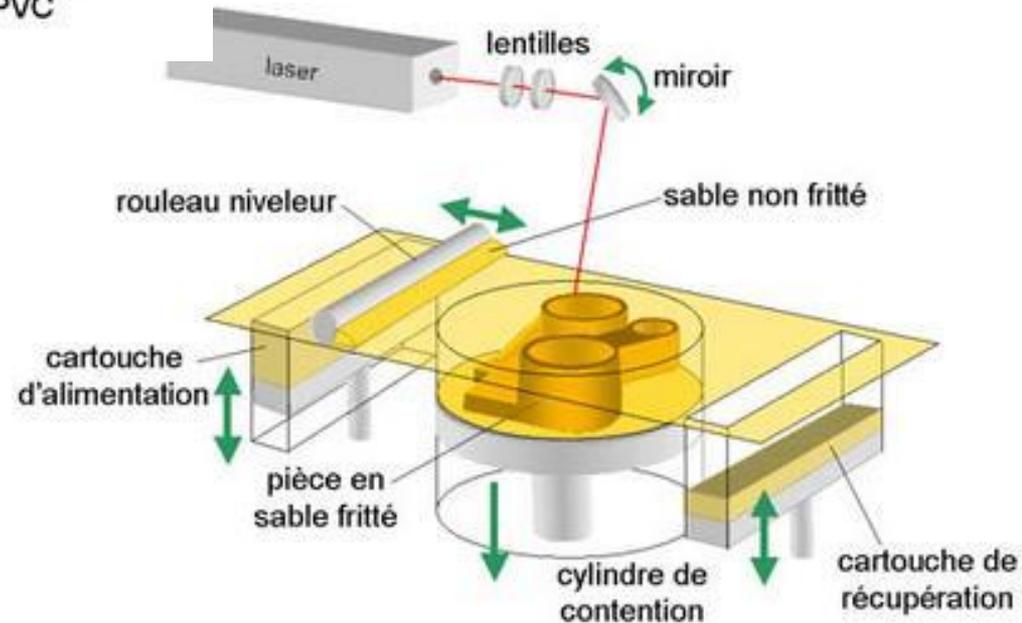
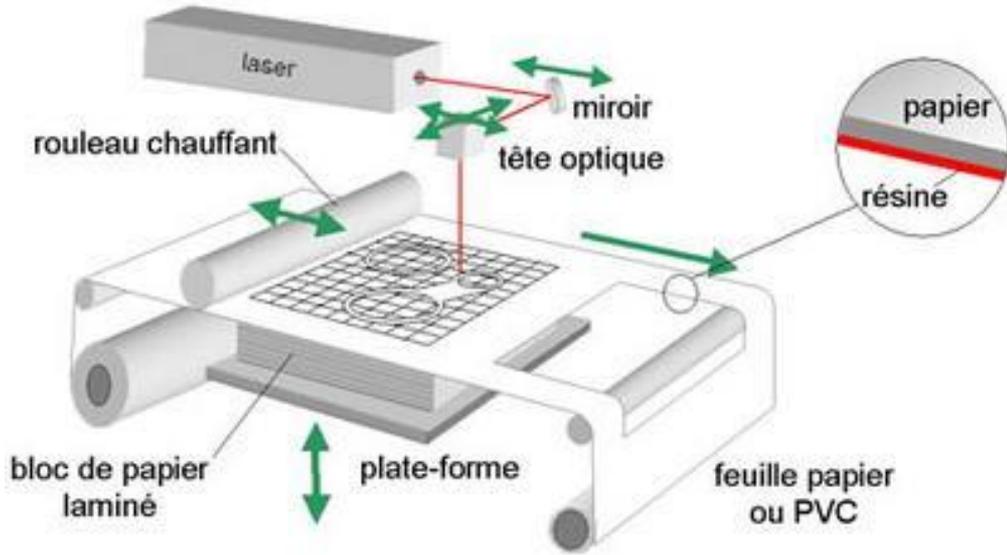


1. Moulage
2. Soudage
3. Impression 3D

Famille par « ajout de la matière »

1. Moulage
2. Soudage
3. Impression 3D

Famille par « ajout de la matière »



1. Moulage
2. Soudage
3. Impression 3D

Famille par « ajout de la matière »

1. M
2. S
3. I



LA MAGIE DE LA FABRICATION ADDITIVE

Famille par « assemblage »



Famille par « assemblage »



Comparatif des procédés

Le tableau ci-après offre un comparatif des différents procédés en vue de déterminer la solution la plus adaptée. Les procédés sont classés par section et apparaissent dans l'ordre du texte. Voir les sections pour plus de détails.

| Légende: | Coût | Nombre de pièces produites à l'heure | État de surface | Formes obtenues | Échelle | Degré de précision | Matériaux |
|---|--------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|---------|---------------------------|--|
| * = faible ** = moyen *** = élevé | | | | | | | |
| 1. Enlèvement de matière | | | | | | | |
| Usinage | * | * / ** | *** | Solides / complexes | P, M, G | *** | Bois, métal, plastique, verre, céramique |
| Découpe à commande numérique (CNC) | * | * / ** | *** | Solides complexes. Toutes les formes réalisables en CAO. | P, M, G | *** | Pratiquement tous les matériaux |
| Usinage par faisceau d'électrons (EBM) | ** | * | * | Solides / complexes. Toutes les formes réalisables en CAO. | P, M | *** | Pratiquement tous les matériaux (les températures de fusion élevées rallongent le temps de cycle). |
| Tournage | * | * / ** | ** | Symétriques | P, M | *** (métal) ** (autre) | Céramique, bois, métal, plastique |
| Calibrage | * | ** / *** | *** | Solides | P, M | * | Céramique |
| Découpe plasma | * | ** / *** | *** (finition des bords) | Plaques | P, M, G | ** | Métaux conducteurs |
| 2. Transformation des tôles | | | | | | | |
| Usinage chimique | * | *** | ** | Plaques | P, M | *** | Métal |
| Découpage à l'emporte pièce | ** | ** | ** (finition des bords) | Plaques | P, M | *** | Plastique |
| Découpe au jet d'eau | * | * / ** | ** (finition des bords) | Plaques | P, M, G | ** | Verre, métal, plastique, céramique, pierre, marbre |
| Électro-érosion (EDM) | * | * / ** | ** | Plaques | P, M, G | *** | Métaux conducteurs |
| Découpe laser | * | * / ** | ** (bois) / *** (métal) | Plaques | P, M | *** | Métal, bois, plastique, papier, céramique, verre |
| Oxycoupage | * | ** | ** | Plaques | P, M, G | ** | Métaux ferreux, titane |
| Formage de tôle | ** / *** | * / ** | * | Plaques | P, M, G | ** | Métal |
| Thermoformage du verre | *** | * | *** | Plaques | P, M, G | * | Verre |
| Formage électromagnétique | *** | *** | *** | Plaques | P, M, G | *** | Métaux magnétiques |
| Repoussage | ** | * / ** | * | Plaques | P, M, G | * | Métal |
| Découpe de métal | ** | *** | * | Plaques | P, M, G | *** | Métal |
| Industrial Origami® | * / ** / *** | * / ** / *** | *** | Plaques / complexes | P, M, G | *** | Métal, plastique, composites |
| Thermoformage | * / ** / *** | * / ** / *** | ** (en fonction du moule) | Plaques | P, M, G | ** | Thermoplastiques |
| Formage par explosion | ** | * / ** / *** | ** | Complexes | P, M, G | *** | Métal |
| Formage superplastique d'aluminium | *** | ** | *** | Plaques / formes complexes | P, M, G | ** | Aluminium superélastique |
| Formage intérieur libre à haute pression (FIDU) | * | ** | ** | Creuses | M, G | * | Métal |
| Soufflage de métaux | * | ** | *** | Plaques | P, M, G | *** | Métal, plastique |
| DuraPulp | *** | * | * | Plaques | M, G | * | Papier |
| Cintrage de contreplaqué | ** / *** | * / ** / *** | * / ** / *** (en fonction du bois) | Plaques | M, G | * | Bois |
| Formage de contreplaqué en trois dimensions | *** | *** | * | Plaques | P, M | * | Placage de bois |
| Pressage de contreplaqué | ** | * | *** | Plaques | P, M | s.o. | Placage de bois |

