



P R O G R A M M E

Les métiers en Sciences et Technologie1

Code : D111

D O M A I N E S C I E N C E S E T T E C H N O L O G I E

1^{ère} ANNEE SOCLE COMMUN

Chapitre 1 : Génie Minier

Définition :

Le génie minier est une discipline d'ingénierie qui implique la pratique, la théorie, la science et la technologie pour l'extraction et le traitement des minéraux d'un environnement naturel. Un spécialiste des mines gère toutes les phases de l'exploitation minière : 1- l'exploration et la découverte de la ressource minérale. 2- l'étude de faisabilité, la conception et l'élaboration de plans. 3- la production. 4- les opérations de la fermeture des mines.

Préservation de la nature :

Les activités minières de par leur nature conduit généralement à la génération de certaine quantité de déchets et de matières non rentables qui sont la principale source de la pollution et la perturbation de l'environnement naturel. Les spécialistes miniers doivent donc se préoccuper non seulement de la production et de la transformation des produits miniers, mais aussi la prévention et l'atténuation des dégâts environnementaux pendant et après l'exploitation minière.

Un peu d'histoire :

Au début de la civilisation, l'homme a utilisé la pierre et la céramique, puis plus tard, les métaux trouvés sur ou près de la surface de la terre.

Certaines des mines les plus anciennes :

- Mines de chaille (Égypte) : Les preuves suggèrent qu'une production minière y avait lieu il y a au moins 50 000 ans. La chaille, une roche sédimentaire à la dureté légendaire, a été utilisée par les premiers humains pour les outils de découpe et également la génération d'étincelles pour le feu.
- La Caverne du lion (Swaziland) : Communément appelée Bomvu Ridge, semble avoir fourni une riche source d'hématite et de spécularite pour les peuples du mésolithique, il y a 43 000 ans.
- San Ramon 15 (Chili) : Une mine d'oxyde de fer le long de la côte Pacifique du Nord du Chili semble avoir été active il y a quelque 12 000 ans.
- Mines de cuivre du Haut-Michigan (États-Unis) : Cet ancien complexe de cuivre remonte aux cultures amérindiennes (- 5000) qui travaillaient les grands gisements de cuivre précambrien trouvés proches des zones de Haut-Michigan et Nord-Wisconsin.
- Grime's Grave (Grande-Bretagne) : Cette mine de silex n'est que l'un des nombreux sites miniers préhistoriques semblables de la région. Il y a plus de 5 000 ans.

Les Romains étaient des innovateurs de génie minier. Ils ont développé de grandes méthodes d'exploitation minière à grande échelle, plus particulièrement l'utilisation de grandes quantités d'eau apportées à la tête de mine par de nombreux conduits pour l'exploitation hydraulique.

La révolution industrielle a apporté de nouvelles avancées et technologies pour l'exploitation minières.

L'exploitation minière :

Les projets miniers proposés varient en fonction des types de métaux ou de matériaux à extraire de la terre :

1. L'extraction de minerais tels que : Cuivre, Nickel, Cobalt, Or, Argent, Plomb, Zinc, Molybdène et Platine (ce sont la majorité des projets miniers proposés).
2. L'exploitation des minerais qui sont souvent extraits en utilisant les méthodes d'exploitation minière par décapage direct des couches incluant l'aluminium (bauxite), le phosphate et l'uranium.
3. L'exploitation minière pour l'extraction du charbon ou des agrégats tels que le sable, les graviers et le calcaire.

Les phases d'un projet minier :

1) Exploration :

- ☐ **Prospection:** Cette phase comprend les enquêtes, les études de terrain, les essais de sondage et d'autres excavations exploratoires.
- ☐ **Développement :**
 1. Construction de routes d'accès.
 2. Préparation et déblaiement du site.





2) Exploitation minière active :

Les projets miniers proposés diffèrent considérablement par les méthodes d'extraction et la concentration du minerai métallique.

1. Exploitation à ciel ouvert : le dépôt de minerai s'étend profondément dans le sous-sol nécessitant l'enlèvement de couches superposées de morts terrains et de minerai.
2. Exploitation des Placers : L'exploitation des placers vise généralement à récupérer de l'or à partir des sédiments de cours d'eau et des plaines inondables.
3. Exploitation souterraine : L'accès à ce gisement de minerai se fait au moyen de tunnels ou de puits. Tunnels ou puits conduisent à un réseau plus horizontal de tunnels souterrains qui accèdent directement au minerai.
4. Réouverture des mines inactives ou abandonnées et retraitement des résidus

Evacuation des morts terrains et des déchets de roche



Extraction du minerai



Exploitation : deux types d'ouvrages miniers

Mine à ciel ouvert (MCO)



Mine souterraine (MS)



Schéma d'une mine à ciel ouvert

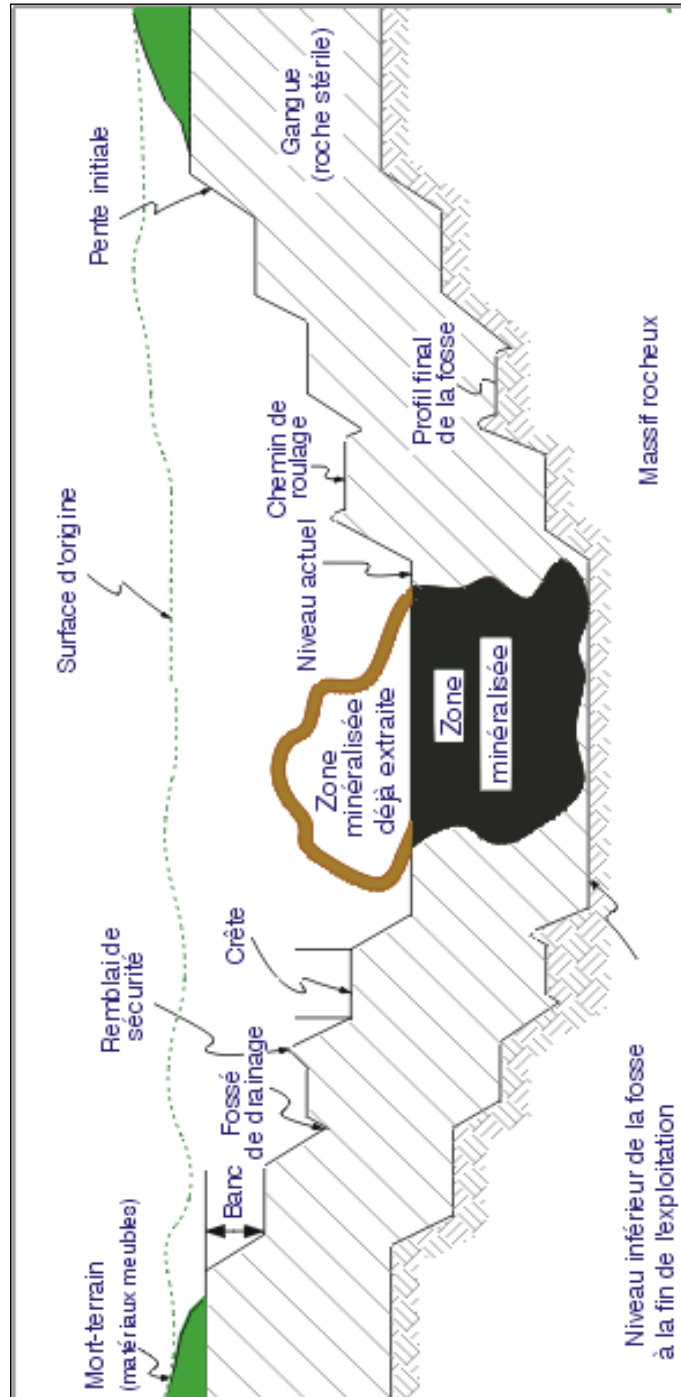
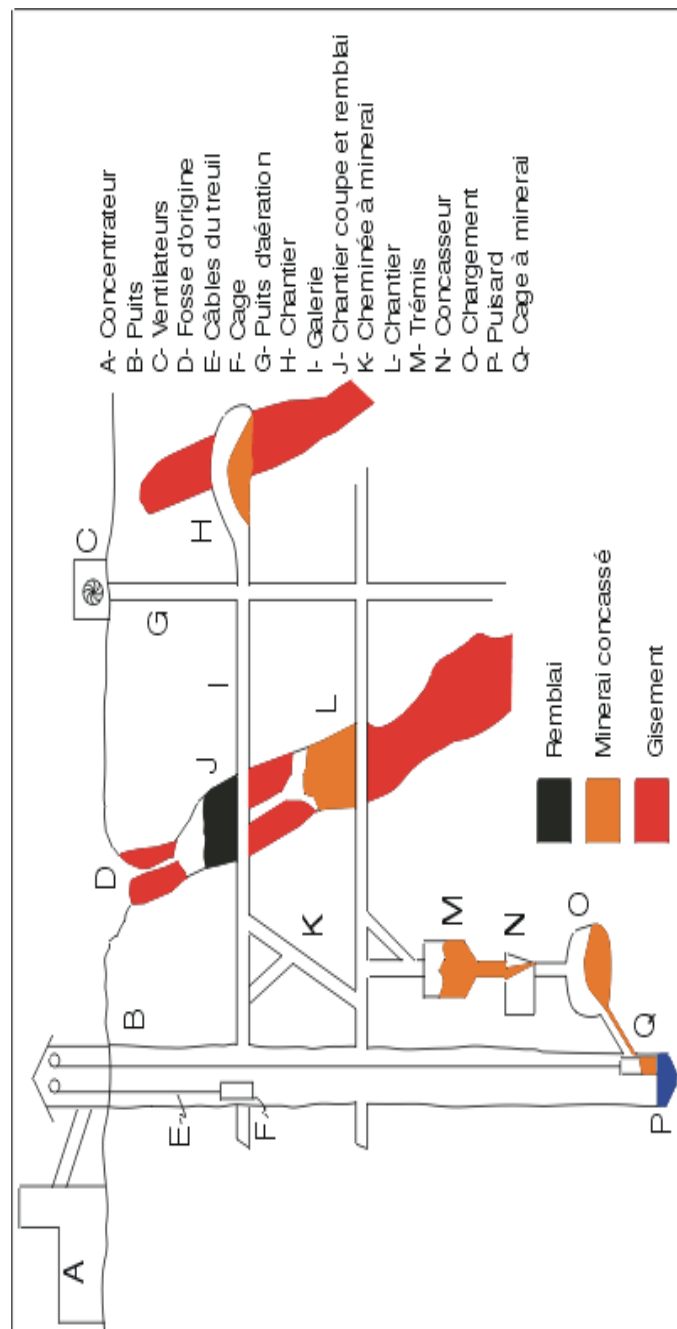
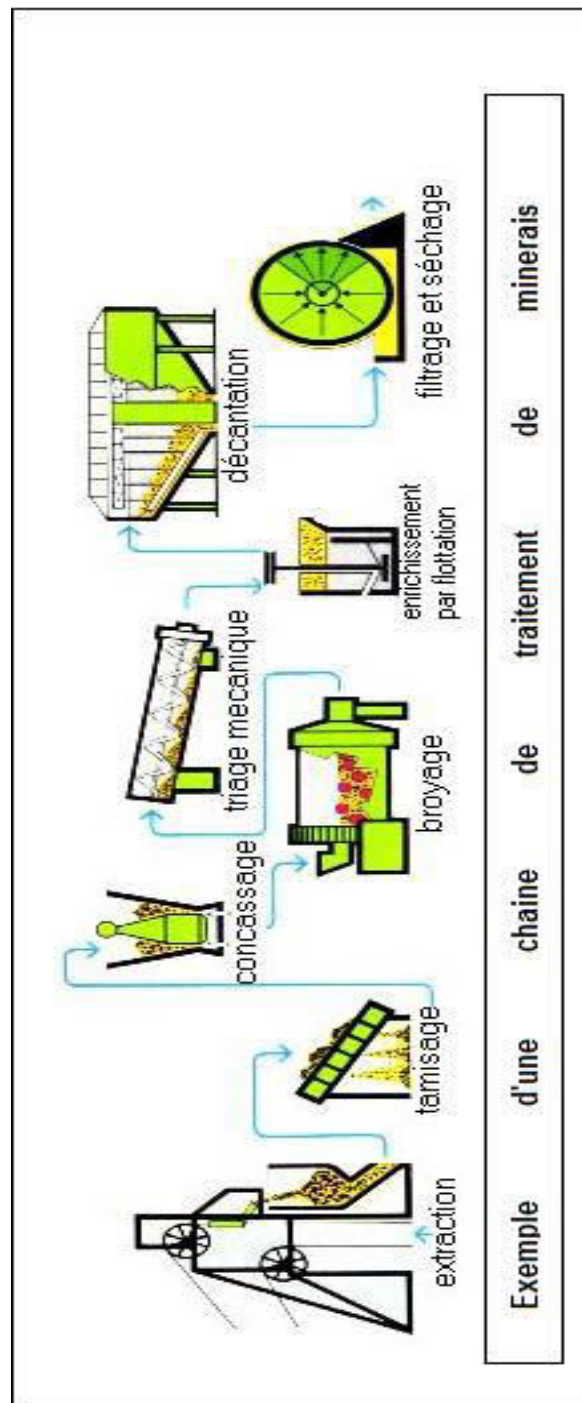


