Procédés de Fabrication I - IGI
Chapitre 1. Introduction

14 septembre 2026

Programme : Introduction

Généralités

Définitions, classification

Objectifs et structures

Historique

Défis pour l'ingénieur

1.1.1 Motivation - société

Importance et rôle de la production dans la société

- *'To live well, a nation must **produce** well'*

  Dertouzos et al., 1989
- *'Unless, we as a nation consider **manufacturing** as important as fundamental science, health, social programs, and national security, we will not be able to generate the resources necessary to pay for our investments in these factors which contribute to our standard of living'* *J. Finnie, Chairman of the Unit Manufacturing Process Research Committee, US National Research Council, 1995*
- *There are only three means to generate wealth in the economy agriculture, mining and **manufacturing**. Everything else is just promoting good conditions for theses activities and redistributing the money in some way'* *David Dornfeld, speech on innovation and sustainability*
- *'Advanced **manufacturing**, the idea of optimizing the way we are producting things, seems to be the only way to maintain the sustainability of the economy and of the lifestyle in our industrialized countries'* *David Dornfeld, speech on innovation and sustainability*

(cf. Annexe 1)

1.1.2 Motivation - économie

Importance économique de la production :

- *La production reste la colonne vertébrale des pays industrialisés :*
  - *elle représente environ* 25% *du produit intérieur brut (PIB) des pays industrialisés (PIB),*
  - *elle représente environ* 40% *du prix de revient d'un produit, les autres* 60% *correspondent essentiellement aux coûts de matière, de développement et de marketing.*

Importance concurrentielle de la production :

- *Plus que les innovations apportées au produit lui-même, les améliorations des technologies de production sont difficiles à détecter et longues à imiter. On appelle cela l'**innovation par la technique de production***

1.2.1 Définition : Procédé de Production

Définition

Un procédé de production est une opération de transformation qui permet de passer de la matière brute à une pièce plus complexe à l'aide d'outils et d'énergie.

Mat. brute :	*Outils :*	*Energie :*	*Pièces compl. :*
- métal	*- moule d'injection*	*- mécanique*	*- clavier d'ordinateur*
- polymère	*- électrode EDM*	*- électrique*	*- tasse à café*
- céramique	*- plaqu. de coupe*	*- chimique*	*- prothèse osseuse*
- . . .	*- . . .*	*- pneumatique*	*- moule d'injection*
- . . .	*- . . .*	*- thermique*	*- électrode EDM*

Attention

- *Les opérations d'assemblage (vissage, rivetage, sertissage, clipage, soudage, brasage, collage ...) ne sont pas considérées comme des procédés de production.*
- *Les traitements thermiques, les revêtements ... sont considérés comme des opérations de transformations mais pas comme des procédés de production.*

1.2.2 Classification des procédés de production

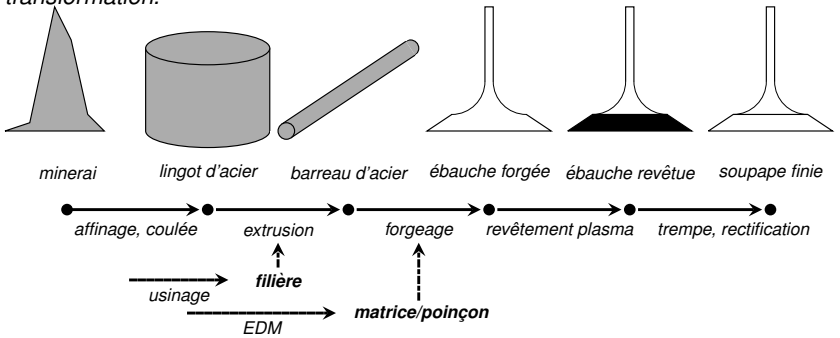
Les proc. de prod. se répartissent en trois classes essentielles :

- *Les procédés de production **ablatifs** où la pièce est fabriquée par **enlèvement** de matière :*
  i) *le fraisage, l'élecro-érosion,*
  ii) *l' usinage électro-chimique.....*
- *Les procédés. de production **replicatifs** où la pièce est fabriquée par **ajout/déformation** de matière dans/sur un **outil de forme** qui a une **forme dédiée** et qui entre en contact avec la pièce.*
  i) *l'injection plastique, la fonderie.*
  ii) *le forgeage, l'extrusion.*
  iii) *l'emboutissage .....*
- *Les procédés de production **additifs** où la pièce est fabriquée par un **ajout** de matière **sans utilisation d'outil de forme**.*
  i) *l'impression 3d (SLA,FDM,SLS).*