Comparatif des procédés

| Légende: | Coût de l'investissement en capital | Nombre de pièces produites à l'heure | État de surface | Formes obtenues | Échelle | Degré de précision | Matériaux |
|---|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------|---------|--------------------|---|
| 5. Consolidation | | | | | | | |
| Frittage | ** / *** | ** | *** | Complexes / solides | P, M | ** | Céramique, verre, métal, plastique |
| Compression isostatique à chaud (HIP) | ** | * | *** | Complexes / solides | P, M, G | ** | Céramique, métal, plastique |
| Compression isostatique à froid (CIP) | ** | * | ** | Complexes / solides | P, M | ** | Céramique, métal |
| Moulage par compression | ** | *** | *** | Solides | P | ** | Céramique, plastique |
| Moulage par transfert | ** / *** | *** | *** | Complexes / solides | M, G | *** | Composites, plastiques thermodurcissables |
| Moulage de mousse | *** | *** | * | Complexes / solides | P, M, G | ** | Plastique |
| Moulage de mousse sur une structure en contreplaqué | ** | ** | S.O. | Solides | M, G | ** | Bois, plastique |
| Gonflage de bois | * | * | S.O. | Solides | M, G | ** | Bois, plastique |
| Forgeage | * / ** / *** | * / ** / *** | * | Solides | P, M, G | * | Métal |
| Forgeage de poudre | *** | ** / *** | ** | Complexes / solides | P, M, G | ** | Métal |
| Moulage de précision de prototypes (pcPRO®) | * | * | * | Complexes / solides | P | *** | Plastique |
| 6. Procédés complexes | | | | | | | |
| Moulage par injection | *** | *** | *** | Complexes | P, M | *** | Plastique |
| Moulage réactif par injection | *** | ** | *** | Complexes | P, M, G | *** | Plastique |
| Moulage par injection assisté au gaz | *** | *** | *** | Complexes / solides | P, M, G | *** | Plastique |
| Procédé MuCell® de moulage par injection | *** | *** | *** | Complexes | P, M, G | *** | Plastique |
| Surmoulage | *** | *** | *** | Complexes | P, M | *** | Plastique, métal, composite |
| Moulage par injection multicomposants | *** | *** | *** | Complexes | P, M | *** | Plastique, métal, composite |
| Décoration dans le moule | *** | *** | *** | Complexes | P, M | *** | Plastique, métal, composite |
| Décoration sur le moule | *** | *** | *** | Complexes | P, M | *** | Métal |
| Moulage par injection de métal (MIM) | ** | ** | *** | Complexes | P, M, G | *** | Métal |
| Moulage sous haute pression | *** | *** | *** | Complexes | P, M | *** | Céramique |
| Moulage par injection de céramique (CIM) | *** | ** | *** | Complexes | P, M, G | *** | Métal |
| Moulage à la cire perdue | *** | ** | *** | Complexes | P, M, G | * | Métal |
| Moulage au sable | * | ** | * | Creuses | P, M, G | *** | Verre |
| Verre pressé | ** | *** | ** | Creuses | P, M, G | ** | Céramique |
| Coulage en barbotine sous pression | *** | *** | *** | Complexes | P, M, G | ** | Céramique |
| Formage viscoplastique (VPP) | *** | *** | *** | Complexes | P, M, G | ** | Céramique |
| 7. Techniques de pointe | | | | | | | |
| Impression jet d'encre | * | * | ** | Feuilles | P | *** | Autres |
| Prototypage par impression papier | * | * | * | Complexes | P | *** | Autres |
| Contour crafting | * | * | * | Complexes | G | *** | Céramique, composite |
| Séréolithographie | * | * | * | Complexes | P, M | *** | Plastique |
| Technologie MIMOTEC™ de fabrication de micromoules | * | *** | *** | Plates | P | *** | Plastique |
| Frittage sélectif au laser (FSL) | * | * | * | Complexes | P, M | *** | Métal, plastique |
| Smart Mandrels™ pour l'enroulement filamentaire | ** | * | S.O. | Creuses | P, M, G | ** | Plastique |
| Formage incrémental | * | ** | *** | Feuilles | P, M, G | * | Métal |

Comparatif des procédés

| Légende: | Coût de l'investissement en capital | Nombre de pièces produites à l'heure | État de surface | Formes obtenues | Échelle | Degré de précision | Matériaux |
|---|---|--------------------------------------|---|--|---------|--|--|
| **= faible ***= moyen ****= élevé | | | | | | | |
| 3. Procédés en continu | | | | | | | |
| Calandrage | *** | *** | *** | Plaques | G | s.o. | Textile, composite, plastique, papier |
| Soufflage de gaine | *** | *** | *** | Plaques / tubes | G | *** | Polyéthylène basse densité (PEBD), polyéthylène haute densité (PEHD), polypropylène (PP) |
| Exjection* | *** | ** | *** | Continues / complexes | P, M, G | *** | Bois, plastique, métaux |
| Extrusion | * | * | *** | Plaques / continues / complexes | M, G | *** | Plastique, plastique dérivé du bois, composite aluminium, cuivre, céramique |
| Pultrusion | ** | * | ** | Tous types de formes d'épaisseur constante | P, M, G | *** | Tous types de plastiques thermodurcissables renforcés de verre et de la fibre de carbone |
| Pulshaping™ | ** | *** | ** | Diverses pièces extrudées coupes transversales, forme continue | G | *** | Résines thermodurcissables renforcées de fibres de verre, carbone ou fibre d'aramide |
| Profilage | *** | *** | *** | Plaques | M, G | ** / *** (en fonction de l'épaisseur) | Métal, verre, plastique |
| Rétreint rotatif | * | ** / *** | *** | Tubes | P, M | ** | Métaux ductiles |
| Tissage de treillis pré-ondulés | * | ** / ** / *** | ** | Plaques | M, G | s.o. | Tous types d'alliages tissables et principalement inoxydables ou acier galvanisé |
| Fabrication de placages | s.o. | s.o. | ** | Plaques / produits continus | M, G | s.o. | Bois |
| 4. Produits creux à paroi fine | | | | | | | |
| Soufflage de verre à main levée | * / ** / *** | * / ** | *** | Tous types | P | * | Verre |
| Soufflage de verre au chalumeau | * | * / ** / *** | *** | Symétriques | P, M | * | Verre borosilicate |
| Procédé de soufflé-soufflé | *** | ** / *** | *** | Simple | P, M | * | Verre |
| Procédé de pressé-soufflé | *** | ** / *** | *** | Simple | P, M | ** | Verre |
| Moulage de plastique par soufflage | *** | ** | *** (lignes de joint visibles) | Formes simples arrondies | P, M, G | *** | PEHD, PE, PET, VC |
| Injection-soufflage | *** | ** | *** | Simple | P | *** | PC, PET, PE |
| Extrusion-soufflage | *** | * | *** | Complexes | P, M | ** | PP, PE, PET, PVC |
| Moulage par immersion | * | ** / *** | * | Simple, arrondies et flexibles | P, M | * | PVC, latex, polyuréthanes, élastomères, silicones |
| Rotomoulage | ** | ** / *** | ** | Tous types | P, M, G | * | PE, ABS, PC, Na, PP, PS |
| Coulage en barbotine | * / ** (en fonction du volume de production) | * / ** / *** | ** | Straples ou très complexes | P, M | * | Céramique |
| Hydroformage | *** | *** | * / ** (en fonction des matériaux) | Tubes, éléments profilés en T | P, M, G | *** | Métal |
| File inverse par choc | * | * / ** | ** | Symétriques | P, M | *** | Métal |
| Moulage de celluose | *** | *** | * | Complexes | P, M, G | ** / *** (en fonction du procédé) | Papier (journaux et cartons) |
| Moulage au contact | *** | * | ** / *** (en fonction de la méthode employée) | Sections minces et ouvertes | P | * | Carbone, aramide, verre et fibres naturelles résine thermodurcissable |
| Procédé d'infusion sous vide | ** | * | *** | Complexes | M, G | * | Résine, fibre de verre |
| Moulage en autoclave | ** | ** | * / ** (si on utilise du gel coat) | Simple | P, M, G | * | Polymères thermodurcis renforcés par des fibres |
| Enroulement filamentaire | * | * / ** / *** | ** (finitions nécessaires) | Creuses, symétriques | G | *** | Polymères thermodurcis renforcés par des fibres |
| Coulage centrifuge | * / ** / *** (en fonction du matériau) | * / ** | * / ** (en fonction du procédé) | Tubulaires | P, M, G | *** (en fonction du procédé) | Métal, verre, plastique |
| Electroformage | * | * | *** | Complexes | P, M, G | *** | Alliages galvanisables |