Schéma d'une mine souterraine





3 Fermeture de la mine

- Durée de vie moyenne : 10-15 ans
- Restauration
- Approbation du Ministère des Ressources naturelles

Restauration du site East-Val d'Or, QC
1949-1966, 15 Mt résidus miniers, +200 ha, 10M\$
(Tiré de MRN Québec 2005,

<http://www.mrn.gouv.qc.ca/mines/restauration/restauration-sites-east-sullivan.jsp>)

Avant restauration :



Après restauration :



Terminologie :

- **Recherche** de gisements, de zones exploitables, de minerais... dans le but d'une exploitation future.
- **Exploitation** ensemble des travaux qui consistent à valoriser un gisement de minerai.
- **Extraction** action d'extraire du minerai par mines à ciel ouvert ou par travaux miniers souterrains.
- **Transport**
 - **Roulage** installations ferroviaires pour les transports dans la mine.
 - **Convoyage** synonyme de transport, convoyeur à bande (tapis roulant).

Concassage opération de fragmentation de la roche ou du minerai.

Broyage concassage fin, réduire en poudre.

Bocard :

Broyeur à boulets

Concasseur

Triage séparation de différents éléments, du minerai et de la roche.

Calibrage tri par taille, mise à la dimension.

Criblage tri par taille.

Tamissage séparation par dimension.

Granulométrie synonyme de criblage.

Lavage

Laverie : Atelier dans lequel se pratiquent diverses opérations dont le but est de trier, enrichir et préparer le minerai...

Débouillage séparer les éléments terreux, par l'action de l'eau.

Décantation séparation par densité, sédimentation.

Précipitation pour désigner la formation d'un agrégat qui sédimente.

Filtration séparation des éléments solides et liquides.

Séchage élimination d'humidité, d'eau.

Déshydratation synonyme de séchage, perte d'eau.

Enrichissement purifier, concentrer le minerai.

Voie sèche **Agglomération** rassembler des éléments fins.

Bouletage agglomération sous forme de boulets.

Frittage permet d'agglomérer ensemble des poudres de métaux, en dessous du point de fusion.

Pelletage aérer, remuer pour éviter l'agglomération du minerai.

Voie humide **Séparation** tris d'éléments différents.

Séparation physique

Séparation gravimétrique(par gravité) on peut séparer les minéraux en exploitant leurs différentes densités.

Séparation magnétique on peut séparer les minéraux en exploitant leurs différentes susceptibilités magnétiques.

Flottation en fonction des différentes propriétés superficielles des minéraux en contact avec l'air et l'eau.

Séparation chimique

Lixiviation traitement chimique afin de séparer un élément/minerai.

Récupération tri en fin de traitement, reprise de déchets.

Concentration tri, accumulation, séparation d'éléments.

Distillation purification, concentration, par ébullition.

Affinage purification, d'éléments/minerais.

Raffinage synonyme d'affinage, pour le pétrole.

Fusion passage d'un corps solide à l'état liquide sous l'action de la chaleur, action de fondre/fondre de minerais.

Oxydation réaction chimique dans laquelle un composé se combine avec un ou plusieurs atomes d'oxygène.

Réduction opération par laquelle on extrait d'un oxyde le métal qu'il renferme, en éliminant l'oxygène.

Pyrogénéation traitement chimique par action de la chaleur.

Grillage chauffer au rouge des minerais métalliques de façon à les rendre plus friables.

Calcination synonyme de grillage, réduction des pierres calcaires en chaux.

Le spécialiste en génie minier :

Le spécialiste en génie minier est un spécialiste des sols, de la mécanique des roches et des méthodes d'extraction des ressources minérales. Il représente aussi la force vive d'une industrie minière qui s'écarte résolument de son ancienne image d'extractrice de charbon (ressource datée et polluante) et dévoreuse d'hommes (Germinal...). La mine est désormais tournée vers les hautes technologies et le respect de l'environnement. Autant de nouvelles orientations dont Le spécialiste en génie minier est garant.

Le rôle d'un spécialiste en génie minier

- Planifie, conçoit, organise et supervise les travaux miniers : aménagement des mines et des installations minières, des systèmes et du matériel.
- Commandes des opérations d'extraction des minéraux et minerais métallifères et non métallifères, dans des mines souterraines ou à ciel ouvert.
- Responsable des stratégies de dénoyage des fosses, il détermine les méthodes appropriées de forage et de dynamitage, supervise et coordonne le travail des techniciens miniers et, le cas échéant, des ingénieurs miniers de moindre expérience.
- La direction ou la collaboration à la réalisation d'études minières d'avant-projet (préliminaire, pré faisabilité, faisabilité), ce qui inclut la rédaction de notes et rapports techniques, exposés/présentations.
- Se fait aussi prestataire de services techniques : mécanique des roches, ventilation et planification minières, audits d'opérations...
- Il veille à faire respecter les calendriers et les plannings à court et moyen terme, élabore les budgets et est responsable de l'accès aux niveaux de production dictés par les marchés mondiaux.
- Il peut être appelé à participer à la réalisation de grands travaux de génie civil : métro, ouvrages ou réseaux hydroélectriques, routes, tunnels...

Chapitre 2 : Hydrocarbure et Industrie Pétrochimique

La consommation d'énergie primaire augmente régulièrement, cette énergie consommée chaque jour dans le monde provient en grande partie de matières premières extraites du sous-sol (telles que le pétrole et le gaz).



Dans les décennies à venir, l'industrie pétrolière est confrontée à de nouveaux défis : comment répondre au double enjeu de l'augmentation de la demande et du déficit prévu en pétrole et gaz avec en priorité la gestion de la planète ?

- > L'exploration des zones géographiquement difficiles d'accès (mer très profonde, zone arctique...) ;
- > L'utilisation de nouvelles technologies issues de ses centres de recherche ;
- > L'amélioration sans cesse la performance de ses outils industriels pour les rendre de plus en plus efficaces tout en préservant l'intégrité de l'environnement ;
- > La préparation de son avenir et sa mutation en travaillant sur les énergies du futur (le vent, le soleil, l'eau, l'hydrogène...).

Pour réussir tous ces défis, l'industrie pétrolière a besoin de jeunes venant de tous les horizons et motivés par l'avenir de leur planète pour trouver les bonnes solutions.

C'est quoi l'hydrocarbure ?

Le pétrole est une énergie fossile, issue d'une transformation qui a débuté il y a plusieurs dizaines, voire centaines de millions d'années. Ce fluide 100 % naturel a été piégé dans les roches, où il est longtemps resté dissimulé. Il n'a pu être extrait qu'au début du XIXe siècle, grâce aux progrès technologiques. Depuis, cet or noir est devenu indispensable, tout comme le gaz qui tient aussi une place importante dans le domaine des hydrocarbures.

Comment se forme le pétrole ?