1.2.3 Combinaison des procédés

Chaînes de transformations et chaînes de procédés

- *La fabrication d'une pièce finie requiert généralement une séquence d'opérations de transformation.*



- *Cette séquence est la **chaîne de transformations** pour le produit considéré.*
- *Parmi ces opérations certaines sont des proc. de production. Elles constituent (une partie de) la **chaîne de procédés** nécessaires à fabriquer le produit.*
- *On considère les procédés nécessaires à fabriquer l'outillage **spécifique** comme des parties intégrantes de la chaîne de procédés pour une pièce donnée.*

1.3.1 Objectifs du cours

L'étudiant devra :

- *posséder une vue d'ensemble des principaux procédés de production*
- *connaître les caractéristiques et limites des procédés les plus courants*
- *comprendre la relation étroite entre conception du produit, choix des matériaux et choix des procédés de production*

1.3.2 Procédés de fabrication - IGI II

Programme du cours :

Chap.	Sujet	périodes
1 :	Introduction	1
2 :	Comportement mécanique des matériaux	12
	Travail écrit	2
3 :	Procédés de formage	5
4 :	Procédés de fonderie	5
	Travail écrit	2
5 :	Usinage conventionnel et non conventionnel	5
Total		32

1.4.1 Historique

Bref historique :

5 à 4000 B.C.	martelage or, cuivre, fer météoritique
4 à 3000 B.C.	découpage, brasage argent, bronze, plomb, étain
2 à 1000 B.C.	forgeage fer, laiton
600 à 800	forgeage, soudage par forgeage, acier
≈ 1450	nouvelles technologies de fonderie
≈ 1750	1ère révolution industrielle (**machine à vapeur**, textiles)
≈ 1801	concept de pièces interchangeables (Eli Whitney)
≈ 1870	2ème révolution industrielle (**électricité**)
≈ 1930	outils en carbures de tungstène
≈ 1950	électroérosion
≈ 1960	solidification orientée, monocristaux
≈ 1970	soudage plasma, faisceau électrons, découpage laser
≈ 1970	3ème révolution industrielle (**électronique/informatique**)
≈ 1990	prototypage rapide, fabrication additive
≈ 2015	4ème révolution industrielle ? (**internet, monde virtuel, intell. artif.**)

(cf. Annexes 2, 3, 4, 5, 6, 7)

1.5.1 Défis à relever par les entreprises

Problématique actuelle

- ***Economiser*** *l'énergie et les ressources,*
  - *limiter la pollution et assurer la durabilité,*
- ***Accélérer*** *le développement*
  - *réduire le temps de mise sur le marché afin de compenser la réduction de la durée de vie des produits et affronter la globalisation des marchés,*
- ***Maintenir (augmenter)*** *la qualité et la fiabilité du produit*
  - *pour maintenir sa compétitivité*
- ***Proposer*** *des produits personnalisés*
  - *pour répondre aux souhaits/besoins des clients (domaine du luxe, domaine médical)*

Solutions possibles - innovations par la production

Elles sont à chercher dans

- *la* ***conception*** *: simplification et standardisation des pièces*
- *la* ***production*** *: diminution des opérations, sélection du meilleur procédé.*

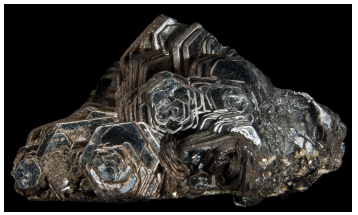
ANNEXES, TABLES ET BIBLIOGRAPHIE

A 1: Secteurs d'activités

Primaire	*Secondaire*	*Tertiaire*
		

A 2: Eléments de sidérurgie

Minerai de fer : hématite, magnétite, pyrite et sidérite



Hématite Fe_2O_3



magnétite Fe_2O_3



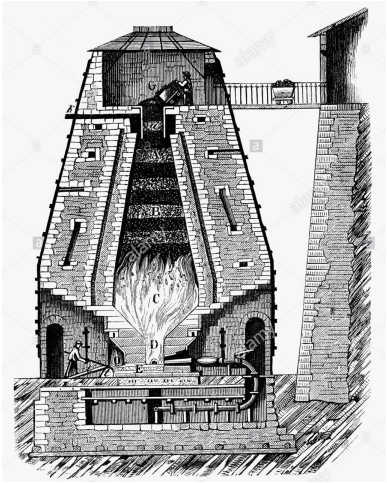
Pyrite Fe_2S



Sidérite $FeCO_3$

A 3: Elements de sidérurgie (suite)