Matériaux

| ALLIAGES FERREUX | |
|--|--|
| FONTES | |
| <p>A) LES FONTES A GRAPHITE LAMELLAIRE : Exemple de désignation symbolique :</p> <p style="text-align: center;">EN-GJL-200</p> <p>Préfixe ——— Rr en Mpa ——— Symbole du type de fonte</p> <p><i>* Rr = Limite à la rupture en Mpa (N/mm²)</i></p> | |
| <p>B) LES FONTES MALLEABLES : Exemple de désignation symbolique :</p> <p style="text-align: center;">EN-GJMB-450-6</p> <p>Préfixe ——— A% ——— Rr en Mpa ——— Symbole du type de fonte</p> <p><i>* A% = Pourcentage d'allongement après rupture</i></p> | |
| <p>C) LES FONTES GRAPHITE SPHEROÏDAL : Exemple de désignation symbolique :</p> <p style="text-align: center;">EN-GJS-400-18</p> <p>Préfixe ——— A% ——— Rr en Mpa ——— Symbole du type de fonte</p> | |
| DESIGNATION DES MATERIAUX | |
| Fiche 1 | |

Matériaux

| ALLIAGES FERREUX | | | | SYMBOLES CHIMIQUES DES ELEMENTS D'ALLIAGE | | DESIGNATION DES MATERIAUX |
|---|---|---|--|---|-----------|---------------------------|
| FONTES | ACIERS | | | | | |
| | ACIERS NON ALLIES | ACIERS ALLIES | | | | |
| <p>A) LES FONTES A GRAPHITE LAMELLAIRE : Exemple de désignation symbolique :</p> <p style="text-align: center;">EN-GJL-200</p> <p>Préfixe — Rr en Mpa Symbole du type de fonte</p> <p>* Rr = Limite à la rupture en Mpa (N/mm²)</p> <p>B) LES FONTES MALLEABLES : Exemple de désignation symbolique :</p> <p style="text-align: center;">EN-GJMB-450-6</p> <p>Préfixe — A% — Rr en Mpa Symbole du type de fonte</p> <p>* A% = Pourcentage d'allongement après rupture</p> <p>C) LES FONTES GRAPHITE SPHEROÏDAL : Exemple de désignation symbolique :</p> <p style="text-align: center;">EN-GJS-400-18</p> <p>Préfixe — A% — Rr en Mpa Symbole du type de fonte</p> | <p>A) LES ACIERS D'USAGE GENERAL : S</p> <p>B) LES ACIERS DE CONSTRUCTION</p> <p>MECANIQUE : E</p> <p>Exemple de désignation :</p> <p style="text-align: center;">S 235 E 335</p> <p>Symbole — Re en Mpa</p> <p>* Re = Limite minimal délasticité en Mpa (N/mm²)</p> <p>C) LES ACIERS POUR TRAITEMENT THERMIQUE ET FORGEAGE :</p> <p>Exemple de désignation :</p> <p style="text-align: center;">C 40</p> <p>Symbole — % de carbone x 100</p> <p>≅ Acier non allié – 0,4% de carbone</p> <p>D) LES ACIERS NON ALLIES MOULES :</p> <p>Si un acier est moulé, sa désignation est précédée de la lettre G</p> <p>Exemples :</p> <p>GS 235 GS 335 GC40</p> | <p>A) LES ACIERS FAIBLEMENT ALLIES : (Aucun élément d'alliage n'atteint 5%)</p> <p>Exemple de désignation :</p> <p style="text-align: center;">30 Ni Cr Mo 8-6</p> <p>% de carbone x 100</p> <p>Symbole des éléments d'alliage par teneur décroissante</p> <p>% des éléments d'alliage x4 pour Cr, Co, Mn, Ni, Si, W x10 pour Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr x100 pour Ce, N, P, S x1000 pour B</p> <p>≅ 16 Ni Cr Mo 8-6 : 0,16 % de carbone – 2% de Nickel – 1,5% de Chrome – faible % de Molybdène</p> <p>B) LES ACIERS FORTEMENT ALLIES : (Au moins un élément d'alliage atteint 5%)</p> <p>Exemple de désignation :</p> <p style="text-align: center;">X 5 Cr Ni 18-10</p> <p>Symbole — % de carbone x 100 — % réel des éléments d'alliage</p> <p>Symbole des éléments d'alliage par teneur décroissante</p> <p>≅ X 5 Cr Ni 18-10 : 0,05% carbone – 18% de Chrome – 10% de Nickel</p> | | | | |
| | | | | Al | Aluminium | |
| | | | | Sb | Antimoine | |
| | | | | Ag | Argent | |
| | | | | Be | Béryllium | |
| | | | | Bi | Bismuth | |
| | | | | B | Bore | |
| | | | | Cd | Cadmium | |
| | | | | Ce | Cérium | |
| | | | | Cr | Chrome | |
| | | | | Co | Cobalt | |
| | | | | Cu | Cuivre | |
| | | | | Sn | Etain | |
| | | | | Fe | Fer | |
| | | | | Ga | Gallium | |
| | | | | Li | Lithium | |
| | | | | Mg | Magnésium | |
| | | | | Mn | Manganèse | |
| | | | | Mo | Molybdène | |
| | | | | Ni | Nickel | |
| | | | | Nb | Niobium | |
| | | | | Pb | Plomb | |
| | | | | Si | Silicium | |
| | | | | Sr | Strontium | |
| | | | | Ti | Titane | |
| | | | | V | Vanadium | |
| | | | | Zn | Zinc | |
| | | | | Zr | Zirconium | |