La formation de pétrole doit obéir à 3 conditions :

- L'accumulation de matière organique (essentiellement du plancton) et végétale
- La maturation en hydrocarbures
- Son emprisonnement

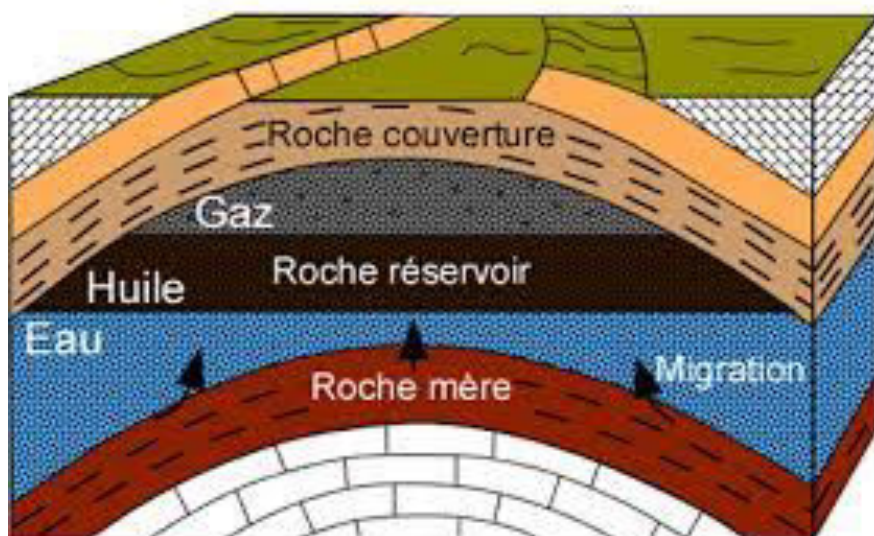
D'abord, une petite partie de matière « morte » sédimente : elle s'enfouit au sein de la matière minérale. Au fur et à mesure, la "roche-mère" ou "roche source" croît en température et en pression, la matière première se transforme en kérogène (matière organique précédant le pétrole). Si la température devient suffisante, au moins 50°, et si le milieu est réducteur (pauvre en oxygène), le kérogène sera pyrolysé* lentement.

*Décomposition d'un composé organique par la chaleur (sans flamme pour éviter l'oxydation ou combustion).

A l'issue de cette pyrolyse, le kérogène produit du pétrole et/ou du gaz naturel**.

Le gaz naturel est un mélange d'hydrocarbures.

Les hydrocarbures sont par la suite soit expulsés à la surface puis oxydés ou biodégradés; soit piégés. Cette zone piégée est appelée << roche-réservoir >>.



Les pétroles bruts sont principalement constitués d'hydrocarbures et ils contiennent donc essentiellement

- du carbone (84 à 87 % poids)
- de l'hydrogène (11 à 14 % poids)

Ils contiennent également d'autres éléments parmi lesquels les plus gênants sont le soufre (0,04 à 6 % poids) et les métaux de (50 à 150 g/tonne) et des impuretés : eau, sédiments, sels minéraux.

Les différentes activités de l'industrie pétrolière :

Une compagnie pétrolière ne produit pas que du carburant automobile. Ses activités couvrent toute la chaîne de l'industrie pétrolière. Ainsi, elle fabrique et commercialise différents produits pétroliers : paraffines, huiles, bitumes mais aussi du gaz, du pétrole liquéfié (GPL, butane et propane) et du carburant d'avion, sans oublier le secteur de la pétrochimie avec les plastiques

Les acteurs pétroliers :

Les compagnies pétrolières sont des multinationales. De nombreuses entreprises gravitent autour de ces grands groupes.

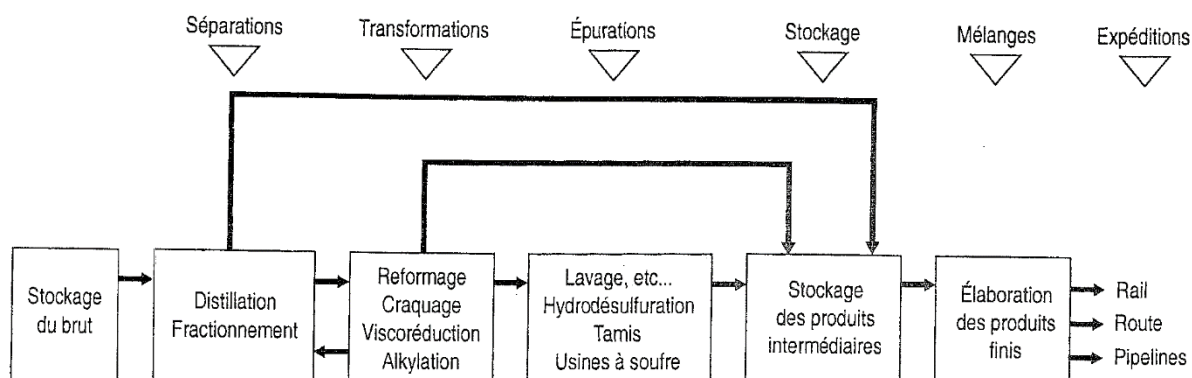


Sans oublier l'OPEP (Organisation des pays exportateurs de pétrole), acteur majeur du monde du pétrole, ou l'AIE (Agence internationale de l'énergie).

LES OPÉRATIONS

- Réception et stockage du pétrole brut
- Traitement du pétrole brut dans les unités de raffinage - Fabrication des bases
- Mélange des bases et constitution des produits finis
- Contrôle laboratoire et expédition des produits

Schéma de fabrication



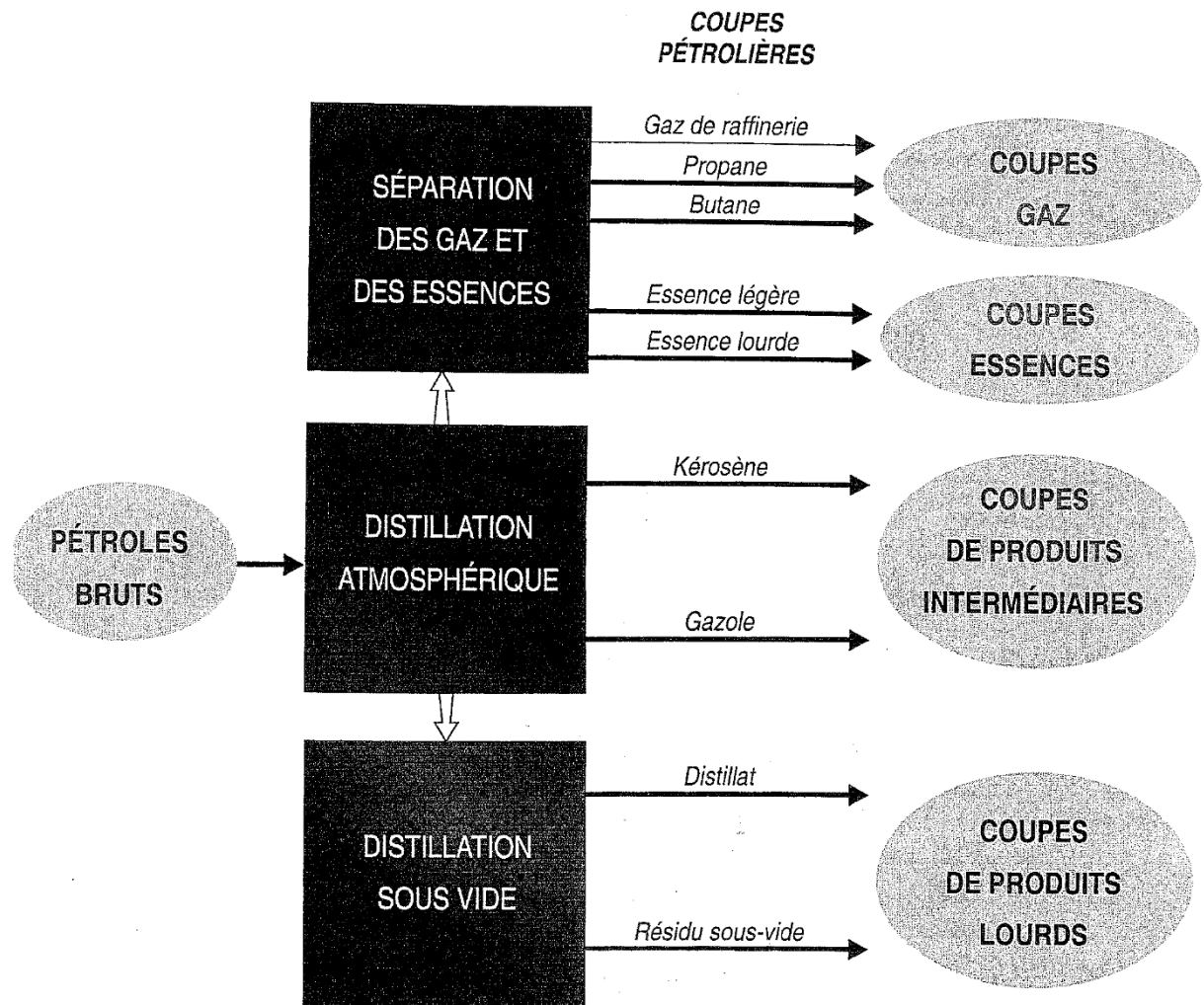
CLASSIFICATION DES PRINCIPAUX PRODUITS PÉTROLIERS COMMERCIAUX :

| | PRODUITS ÉNERGÉTIQUES | | PRODUITS NON ÉNERGÉTIQUES |
|-------------------------|--|---|--|
| | CARBURANTS | COMBUSTIBLES | |
| GAZ | <ul style="list-style-type: none"> Mélange spécial Carburant liquéfié | <ul style="list-style-type: none"> Propane commercial Butane commercial | |
| ESSENCES | <ul style="list-style-type: none"> Supercarburant <ul style="list-style-type: none"> - avec plomb - sans plomb | | <ul style="list-style-type: none"> Naphta pétrochimique Essences spéciales White-spirit |
| PRODUITS INTERMÉDIAIRES | <ul style="list-style-type: none"> JP 4 JET A1 Gasoil moteur Fuel-oil domestique Diesel Marine léger | <ul style="list-style-type: none"> Fuel-oil domestique | <ul style="list-style-type: none"> Pétrole lampant |
| PRODUITS LOURDS | | <ul style="list-style-type: none"> Fuel lourd n°1 Fuel lourd n°2 | <ul style="list-style-type: none"> Bases huiles Paraffines Cires Bitumes |

TRAITEMENTS DE RAFFINAGE

Tous les pétroles bruts traités dans une raffinerie subissent un premier traitement de séparation qui permet d'obtenir des coupes pétrolières dont les volatilités se rapprochent de celles des produits commerciaux : coupe Gaz, coupes Essence, coupes produits intermédiaires, coupes de produits lourds.