Réduction du minerai (Fe_2O_3) : hauts fourneaux



- *Le minerai de fer et le coke : du charbon sans impuretés (> 99.9% C) sont introduits par le gueulard.*
- *De l'air chaud est soufflé par dessous.*
- *La combustion du coke produit du monoxyde de carbone CO et élève la température.*
- *La réaction de réduction a lieu à environ 1000° C (émission de CO_2 !) :*
  $Fe_2O_3 + 3\,CO \longrightarrow 2\,Fe + 3\,CO_2$
- *Le fer pur s'écoule du creuset par le trou de coulée*
- *L'ajout de chaux CaO permet de purifier la production en concentrant les impuretés dans le **laitier**.*

A 4: Maîtrise de la fonderie (suite)

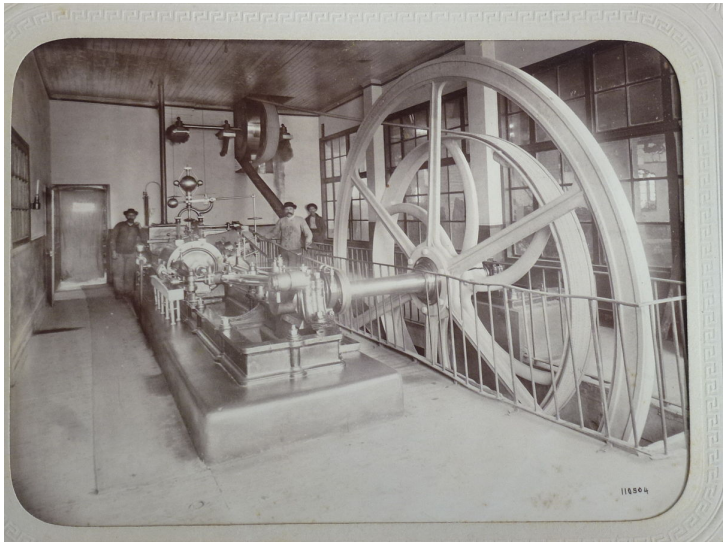
Vers 1420 : Amélioration des sables, masselottage





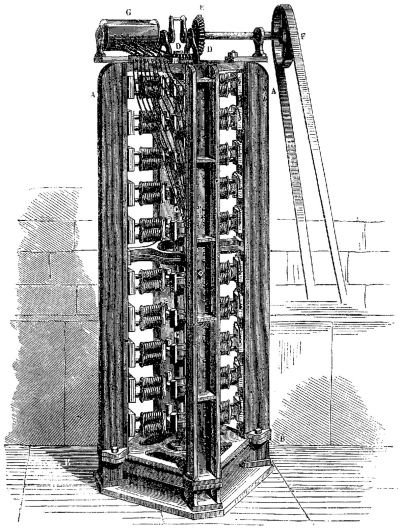
A 5: Révolutions industrielles

Première révolution : la machine à vapeur



A 6: Révolutions industrielles (suite)

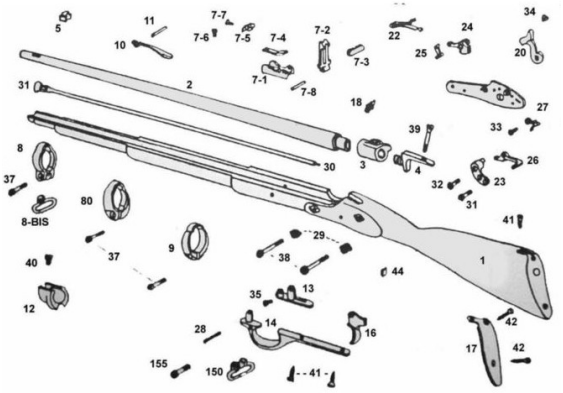
Seconde révolution : le moteur électrique



A 7: Pièces interchangeables Eli Whitney (1765-1825)

Guerre civile américaine : 1801





A 8: Révolutions industrielles (suite)

Troisième révolution : l'informatique



A 9: Révolutions industrielles (fin)

Quatrième révolution : internet