Matériaux

| ALLIAGES NON FERREUX | |
|--|---|
| <p>ALLIAGES D'ALUMINIUM</p> <p>Exemple de désignation :</p> <p style="text-align: center;"> Code numérique Désignation symbolique éventuellement EN AB-21 000 [Al Cu4 Mg] </p> <p> Symbole du métal de base : ALUMINIUM 1^{er} élément d'addition suivi de son pourcentage réel 2^e élément d'addition suivi de son pourcentage réel </p> <p> EN AB-21 000 [Al Cu 4 Mg] : <i>Alliage d'aluminium – 4% de Cuivre – faible % de Magnésium</i> </p> <p><u>Exemples d'alliage d'Aluminium :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>ALPAX</u> : Aluminium (Al) + Silicium (Si) EN AB-44 200 [Al Si 12] Bonne moulabilité - <u>DURALIUM</u> : Aluminium (Al) + Cuivre (Cu) EN AW-2017 [Al Cu 4 Mg Si] Bonne usinabilité - <u>DURALINOX</u> : Aluminium (Al) + Magnésium (Mg) EN AW-5086 [Al Mg 4] Bonne soudabilité (Pièces chaudronnées : Citernes, tuyauterie) | <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; font-size: 1.2em;">DESIGNATION DES MATERIAUX</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; font-size: 1.2em;">Fiche 2</p> |

Matériaux

| ALLIAGES NON FERREUX | |
|---|---|
| ALLIAGES D'ALUMINIUM | ALLIAGES DE ZINC MOULES |
| <p>Exemple de désignation :</p> <p style="text-align: center;"> Code numérique Désignation symbolique éventuellement EN AB-21 000 [Al Cu4 Mg] </p> <p> Symbole du métal de base : ALUMINIUM 1^{er} élément d'addition suivi de son pourcentage réel 2^e élément d'addition suivi de son pourcentage réel </p> <p> EN AB-21 000 [Al Cu 4 Mg] : <i>Alliage d'aluminium – 4% de Cuivre – faible % de Magnésium</i> </p> <p><u>Exemples d'alliage d'Aluminium :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>ALPAX</u> : Aluminium (Al) + Silicium (Si) EN AB-44 200 [Al Si 12] Bonne moulabilité - <u>DURALIUM</u> : Aluminium (Al) + Cuivre (Cu) EN AW-2017 [Al Cu 4 Mg Si] Bonne usinabilité - <u>DURALINOX</u> : Aluminium (Al) + Magnésium (Mg) EN AW-5086 [Al Mg 4] Bonne soudabilité (Pièces chaudronnées : Citernes, tuyauterie) | <p>La mise en œuvre des alliages de zinc est facile en fonderie. Il est possible de réaliser des pièces robustes à parois minces très complexes avec des tolérances serrées.</p> <p><u>Principales nuances d'alliage de Zinc :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>ZAMAK (2, 3 et 5)</u> : Alliage de fonderie sous pression (Carburateurs, boîtiers ...). - <u>KAYEM (1 et 2)</u> : Alliage pour la fabrication par fonderie d'outillages de presse et de moules pour plastiques. - <u>ZA (8 et 27)</u> : Alliage pour moulage coquille ou sous pression. Bonnes caractéristiques mécaniques et bonne résistance au frottement. |

DESIGNATION DES MATERIAUX

Fiche 2

Matériaux

| ALLIAGES NON FERREUX | | |
|--|---|--|
| ALLIAGES D'ALUMINIUM | ALLIAGES DE ZINC MOULES | ALLIAGES DE CUIVRE |
| <p>Exemple de désignation :</p> <p style="text-align: center;"> Code numérique Désignation symbolique éventuellement EN AB-21 000 [Al Cu4 Mg] </p> <p> Symbole du métal de base : ALUMINIUM 1^{er} élément d'addition suivi de son pourcentage réel 2^e élément d'addition suivi de son pourcentage réel </p> <p> <i>EN AB-21 000 [Al Cu 4 Mg] : Alliance d'aluminium – 4% de Cuivre – faible % de Magnésium</i> </p> <p><u>Exemples d'alliage d'Aluminium :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ALPAX : Aluminium (Al) + Silicium (Si) EN AB-44 200 [Al Si 12] Bonne moulabilité - DURALIUM : Aluminium (Al) + Cuivre (Cu) EN AW-2017 [Al Cu 4 Mg Si] Bonne usinabilité - DURALINOX : Aluminium (Al) + Magnésium (Mg) EN AW-5086 [Al Mg 4] Bonne soudabilité (Pièces chaudronnées : Citernes, tuyauterie) | <p>La mise en œuvre des alliages de zinc est facile en fonderie. Il est possible de réaliser des pièces robustes à parois minces très complexes avec des tolérances serrées.</p> <p><u>Principales nuances d'alliage de Zinc :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ZAMAK (2, 3 et 5) : Alliage de fonderie sous pression (Carburateurs, boîtiers ...). - KAYEM (1 et 2) : Alliage pour la fabrication par fonderie d'outillages de presse et de moules pour plastiques. - ZA (8 et 27) : Alliage pour moulage coquille ou sous pression. Bonnes caractéristiques mécaniques et bonne résistance au frottement. | <p>Bons conducteurs électriques.</p> <p>Exemple de désignation :</p> <p style="text-align: center;"> Cu Zn 39 Pb2 </p> <p> Symbole du métal de base : CUIVRE 1^{er} élément d'addition suivi de son pourcentage réel 2^e élément d'addition suivi de son pourcentage réel </p> <p> <i>Cu Zn 39 Pb2 : Alliance de Cuivre – 39% de Zinc – 2 % de Plomb</i> </p> <p><u>Exemples d'alliage de Cuivre :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - BRONZE : Cuivre (Cu) + Etain (Sn) Cu Sn 8 Matériau de frottement (Bague, douille, segments) - LAITON : Cuivre (Cu) + Zinc (Zn) Cu Zn 15 Bonne usinabilité (robinetterie, pompe) - CUIVRE AU BERYLIUM : Cuivre (Cu) + Béryllium (Be) Cu Be 2 Ressorts, rondelles onduflex, connecteurs |
| DESIGNATION DES MATERIAUX | | |
| Fiche 2 | | |