Ces séparations sont réalisées dans des unités de fabrication appelées distillation atmosphérique, distillation sous vide, séparation des gaz et essences.



Les coupes obtenues sont en général au nombre d'une douzaine, leur nature et leur appellation diffèrent selon les sociétés. Ces coupes ne répondent pas aux exigences du marché des produits pétroliers, ni en qualité, ni en quantité.

La raffinerie doit être équipée de deux types d'installations dont l'objectif principal est :

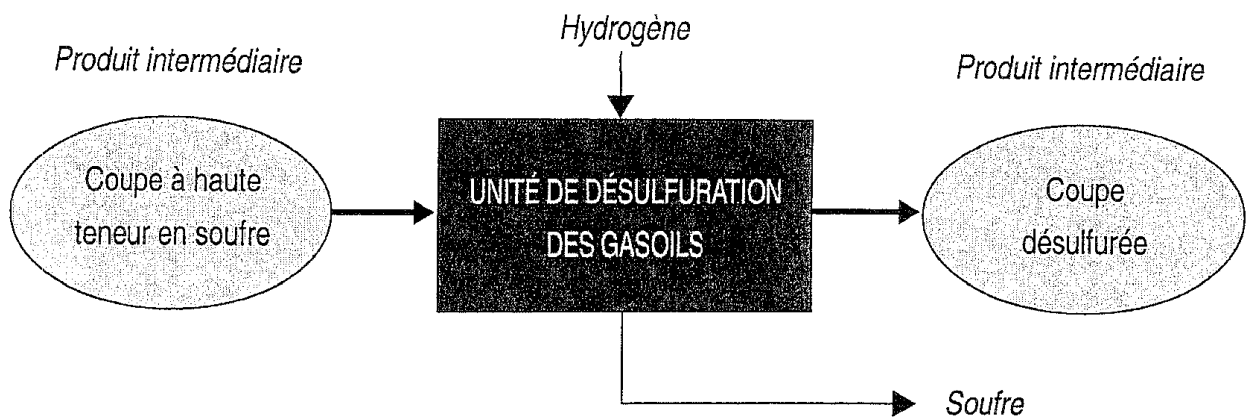
- ou bien d'améliorer les qualités de certaines coupes pétrolières pour en faire des bases utilisables pour constituer les produits finis,
- ou bien de modifier les rendements des différentes coupes pétrolières obtenues à partir des bruts traités afin de produire les quantités de produits commerciaux exigées par le marché.

L'ajustement des qualités, hors la fabrication des bases huiles, concerne essentiellement l'indice d'octane des essences et la teneur en soufre des produits intermédiaires.

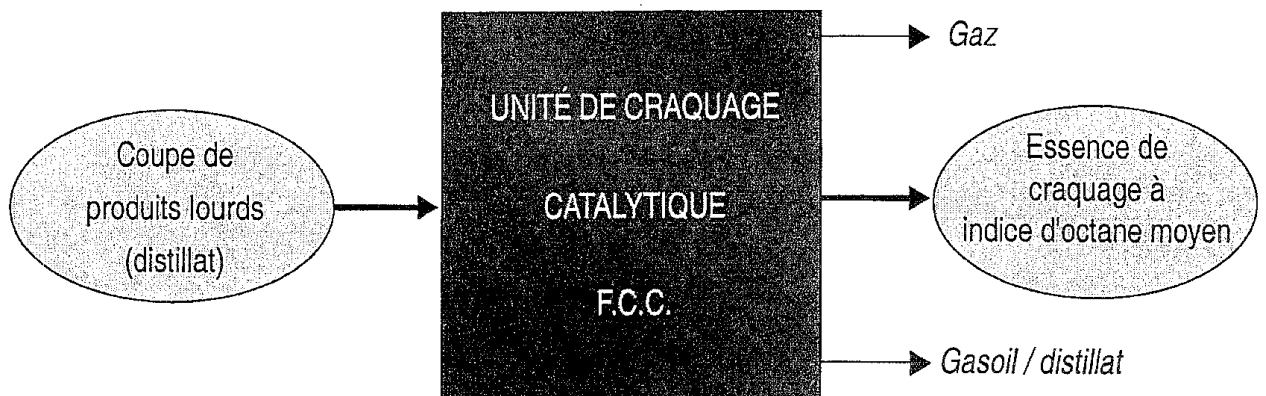
— l'amélioration de l'indice d'octane est obtenue par le traitement de la coupe essence lourde dans l'unité de reformage catalytique qui produit une base à haut indice d'octane appelée reformat ;



- l'abaissement de la teneur en soufre qui est souvent trop élevée dans les coupes de produits intermédiaires est obtenu dans l'unité de désulfuration des gasoils.



L'ajustement des QUANTITÉS est obtenu dans certaines unités de conversion comme le craquage catalytique qui transforme une coupe de produit lourd essentiellement en essence à bon indice d'octane mais aussi de gaz et produits intermédiaires (diluant catalytique).



LA CONSTITUTION ET LE CONTRÔLE DES PRODUITS FINIS

Les traitements de raffinage permettent, à partir des pétroles bruts, d'obtenir des bases qui ont des caractéristiques bien particulières et qui sont donc stockées dans des réservoirs séparés.

Un produit pétrolier commercial est constitué par le mélange en proportions judicieuses de différentes bases et par l'incorporation d'additifs. L'expérience dans la pondération des caractéristiques des bases permet de connaître les différentes proportions à utiliser pour le mélange.

Le mélange peut être réalisé de diverses façons et, en particulier, "en ligne", un calculateur ajustant en continu les proportions des différentes bases intervenant dans l'élaboration du produit.

Chapitre 3 : Génie Des Procédés

Le génie chimique est une science relativement récente.

Chimie -----> Chimie industrielle-----> Génie chimique (génie des procédé).

Historique :

Approche basé sur la « chimie industrielle » : principalement d'origine européenne : Le premier ouvrage didactique, The Handbook of Chemical Engineering (Manuel de génie chimique), a été écrit en 1901 par George Edward Davis, professeur à la Manchester Technical School (fondateur et le rédacteur chemecaltrade journal, qui a été aussi le secrétaire général de "Society of Chemical Industry"). Il utilise une approche « chimie industrielle », dans laquelle ingénieurs chimistes et ingénieurs mécaniciens forment équipe pour fabriquer des produits à grande échelle. Il analyse les technologies des procédés chimiques en les ramenant à une série d'opérations fondamentales : distillation, évaporation, séchage, etc., et décrit les opérations comme des procédures d'utilité pratique, sans les rattacher à des concepts physiques fondamentaux.

Approche basé sur la « conception de génie chimique » : principalement d'origine américaine : a repris l'analyse de Davis, en lui donnant les bases physiques

indispensables. Elle s'est matérialisée par la publication en 1923 d'un ouvrage de Walker, Lewis et McAdams, professeurs au Massachusetts Institute of Technology, *Principle of Chemical Engineering*. Spécialistes de chimie industrielle, ces ingénieurs ont fait la même constatation que Davis : les grands procédés de l'industrie chimique font toujours intervenir les mêmes opérations physiques, couplées à des réactions chimiques spécifiques. Ils ont proposé une nouvelle présentation de la chimie industrielle, qui était jusqu'alors essentiellement descriptive, en donnant aux diverses opérations physiques le nom d'opérations unitaires et en définissant les concepts nécessaires aux calculs.

En France, il a fallu attendre 1938 pour que les professeurs J. Cathala et M. Letort définissent le génie chimique comme la science de l'ingénieur ayant pour objet de concevoir, de calculer et de faire fonctionner, à l'échelle industrielle, l'appareillage dans lequel s'effectuent des transformations physiques ou chimiques.

Cette première étape unificatrice franchie, la réflexion s'est poursuivie pour aboutir à une nouvelle présentation encore plus synthétique de ces opérations. Elle s'est matérialisée par la publication en 1960, par R. B. Bird, W. R. Stewart et E. N. Lighfoot, d'un ouvrage important, « *Transport Phenomena* ». Constatant que les opérations unitaires sont régies par des phénomènes de transport et de transfert entre phases, de matière, de chaleur et de quantité de mouvement, ces auteurs ont mis ainsi en évidence l'intérêt du concept de cinétique physique.

À partir de 1987, et sous l'impulsion de J.Villermaux, s'est imposé en France le concept de « génie des procédés » qui n'est autre que le génie chimique à chaque fois qu'il est appliqué aux industries de procédés de transformation de la matière autres que l'industrie chimique. Pour des raisons probablement historiques ou culturelles ce distinguo n'a pas été utilisé dans d'autres pays que la France, si bien qu'à l'étranger on utilise généralement le mot de « *chemical engineering* » pour parler aussi bien du génie chimique que du génie des procédés.