Matériaux

| MATERIAUX PLASTIQUES, ELASTOMERES | | | | | | |
|--|--|---|-----------------------|--|---|--|
| CLASSIFICATION | EMPLOIS DES PRINCIPAUX PLASTIQUES ET ELASTOMERES | | | | | |
| <p>A) LES MATERIAUX PLASTIQUES :</p> <p>Ils se présentent souvent sous la forme de pièces moulées, certains peuvent être usinés.</p> <p>PLASTIQUE = POLYMERE + ADJUVANTS + ADDITIFS</p> <p>* Polymère = Résine (constituant de base)</p> <p>* Adjuvants = Renforts, anti-oxydant ...</p> <p>* Additifs = Colorants, lubrifiants, ignifugeants ...</p> <p>On distingue deux catégories principales de plastiques :</p> <p>- Les thermoplastiques</p> <p>- Les thermodurcissables</p> <p>1- Les thermoplastiques :</p> <p>Sous l'action de la chaleur, ils arrivent à une phase pâteuse et peuvent être moulés. Après solidification, ils peuvent à nouveau être chauffés et devenir liquides ou pâteux.</p> <p>2- Les thermodurcissables :</p> <p>Sous l'action de la chaleur, ils ne peuvent devenir pâteux qu'une seule fois. Après solidification, si on les chauffe à nouveau, ils gardent leur état solide.</p> <p>B) LES ELASTOMERES :</p> <p>Ils se présentent sous la forme de pièces très élastiques, joints d'étanchéité, membranes, pièces d'amortissement des chocs.</p> | Symboles | Significations | *Usinabilité | *Soudabilité | Utilisations | |
| | THERMOPLASTIQUES | | | | | |
| | CA | Acétate de cellulose | TB | TB | Plus vieux plastique (1905). Peignes, jouets | |
| | ABS | Acrylonitrile-butadiène-styrène | B | F | Carrosserie Auto. Articles ménagers | |
| | PMMA | Polyméthacrylate de méthyle (PLEXIGLASS) | TB | F | Transparent. Vitres, optiques d'éclairage | |
| | PA6/6 | Polyamide type 6-6 (NYLON) | TB | B | Engrenages, coussinets | |
| | PA 11 | Polyamide type 11 (NYLON) | TB | B | Canalisations | |
| | PC | Polycarbonate | TB | B | Transparent. Visières de casque. Bols de robots | |
| | PE hd | Polyéthylène haute densité | TB | TB | Poches plastiques, récipients | |
| | PE bd | Polyéthylène basse densité | TB | TB | Flacons, bidons | |
| | PTFE | Polytétrafluoréthylène (TEFLON) | B | No | Joints, patins de glissement | |
| | POM | Polyoxyméthylène (DELRIN) | TB | TB | Robinets, engrenages | |
| | PP | Polypropylène | TB | TB | Tuyaux, bouteilles | |
| | PS | Polystyrène | M | TB | Emballages électroménagers | |
| | PSB | Polystyrène résistant aux chocs | B | TB | Carters électroménagers | |
| | PVC U | Polychlorure de vinyle (rigide) | TB | TB | Canalisations | |
| | PVC P | Polychlorure de vinyle (souple) | TB | TB | Tuyaux, gaines isolantes | |
| | THERMODURCISSABLES | | | | | |
| | PF 21 | Phénoplaste (BAKELITE) | Selon la charge | Plus vieux desthermodurcissables (1907). Isolant électrique et thermique. Vernis de bobinage | | |
| | EP | Epoxyde (ARALDITE) | | Enrobage, colle puissante | | |
| | UP | Polyester | | Carrosserie, cuves. Bonne tenue mécanique | | |
| | PUR | Polyuréthane | | Pare-chocs, volants | | |
| | ELASTOMERES | | | | | |
| NBR | Butadiène-Acrylonitrile (PERBUNAN) | Joints, membranes, Essuie-glaces, amortisseurs Soufflets, pneus ... | | | | |
| EPM | Ethylène-Propylène | | | | | |
| FPM | Fluorocarbone | | | | | |
| FKM | Elastomère fluoré (VITON) | | | | | |
| * TB = Très bon – B = Bon – M = Moyen – F = Facile | | | | | | |

DESIGNATION DES MATERIAUX

Fiche 3

Construisons ensemble un exemple d'un système Automatisé :

Définition :

Un système automatisé est composé de plusieurs éléments qui exécutent un ensemble de tâches programmées sans que l'intervention de l'homme ne soit nécessaire.

Exemples : le passage à niveau automatique, la porte de garage, etc...

Définition :

Il est composé de :

Chaîne d'information / La partie commande (PC) : elle donne les ordres et reçoit les informations de l'extérieur ou de la partie opérative. Elle peut se présenter sous 3 manières différentes : un boîtier de commande, un microprocesseur (cerveau électronique), ou un ordinateur.

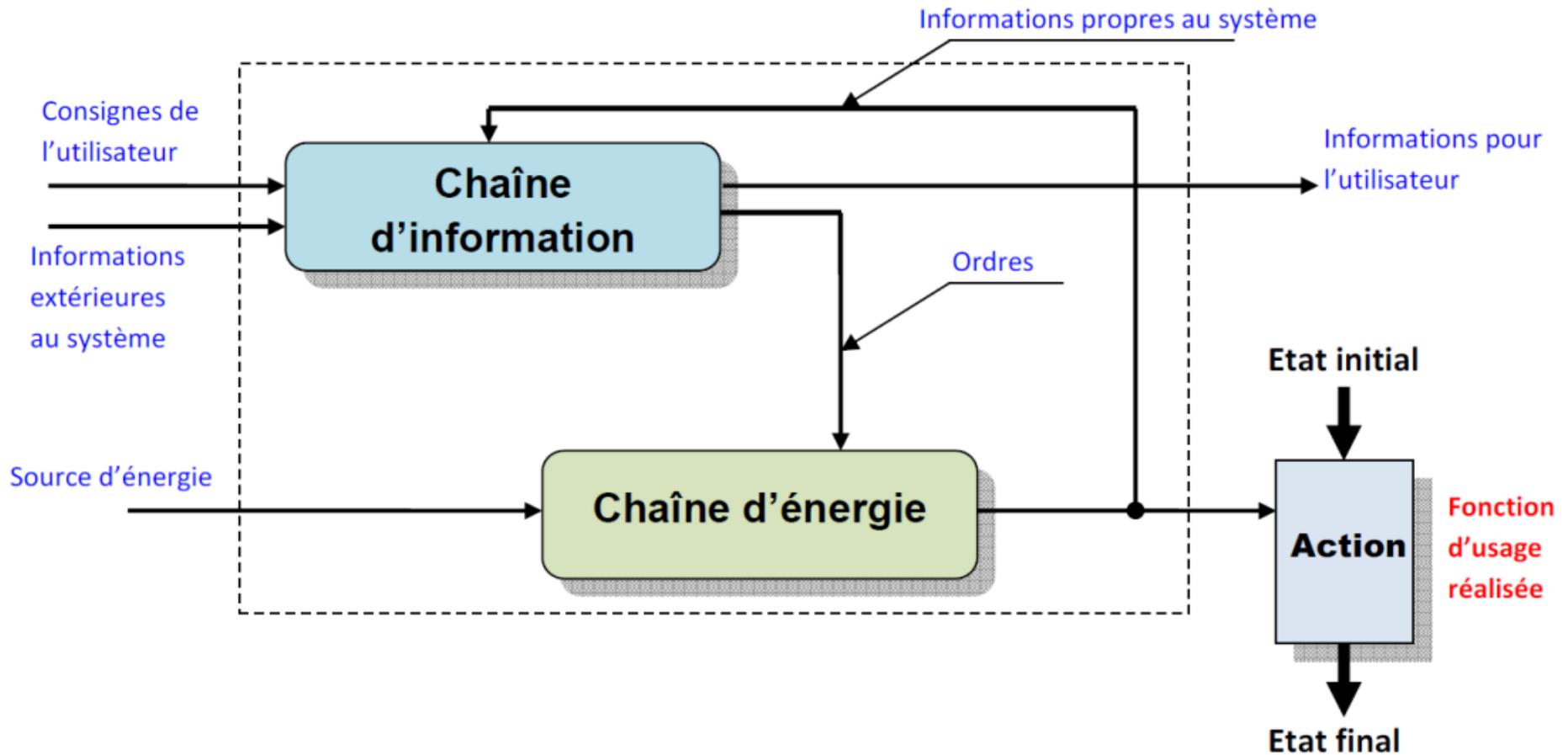
Chaîne d'énergie / La partie opérative (PO) : c'est la partie d'un système automatisé qui effectue le travail. Autrement dit, c'est la machine. C'est la partie qui reçoit les ordres de la partie commande et qui les exécute. Elle comporte les capteurs et les actionneurs :

Définition :

Un actionneur est un élément de la partie opérative qui est capable de produire une action physique tel qu'un déplacement, un dégagement de chaleur, une émission de lumière ou de son à partir de l'énergie qu'il a reçu.

Un capteur est un élément de la partie opérative qui permet de recueillir des informations et de les transmettre à la partie commande. Les capteurs sont choisis en fonction des informations qui doivent être recueillies (température, son, lumière, déplacement, position).

Définition :



Qu'est-ce que l'industrie 4.0, la quatrième révolution industrielle ?

En 2011, au Salon de la technologie industrielle de Hanovre en Allemand, le terme « **industrie 4.0** » a été évoqué pour la première fois. Appelée aussi industrie du futur, smart manufacturing ou encore usine du futur, l'industrie 4.0 correspond à cette quatrième révolution industrielle.

**La première révolution industrielle : la
production mécanique**

Qu'est-ce que l'industrie 4.0, la quatrième révolution industrielle ?

En 2011, au Salon de la technologie industrielle de Hanovre en Allemagne, le terme « **industrie 4.0** » a été évoqué pour la première fois. Appelée aussi industrie du futur, smart manufacturing ou encore usine du futur, l'industrie 4.0 correspond à cette quatrième révolution industrielle.

La première révolution industrielle : la production mécanique

La deuxième révolution industrielle : le Taylorisme

Qu'est-ce que l'industrie 4.0, la quatrième révolution industrielle ?

En 2011, au Salon de la technologie industrielle de Hanovre en Allemand, le terme « **industrie 4.0** » a été évoqué pour la première fois. Appelée aussi industrie du futur, smart manufacturing ou encore usine du futur, l'industrie 4.0 correspond à cette quatrième révolution industrielle.

**La première révolution industrielle : la
production mécanique**

**La deuxième révolution industrielle : le
Taylorisme**

**La troisième révolution industrielle : le
Toyotisme**

Qu'est-ce que l'industrie 4.0, la quatrième révolution industrielle ?

En 2011, au Salon de la technologie industrielle de Hanovre en Allemand, le terme « **industrie 4.0** » a été évoqué pour la première fois. Appelée aussi industrie du futur, smart manufacturing ou encore usine du futur, l'industrie 4.0 correspond à cette quatrième révolution industrielle.

**La première révolution industrielle : la
production mécanique**

**La deuxième révolution industrielle : le
Taylorisme**

**La troisième révolution industrielle : le
Toyotisme**

**La quatrième révolution industrielle :
L'industrie 4.0**

Qu'est-ce que l'industrie 4.0, la quatrième révolution industrielle ?

L'Internet des objets (IoT)

Ce terme, en anglais Internet of Things (IoT), désigne la matérialisation d'internet dans le monde réel. Cela englobe tous les objets, que ce soit des véhicules, des bâtiments ou autres, le temps que ceux-ci soient reliés à un réseau internet. C'est-à-dire qu'une puce électronique, un capteur ou toute autre forme de connectivité doit être présente afin de que les objets soient connectés et puissent communiquer entre eux, collecter et échanger des informations. L'IoT permet donc de contrôler et suivre à distance des objets.

Qu'est-ce que l'industrie 4.0, la quatrième révolution industrielle ?

Les systèmes cyber-physique (CPS)

Un système cyber-physique est un système qui échange de manière autonome des informations, contrôle des processus et **déclenche des actions en fonction des « circonstances »**. Cela se fait à l'aide de capteurs physiques qui remontent de l'information à un serveur de décision, qui à son tour déclenche une action. Ce système forme une **boucle décisionnelle** pouvant agir sur son environnement de manière continue.

Qu'est-ce que l'industrie 4.0, la quatrième révolution industrielle ?

Jumeau numérique (twin models)

D'après Raksmei Phan, un jumeau numérique est dans la plupart du temps un modèle 3D d'un processus, d'un produit ou d'un service. C'est un **double modélisé** à l'aide de capteurs sur l'objet principal dans le but de récupérer des données. Grâce à cela, il est possible de connaître la position de l'objet dans l'espace, son état, sa température, etc.

Qu'est-ce que l'industrie 4.0, la quatrième révolution industrielle ?

Les Imprimantes 3D

La fabrication additive ou l'**impression 3D** est un outil permettant de créer des objets physiques couche par couche, par ajout successif de matière. À travers l'industrie 4.0, l'impression 3D permet de produire des produits uniques et personnalisés rapidement et à faibles coûts.

Qu'est-ce que l'industrie 4.0, la quatrième révolution industrielle ?

Cyber-sécurité

La cybersécurité est la protection des systèmes connectés à Internet contre les menaces informatiques visant le matériel, les logiciels et les données. Comme l'Industrie 4.0 développe l'Internet des Objets, il est plus que nécessaire de protéger le parc informatique contre le piratage des données et du risque de prise de contrôle de l'outil de production à distance.

Qu'est-ce que l'industrie 4.0, la quatrième révolution industrielle ?

Le robot collaboratif (Cobot)

Les cobots sont des **robots collaboratifs** mis en place dans des usines de production industrielle. Cela signifie que les robots travaillent avec l'opérateur. En effet, le cobot devient un collègue afin d'aider l'opérateur dans son travail quotidien. Ces robots sont sécurisés et assistent l'opérateur dans ces tâches les plus pénibles ou répétitives.

Qu'est-ce que l'industrie 4.0, la quatrième révolution industrielle ?

Le Cloud Computing

Le Cloud Computing autrement dit l'**informatique en nuage**, est un réseau partagé et à la demande donnant accès à des services et des ressources informatiques comme des serveurs, des bases de données, du stockage ou encore des logiciels, par internet dans le but d'offrir une innovation plus rapide, des ressources flexibles et des économies d'échelle.