Paradigmes de génie chimique :

Pré-paradigme - ingénieurs sans éducation formelle

Le premier paradigme - Opérations unitaires; Arthur D. Little, industriel et président du comité de visite génie chimique au MIT, a écrit le rapport en 1908 "Unit Operations should be the foundation of chemical engineering". Et le Premier manuel a été écrit par Walker-Lewis-McAdams "Principles of Chemical Engineering" en 1923.60

Le deuxième paradigme - Phénomènes de transport. Le premier manuel "Transport Phenomena" par Bird-Stewart-Lightfoot en 1960, basée sur la théorie cinétique des gaz

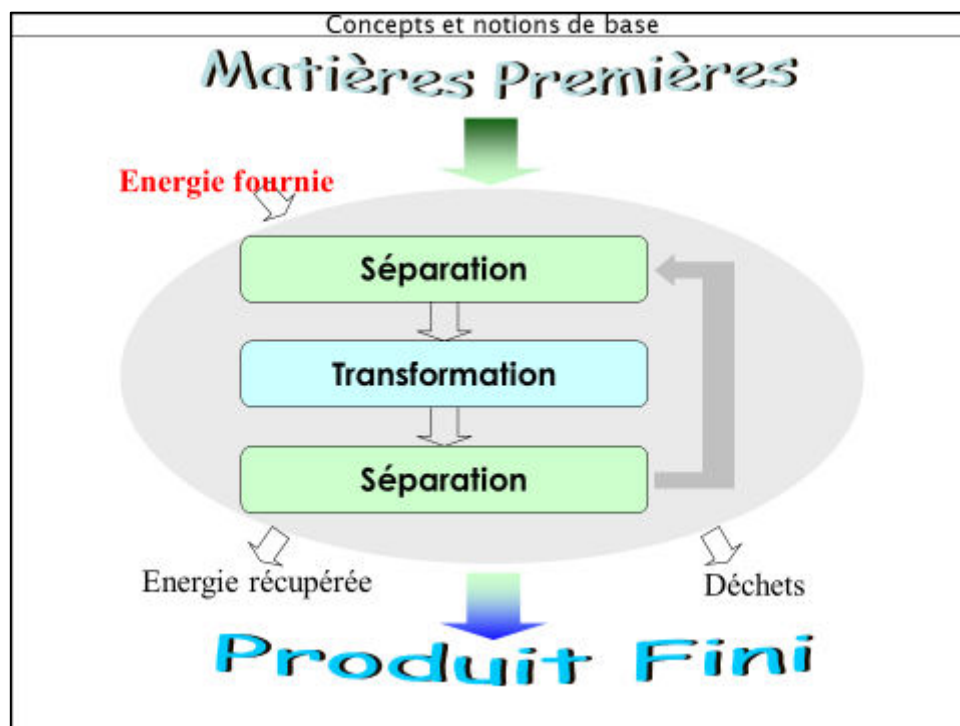
Le troisième paradigme - ?

Introduction au génie des procédés :

La science du génie des procédés s'intéresse à la conception, au dimensionnement, à l'optimisation et à la mise en œuvre des installations industrielles de transformations physiques, chimiques et/ou biochimiques de la matière en produits fonctionnels (propriétés d'usage).

Le rôle d'un spécialiste en génie des procédés :

Le spécialiste en génie des procédés ou en génie chimique conçoit et adapte des installations sur la base de procédés de fabrication le plus souvent décrits par les équipes de procédés produits. Il est associé à la mise en place des installations et à leur validation. Il doit prendre en compte, entre autres, l'ensemble des aspects fiabilité, sécurité et ergonomie des systèmes.



Domaines d'application :

Les méthodes du génie des procédés s'appliquent à toutes les industries transformant la matière.

Le génie chimique ou génie des procédés s'intègre dans les secteurs d'activité de la chimie (laboratoire de contrôle qualité), de la parachimie (cosmétiques, peintures, adhésifs, matériaux, agrochimie, verres, plasturgie, élastomères...) et d'autres

secteurs (pharmacie, agroalimentaire et bio-industries , énergie, automobile, aéronautique, nucléaire, pétrolière et pétrochimique, caoutchouc, environnement : traitement des sols contaminés, traitement des eaux usées, traitement des émissions atmosphériques, contrôle de la pollution à la source), métallurgique, des polymères, etc. ;

Deux parties principales :

–les réacteurs chimiques, qui permettent à une réaction chimique de s’accomplir ;
 –les opérations unitaires, grâce auxquelles on prépare les réactifs et on effectue les séparations des constituants d’un mélange qui permettent ainsi le bon fonctionnement du réacteur chimique.

- 1) Le réacteur chimique est le « cœur du procédé ». Son fonctionnement (conversion, distribution des produits) conditionne en grande partie la nature des installations de préparation de la charge et de séparation des produits.

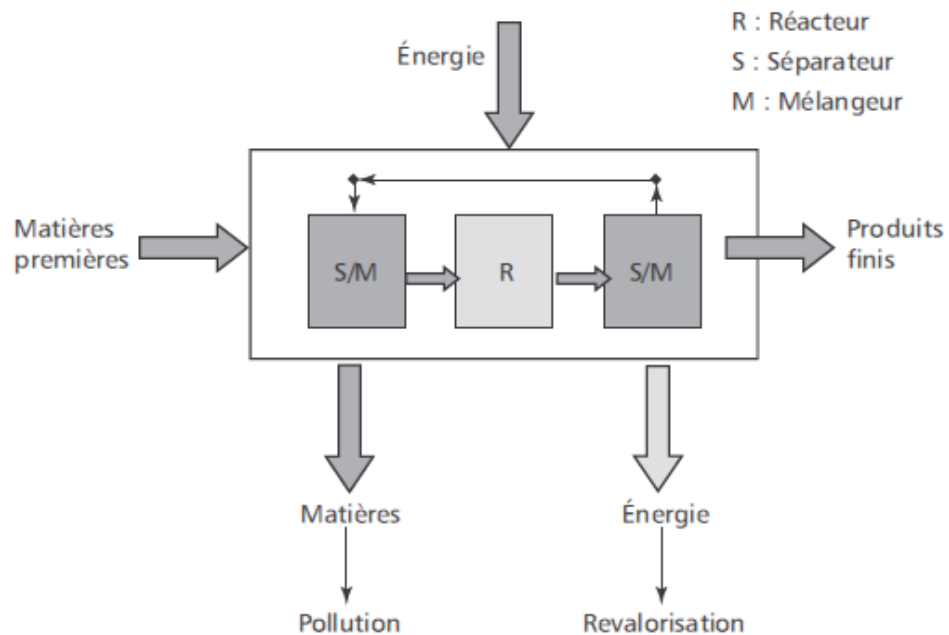


Figure 1.1 – Illustration schématique d’une transformation chimique.

- 2) Les opérations unitaires concernent le traitement de la matière première et la séparation des produits issus de la réaction, celle-ci n’étant en général ni totale ni sélective, ce qui implique un recyclage des matières premières ainsi que des rejets de matière. Quant aux procédés dits « physiques », ils ne comportent que les opérations de séparation et/ou de mélange.

Opérations Unitaires Mécaniques :

Hydraulique : débitmètre, pertes de charge, pompes

Filtrations : filtre à sable (étude hydrodynamique, opération avec contrôle de turbidité) et filtre-presse (fonctionnement à pression ou débit constant)

Agitation : effets de mobiles et chicanes, et des paramètres opératoires

Opérations Unitaires de Transfert :

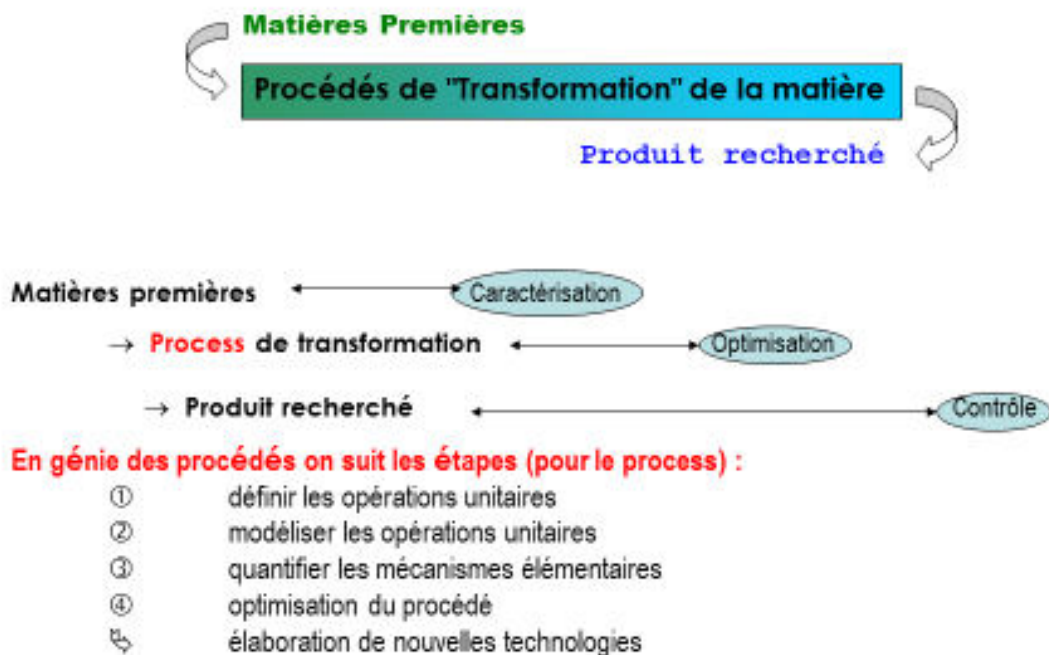
Échangeurs thermiques : effets du type d'échangeur, du mode de circulation et des paramètres opératoires

Extraction liquide/liquide : courbe binodale, courbe d'équilibre, fonctionnement d'une colonne garnie

Extraction solide/liquide : mise en œuvre d'une opération

Séchage : mise en œuvre d'une opération, vitesse de séchage, diagramme de l'air humide

Schéma général d'un procédé de transformation industriel



Les opérations unitaires

Les procédés sont découpés en un enchaînement d'opérations élémentaires

- ↳ Les opérations unitaires sont les étapes d'un procédé global de transformation de la matière
- ↳ Une opération unitaire met en jeu au moins un type de transfert

Quelques opérations unitaires classiques du Génie des Procédés

Transport et manipulation des fluides : Agitation, Mélange, ...

Transfert de chaleur : Production de la chaleur et du froid, ...

Transferts de matière

| Gaz-Liquide | Liquide-Liquide | Liquide-Solide | Solide-Gaz |
|---|-----------------|-------------------------------|----------------|
| Vaporisation | Extraction | Cristallisation/Précipitation | Adsorption |
| Evaporation | | Dissolution | Sublimation |
| Condensation | | Fusion/Solidification | Lyophilisation |
| Absorption | | Percolation | Séchage |
| Humidification | | Lavage | |
| Distillation | | | |
| <u>Opérations sur les solides</u> : Broyage, Tamisage, Sédimentation, Flottation, Centrifugation, Filtration, Fluidisation, Frittage, ... | | | |

Il est nécessaire de rappeler que dans les industries chimiques, métallurgiques, pharmaceutiques, agroalimentaires, les opérations de séparation représentent bien souvent l'essentiel de l'investissement et du coût de certains produits finis. Ces coûts sont par ailleurs d'autant plus élevés que les substances à séparer sont moins abondantes dans les mélanges desquels elles sont extraites.