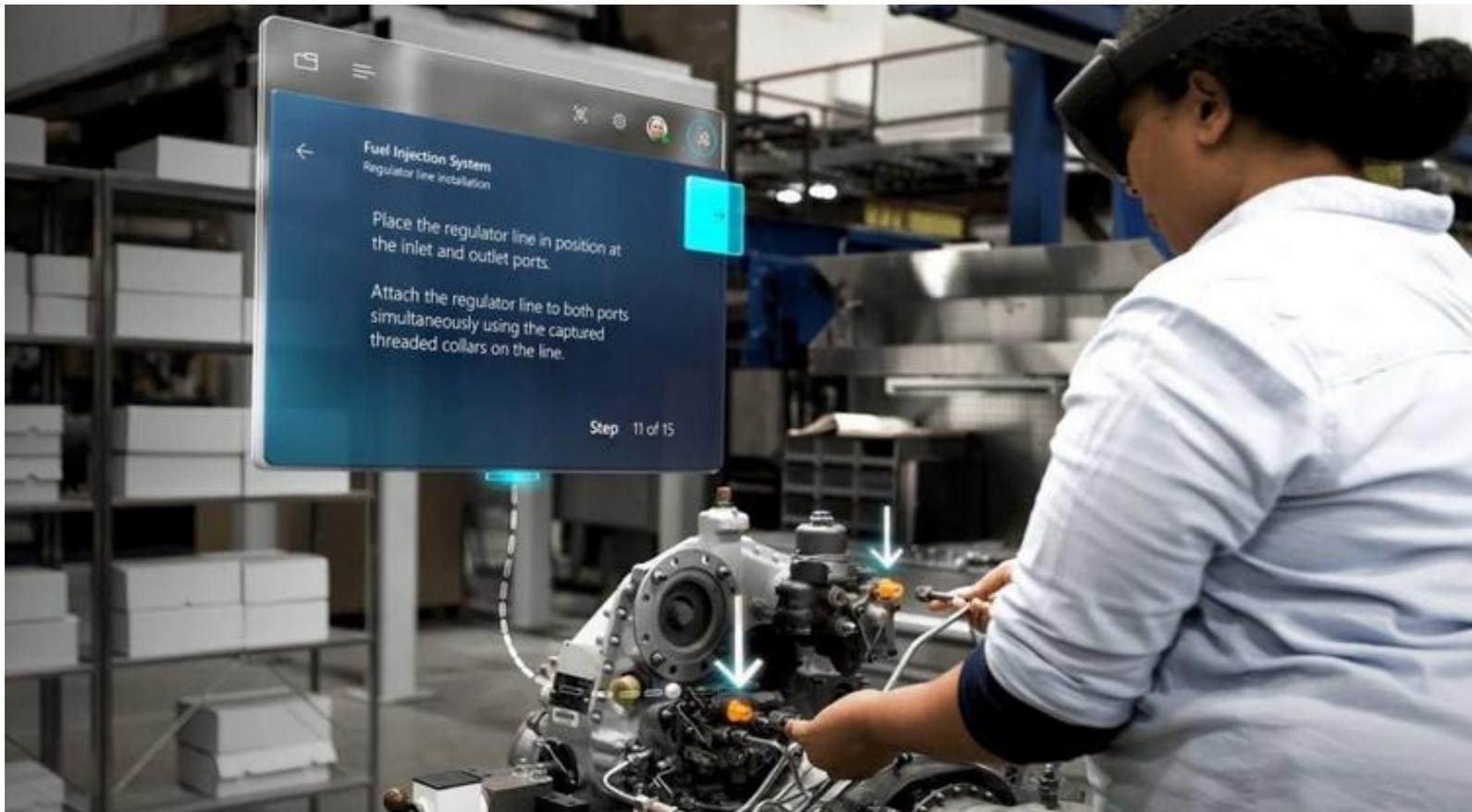
Qu'est-ce que l'industrie 4.0, la quatrième révolution industrielle ?

La réalité augmentée (RA)

Cette technologie permet d'intégrer des éléments virtuels en 3D au sein d'un environnement réel. Le principe est simple, c'est la combinaison du virtuel et du réel afin d'obtenir de l'information de manière rapide pour l'ensemble des collaborateurs. Par ce fait, la réalité augmentée **accroît l'efficacité** du collaborateur tout comme les cobots.

Qu'est-ce que l'industrie 4.0, la quatrième révolution industrielle ?

Réalité augmentée en production



Qu'est-ce que l'industrie 4.0, la quatrième révolution industrielle ?

Grâce à toute cette connectivité, les entreprises arrivent à réduire les coûts de main-d'œuvre, la consommation d'énergie et augmentent l'efficacité des processus industriels.

Aujourd'hui les usines ne produisent plus à la chaîne car le consommateur souhaite un produit unique et personnalisé qui correspond à ses besoins.

L'industrie 4.0 arrive à répondre à cette exigence par le biais d'une **usine flexible et connectée** grâce à une utilisation intensive des outils du numérique.

Machines de production

Eléments d'identification et de contrôle des pièces

Code à barres



QR code



Le QR code et une identification à 15 caractères assurent une inviolabilité de la pièce détachée.

Eléments d'identification

RFID

Caméra



MAIRE |...



MAGING
ustrielle....

Eléments d'identification et de contrôle des pièces

Reconnaissance des caractères

Reconnaissance des formes

Code à barres

Identification par radio fréquence RFID (Radio Frequency Identification)

Elle est largement reconnue pour ses capacités de lecture :

- sans intervention humaine ;
- sans imposer un arrêt complet (la lecture peut se faire à des vitesses excédant 200 km/h) ;
- dans des conditions parfois très difficiles pour d'autres technologies (par exemple en chambre froide, par survol d'un drone, ou sans ligne de visibilité directe).

Éléments d'identification et de contrôle des pièces

Système RFID

Exemples

– La chaine Zara (du groupe Inditex) utilise des étiquettes RFID dans leurs magasins de détail.

Chaque article est codé avec la couleur, le style, et la taille ; un simple coup de lecteur permet de prendre l'inventaire du magasin.

– L'inventaire manuel est bien plus difficile et enclin à l'erreur.

Le réapprovisionnement des marchandises dans les magasins se fait tous les jours, et cela assure un stock frais qui tourne au prix le plus élevé.

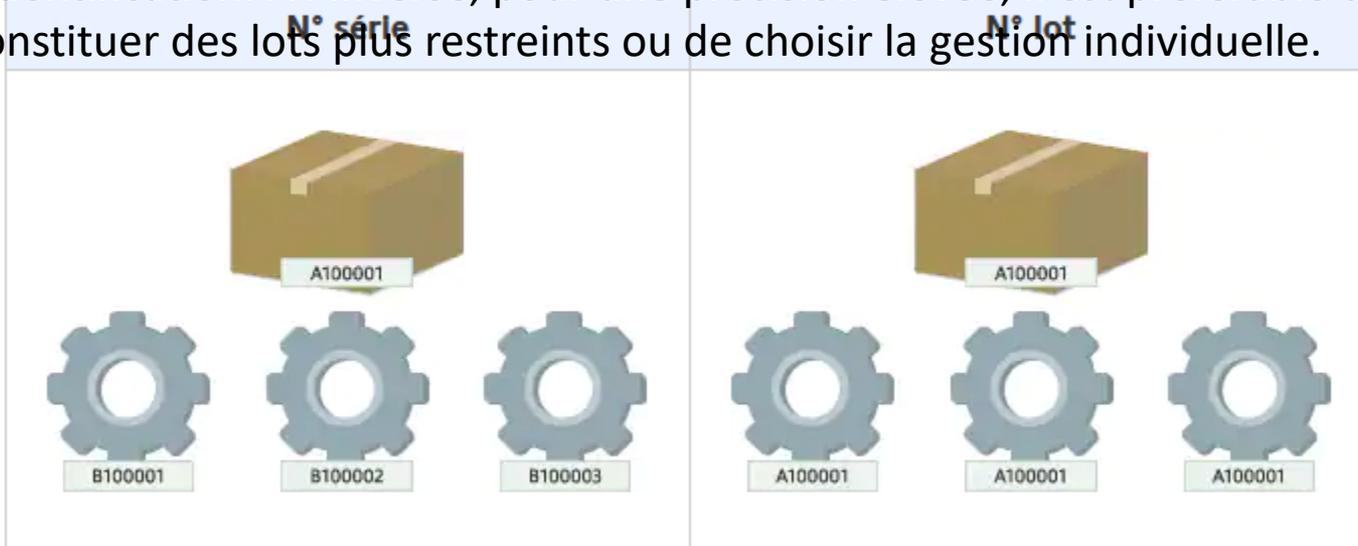
Comme les étiquettes RFID sont intégrées aux tags antivols, les étiquettes sont récupérées ce qui permet d'importantes économies.