La maîtrise de ces opérations unitaires est essentielle pour optimiser les conditions technico-économiques de la production et répondre aux exigences de la compétition industrielle (coûts de production, qualité des produits, flexibilité, environnement, etc.). Le procédé doit donc s'adapter au marché et aux matières premières, ce qui nécessite une souplesse technique et une bonne maîtrise des paramètres de fonctionnement.

RAPPEL :

La chimie minérale

Elle utilise essentiellement les matières premières comme l'eau, l'air, le gaz, et des minéraux tels que le sel, le soufre, le calcaire, le sable et les phosphates.

Elle regroupe quatre activités bien distinctes tant dans leur mise en œuvre que dans leurs applications : la fabrication de gaz industriels, de colorants et de pigments, ainsi que d'autres produits chimiques inorganiques de base comme le chlore, la soude et les engrais.

1. La chimie organique

Elle se définit comme la chimie des composés du carbone. Liée au pétrole, elle regroupe trois activités : la fabrication de produits pétrochimiques (éthylène, propylène, butadiène, benzène, éthanol, acétone, etc.), les matières plastiques (PVC, etc.) et la fabrication du caoutchouc synthétique (élastomères comme le styrène-butadiène-rubber).

Ces produits sont utilisés en tant que matières premières par de nombreuses industries situées en aval : l'aéronautique, l'emballage, la construction et l'automobile, notamment.

2. Les spécialités chimiques

Elles reposent sur la maîtrise de la formulation et du dosage des matières premières. Les produits ainsi élaborés sont fonctionnels avec des propriétés bien définies pour un usage spécifique.

Dans ce secteur d'activité, sont élaborés : des savons et détergents, des produits de beauté, des peintures, des laques, des vernis et des encres ; des produits d'entretien ; des colles et des adhésifs ; des produits de protection des plantes ; des surfaces sensibles pour la photographie ; des explosifs, etc.

Ces produits sont largement diffusés dans tous les secteurs industriels et auprès du grand public.

Ces spécificités chimiques regroupent des activités bien distinctes : les produits phytopharmaceutiques, les peintures, vernis, encres et colles, les huiles essentielles, les produits explosifs et la fabrication d'autres produits chimiques comme les additifs.

Certains produits sont conditionnés et ne seront plus transformés. D'autres, comme les huiles essentielles, le mastic, les additifs, s'intègrent dans la fabrication en aval d'industries très diverses : l'agroalimentaire, l'emballage, etc.

- Les savons, parfums et produits d'entretien

Ce secteur s'appuie sur la formulation (mélange) et le conditionnement des produits issus de la chimie de base (chimie minérale et organique) et des spécialités. Il regroupe la fabrication de savons, produits détergents, parfums et produits pour la toilette. Les produits de ce secteur sont, en général, vendus directement au grand public.

- La fabrication des produits pharmaceutiques de base

Ce secteur fournit les principes actifs utilisés et transformés par l'industrie pharmaceutique. Il s'agit de produits complexes fabriqués en petites quantités à partir de « grands intermédiaires » de la chimie de base (chimie minérale et organique). Cette industrie se positionne en amont du médicament.

Chapitre 4 : Electronique, Electrotechnique, Systèmes de Communication et Nouvelles Technologies de Capteurs

Électrotechnique

L'Origine de l'énergie électrique :

L'énergie électrique est une énergie secondaire qui est produite à partir d'énergies primaires contenues dans :

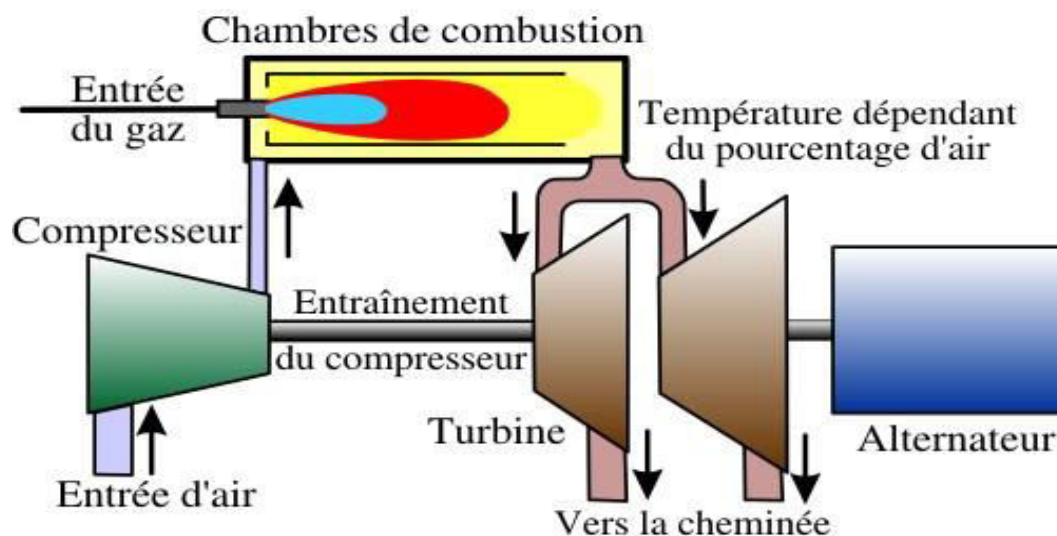
- L'uranium (énergie de fission exploitée dans les centrales nucléaires),
- L'eau (énergie potentielle dans les barrages hydroélectriques),
- Le charbon et le pétrole (énergie de combustion),
- Le vent (énergie cinétique de l'air transformée par les éoliennes),
- Le soleil (rayonnement solaire transformé par les cellules photovoltaïques ou par des centrales à miroirs réflecteurs).

Dans presque tous les cas l'énergie primaire est transformée, dans des centrales, en énergie mécanique à l'aide de turbines.

Les turbines sont directement couplées à des alternateurs qui produisent l'énergie électrique sous forme de tensions triphasées de fréquence et d'amplitude constante.

Détail des principaux moyens de production :

A- Les centrales thermiques :



Cycle combiné gaz :

Un cycle combiné gaz (CCG) est composé d'une turbine à combustion (TAC) et d'une turbine à vapeur (TAV), chacune équipée de son propre alternateur.

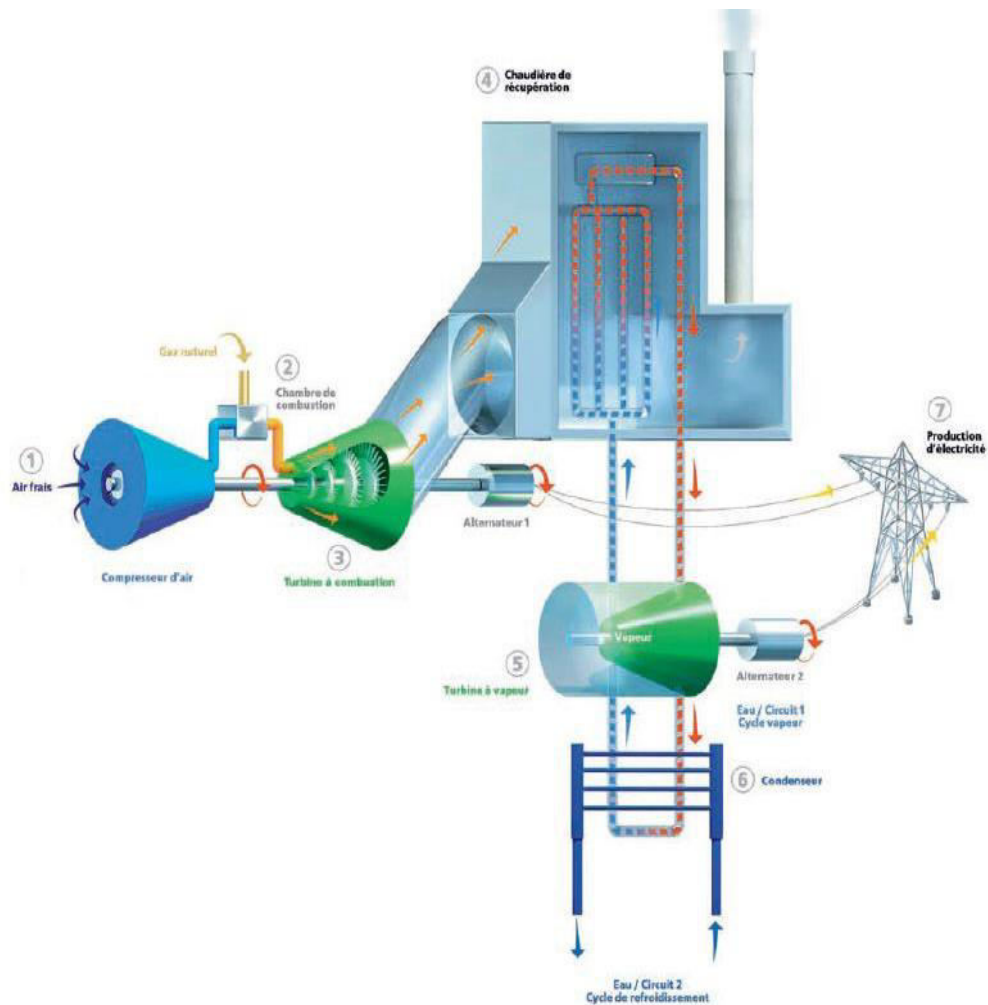
Le Principe :

Circuit Turbine à gaz

- ❶ L'air ambiant est comprimé et conduit dans la chambre à combustion.
- ❷ Le combustible gaz s'enflamme à son contact (température de l'ordre de 1 300 à 1500 °C).
- ❸ Les gaz d'échappement font tourner une turbine, qui entraîne à son tour un alternateur.
- ❹ Cet alternateur génère de l'électricité.

Circuit Turbine à vapeur

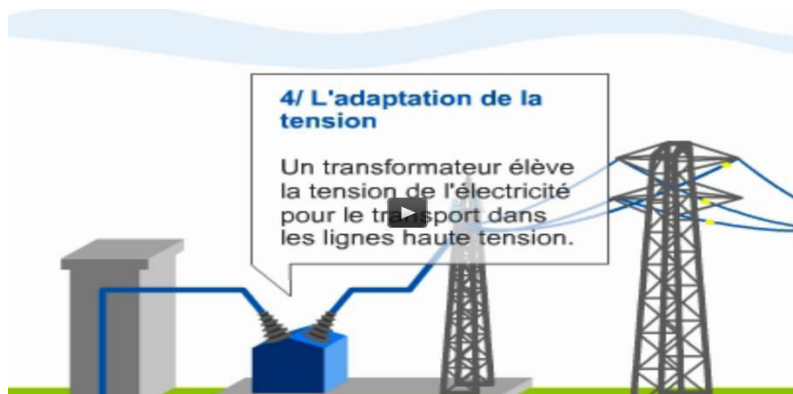
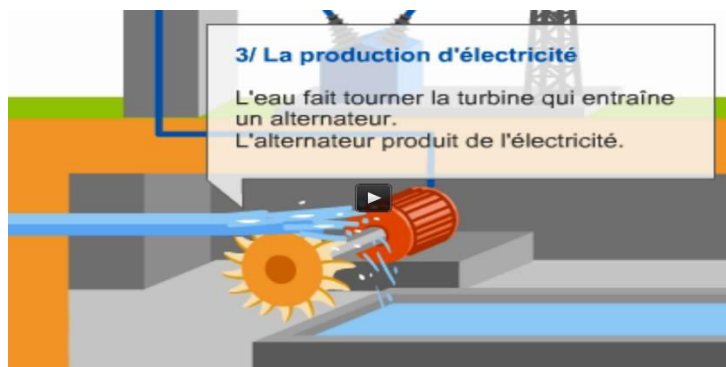
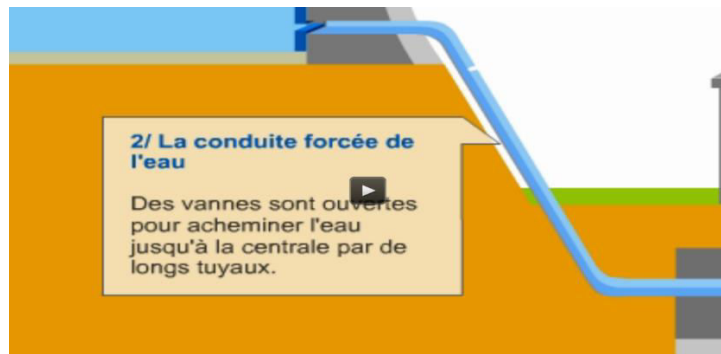
- ❶ Les gaz chauds qui sortent de la turbine à combustion à plus de 500°C sont conduits dans la chaudière de récupération.
- ❷ La chaleur produite de la vapeur fait tourner une turbine à vapeur qui entraîne un second alternateur générant de l'électricité.
- ❸ La vapeur utilisée est envoyée vers un condenseur dans lequel circule de l'eau froide. Au contact de l'eau, la vapeur se transforme en eau, qui est récupérée et envoyée à nouveau dans la chaudière. L'eau utilisée pour le refroidissement est restituée au milieu naturel ou renvoyée dans le condenseur.
- ❹ L'électricité est injectée dans le réseau après avoir été portée à 220 000 ou à 400 000 volts à l'aide d'un transformateur de puissance.



B-Centrale hydraulique :

Une centrale hydraulique produit de l'électricité grâce à une chute d'eau entre deux niveaux de hauteurs différentes, qui met en mouvement une turbine reliée à un alternateur selon les étapes suivantes :



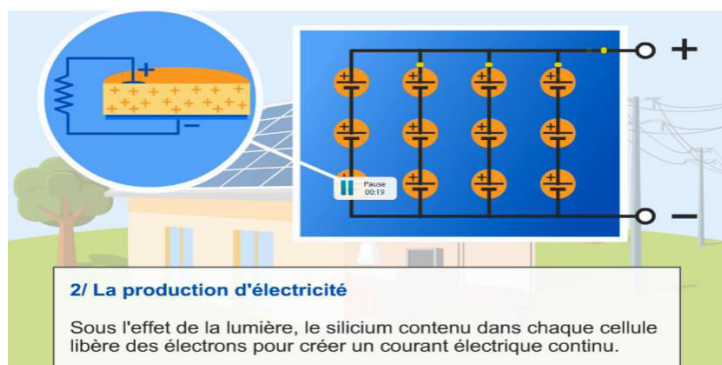


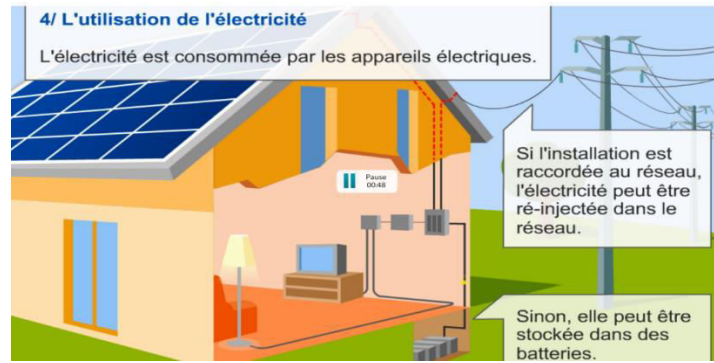
C-L'énergie solaire :

C.1.Solaire photovoltaïque :

Une centrale photovoltaïque est un moyen de production d'électricité industriel qui permet de produire de l'électricité grâce à la lumière du soleil selon les étapes suivantes :







C.2.Thermo-solaire :

Les centrales solaires thermodynamiques utilisent une grande quantité de miroirs qui font converger les rayons solaires vers un fluide caloporteur chauffé à haute température. Pour ce faire, les miroirs réfléchissants doivent suivre le mouvement du soleil afin de capter et de concentrer les rayonnements tout au long du cycle solaire quotidien. Le fluide produit de l'électricité par le biais de turbines à vapeur ou à gaz.

Exemples : Andasol, la plus grande centrale solaire thermique d'Europe en Espagne, Nevada Solar One aux Etats-Unis.



Miroirs cylindro-paraboliques d'Andasol, Espagne

D-L'énergie éoliennes :

Une éolienne produit de l'électricité grâce au vent. Sa force actionne les pales d'une hélice, qui met en mouvement un alternateur selon les étapes suivantes :

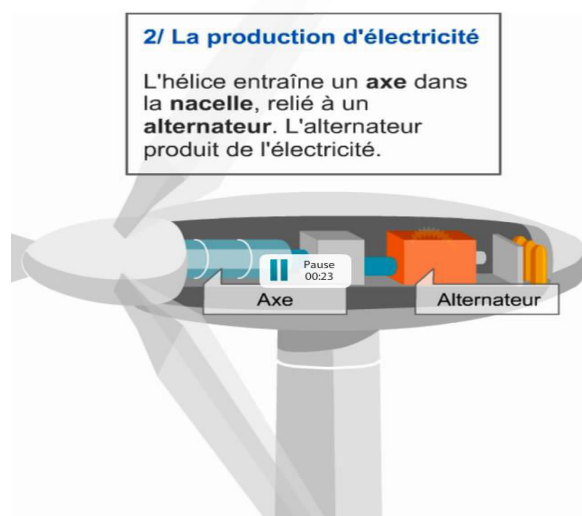
1/ La rotation des pales

Sous l'effet du vent, l'hélice, appelée aussi rotor, se met en marche. Ses pales tournent. Le rotor est situé au bout d'un mât car les vents soufflent plus fort en hauteur. Suivant le type d'éoliennes, le mât varie entre 10 et 100 m de haut. Le rotor comporte généralement 3 pales, mesurant entre 5 et 90 m de diamètre.



2/ La production d'électricité

L'hélice entraîne un axe dans la nacelle, appelé arbre, relié à un alternateur. Grâce à l'énergie fournie par la rotation de l'axe, l'alternateur produit un courant électrique alternatif.



3/ L'adaptation de la tension

Un transformateur situé à l'intérieur du mât élève la tension du courant électrique produit par l'alternateur pour qu'il puisse être plus facilement transporté dans les lignes à moyenne tension du réseau. Pour pouvoir démarrer, une éolienne nécessite une vitesse de vent minimale d'environ 10 à 15 km/h. Pour des questions de sécurité, l'éolienne s'arrête automatiquement de fonctionner lorsque le vent dépasse 90 km/h. La vitesse optimale est de 50 km/h.



Autres :

- Recherche sur les principaux des fonctionnements des centrales suivantes :
 - Centrale nucléaire
 - Centrale biomasse
 - Centrale géothermique
 - Centrale hydraulique marémotrice

Électronique

Rappels

A. Tension électrique

La **tension électrique** se réfère à la **différence de potentiel** : différence d'état en deux points différents du circuit électronique.

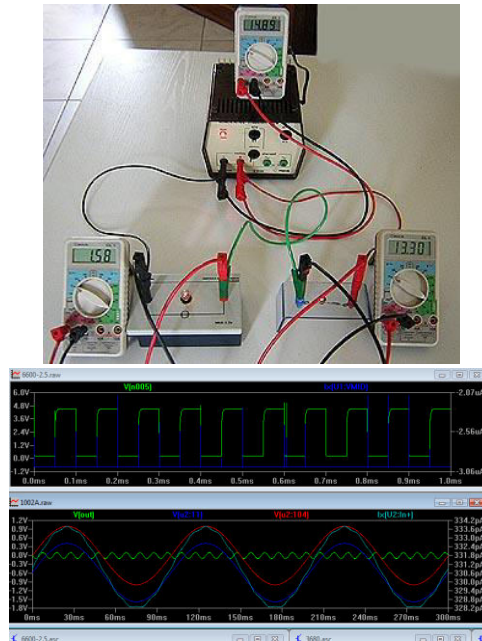
La tension ou **différence de potentiel**, exprimée en volts (V), se réfère à un point masse dont la valeur est de 0V.