Elément

| Gestion Individuelle (gestion par numéro de série) | Gestion par lots |
|--|---|
| <p>Chaque pièce ou produit se voit attribué un numéro de série unique et est géré(e) individuellement. En cas de rappel, les produits posant problème peuvent être localisés en toute fiabilité. Cette méthode est également appelée gestion par numéro de série car elle exploite des numéros de série (numéros uniques).</p> | <p>Les produits fabriqués dans des conditions identiques sont considérés comme appartenant à un même groupe (lot) et à chaque lot est attribué un numéro d'identification. Cette méthode de gestion exige de vérifier que tous les produits soient de qualité uniforme. Tous les produits du lot portant le même numéro d'identification, il est impossible de les identifier individuellement.</p> |

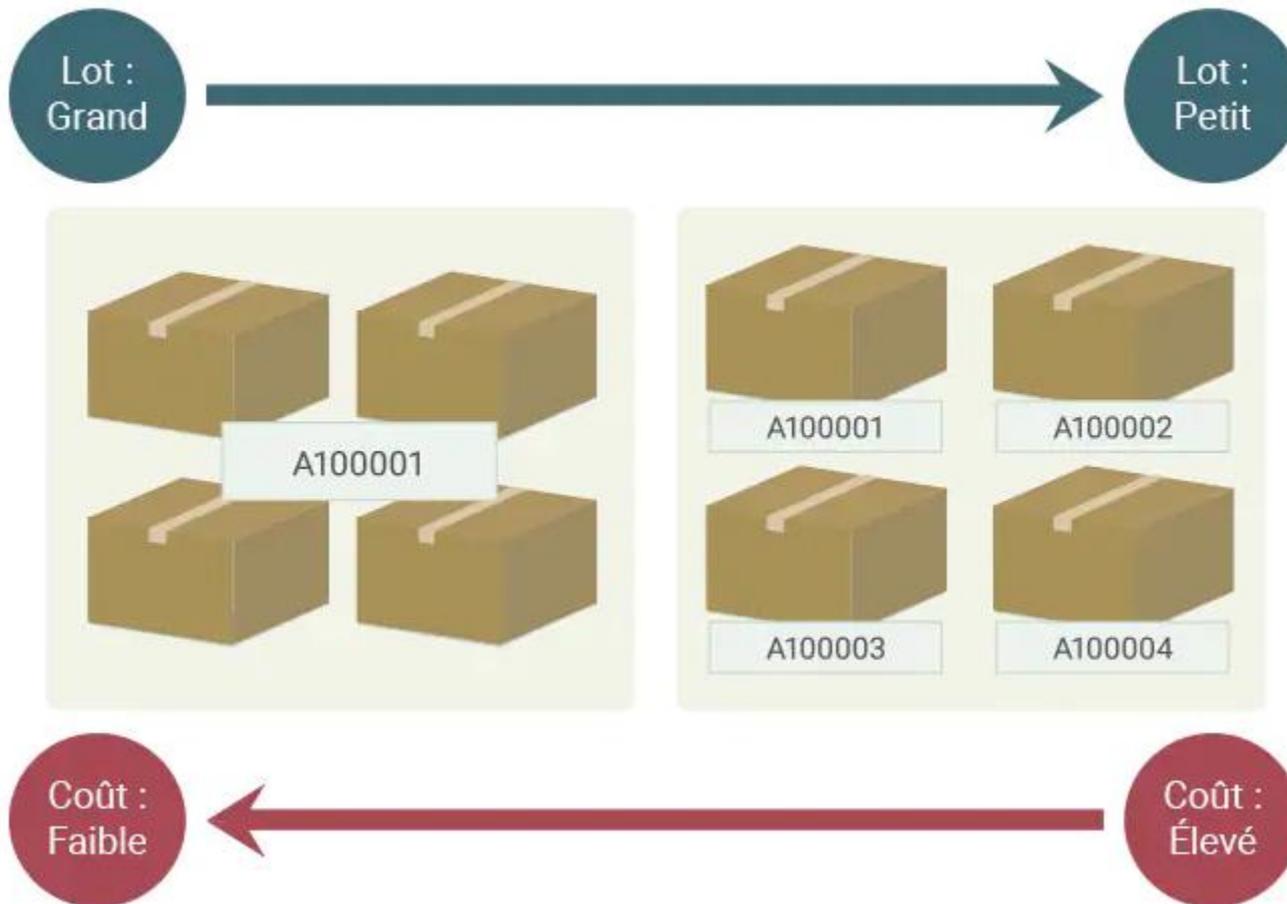
Objets

La gestion par lots vous permet de mettre en œuvre la traçabilité à moindres coûts grâce à l'élargissement de l'étendue ou de l'échelle de l'identification. À l'inverse, pour une précision élevée, il est préférable de constituer des lots plus restreints ou de choisir la gestion individuelle.



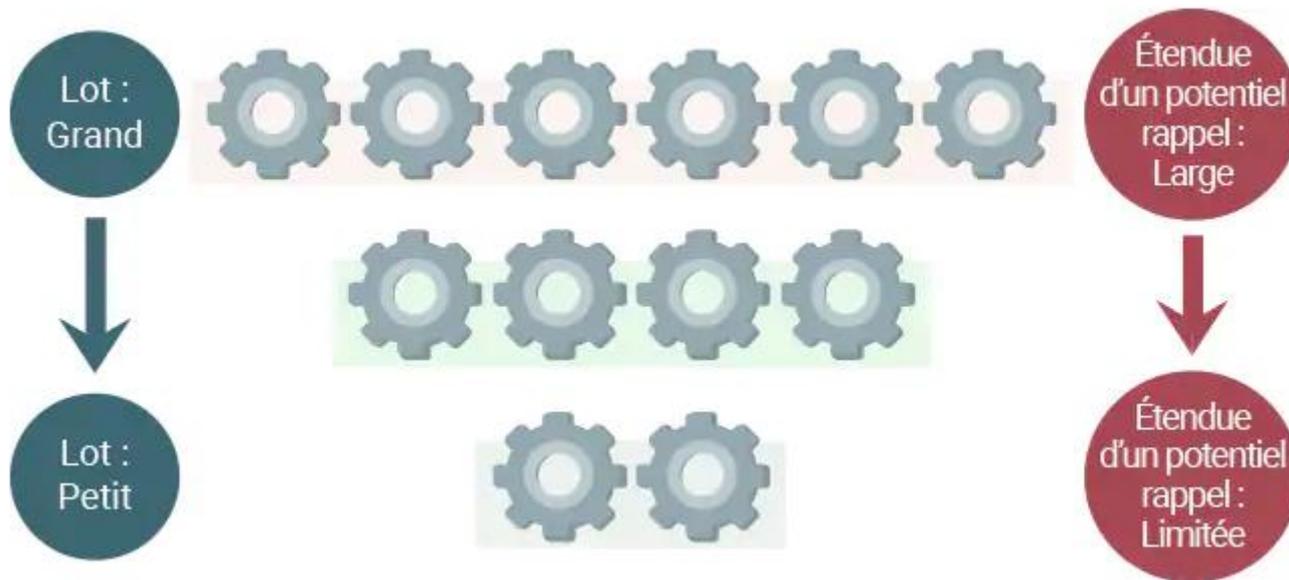
Eléments d'identification et de contrôle des pièces

Mettre en place un système capable de clarifier et d'identifier le flux des objets



Eléments d'identification et de contrôle des pièces

Mettre en place un système capable de clarifier et d'identifier le flux des objets



Eléments de transport au sein des ateliers



Inconvénients :

Eléments de transport au sein des ateliers

Les AGV & AMR, robots mobiles intelligents



CM - Convoyeur motorisé



GF - Gerbeur frontal



Loadstar
retractables

Systeme automatisé et usine du future