B. Courant électrique

Le **courant électrique** se caractérise par une **intensité de courant** circulant à travers un composant du circuit (résistance, potentiomètre, inductance, condensateur, diode électroluminescente,). Son symbole est I et s'exprime en Ampère (A).

C. Signal électrique

Un **signal** est la variation d'une grandeur électrique (tension ou courant) en fonction du temps qui transporte une information.



D. Caractérisation de signal électrique

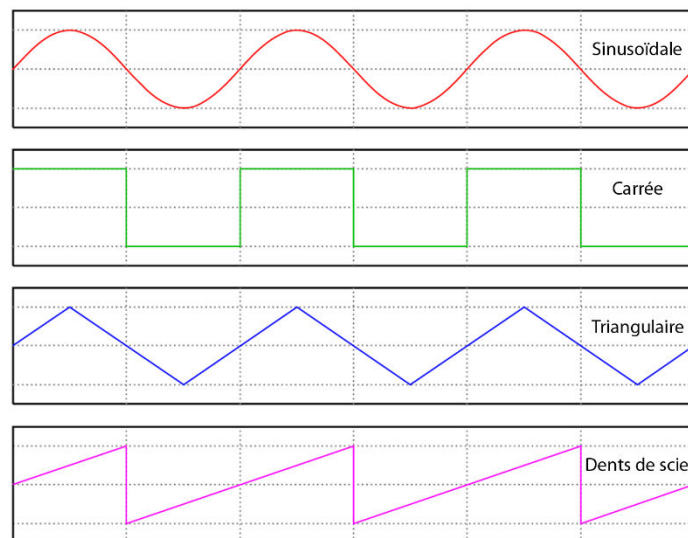
On caractérise un signal électrique par :

- sa **forme**,
- sa **période** - sa **fréquence**,
- son **amplitude**,
- sa **valeur moyenne** ou sa **composante continue**.

D.a. La forme d'un signal électrique

On distingue 5 formes différentes :

- forme **sinusoïdale**,
- forme **triangulaire**,
- forme **rectangulaire**,
- forme en **dent de scie**,
- forme **quelconque**.



D. b. La période d'un signal électrique

Un signal électrique est périodique lorsque la même forme se répète par cycles. La durée d'un cycle est définie comme étant la **période** du signal électrique, notée **T** et exprimé en secondes.

De la **période (T)** on passe à la **fréquence (F)** à partir de la relation suivante :

$$T = 1 / F$$

La fréquence F s'exprime en **Hertz (Hz)**.

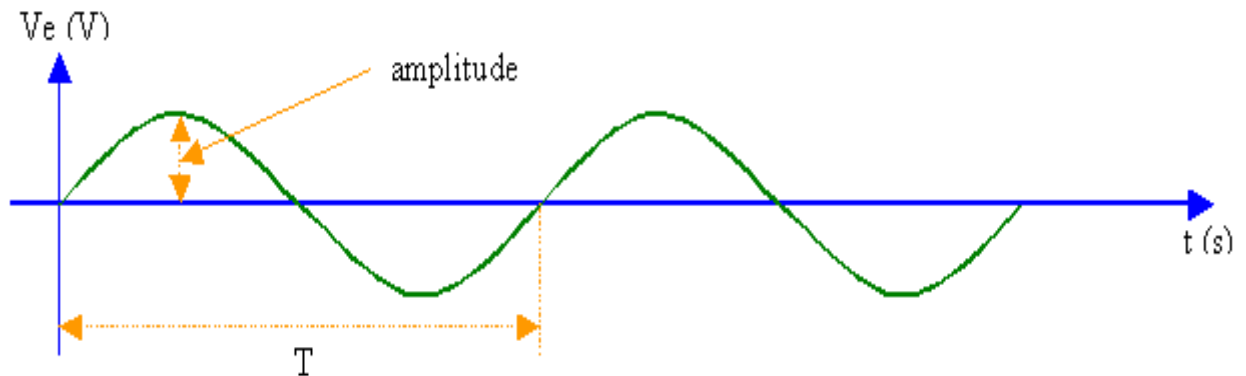
D. c. L'amplitude d'un signal électrique

Amplitude crête à crête=valeur maximale-valeur minimale.

Pour certains signaux électriques, il se peut que la relation suivante existe :

Amplitude positive = -Amplitude négative

Sinusoidale



Classement des signaux

Le signal transmet une information. La connaissance du signal permet l'interprétation de la mesure et de comprendre le fonctionnement d'un circuit, appareils, machines ou autres. Leur classement nous facilite cette interprétation.

Les signaux se classent en trois grands types de signaux :

- les **signaux analogiques**,
- les **signaux logiques**,
- les **signaux numériques**.

Mais que signifient exactement les termes "analogique" et "numérique" ?

2.A. Signal analogique

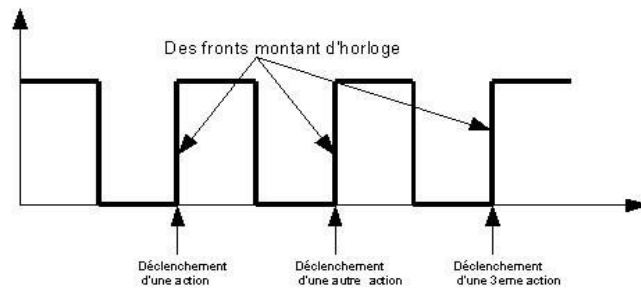
Ce sont des signaux dont la grandeur électrique (courant ou tension) varie de façon continue dans le temps.

2.B. Signal logique (binaire)

Ce sont les signaux discontinus dont la grandeur électrique (**courant** ou **tension**) ne peut prendre que deux valeurs distinctes.

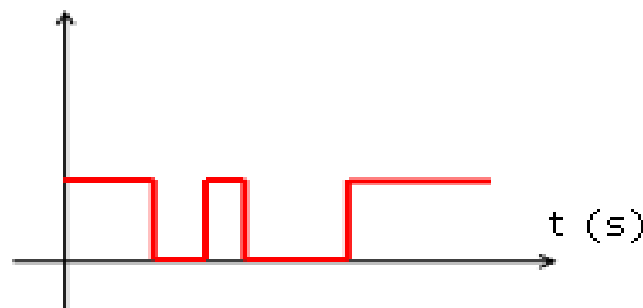
-niveau haut (H = High) = «1»

-niveau bas (L =Low) = «0».



2.C. Signal numérique

Un signal numérique est une suite discrète de valeurs numériques, il n'est pas continu.



Signal numérique

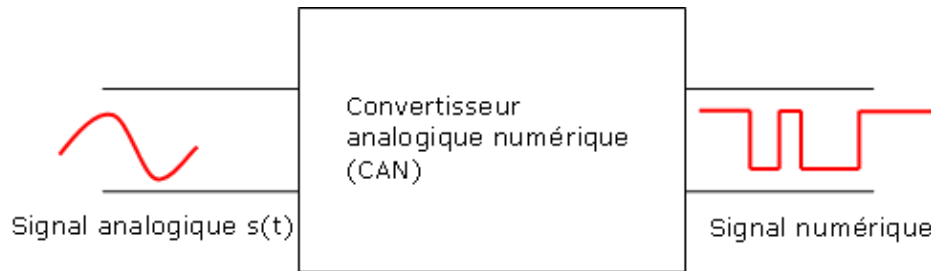
Le passage d'un type de donnée à l'autre se fera par des convertisseurs, composants "mixtes" qui vont manipuler des tensions analogiques en entrée et des signaux logiques en sortie ou vice versa.

Il existe deux catégories de convertisseurs :

- les **Convertisseurs Analogique Numérique** (CAN, ADC en anglais, pour analog to digital converter), qui vont transformer les tensions analogiques en signaux logiques aptes à être traités par microprocesseur (numérisation des signaux).
- les **Convertisseurs Numérique Analogique** (CNA, DAC en anglais, pour digital to analog converter) qui vont convertir les signaux logiques en tension analogique.

Plusieurs types de convertisseurs sont disponibles dans chaque catégorie, qui se différencient par leur précision, leur vitesse de traitement de l'information, leur prix...

Il n'y a pas "le" convertisseur à tout faire qui soit bon partout : on devra faire un choix en fonction de ses besoins.



LES CAPTEURS

1. Définition

C'est un composant qui permet de prélever une grandeur physique (température, pression, vitesse, force, etc.) et de la transformer en grandeur électrique : tension, courant ou charge.

Les différents éléments qui accompagnent le capteur constituent le conditionneur ou transmetteur. Le conditionneur est l'environnement du capteur qui lui permet de produire le signal image de la mesure.

Exemple : amplificateur d'instrumentation pour le capteur de pression MPX2200 (TP9).

Le signal est disponible en sortie sous forme analogique (ex : sonde Pt100) ou numérique (USB, RS232, CAN, ... ex : LFIIP).

1.1. Capteur passif

Il s'agit en général d'une impédance dont la valeur varie avec la grandeur physique, il faut l'intégrer dans un circuit avec une alimentation.

Exemples : résistance à fil de platine (sonde Pt100), thermistance (alerte température dans le SGA, TD11), capteur de niveau capacitif, inductance de fin de course.

1.2. Capteur actif

Il est directement générateur d'une tension, d'un courant ou d'une charge à partir de la grandeur physique.

La valeur fournie étant généralement faible, il faudra l'amplifier.

Exemple : photodiodes, phototransistors (capteur de vitesse LFIIP), thermocouples.

1.3. Capteur intelligent

Le capteur intelligent est un capteur intégrant une interface de communication bidirectionnelle et un microcontrôleur/DSP.

- L'interface de communication permet de commander à distance le capteur et d'en gérer plusieurs ;

- Le microcontrôleur permet de gérer les différentes mesures et de corriger les erreurs dues à des variations de grandeurs physiques parasites (exemple : mesure simultanée de la température pour corriger la dérive thermique).

2. Propriétés statiques

2.1. Justesse

Un capteur est juste si ses valeurs ne changent pas quand on les compare à des valeurs étalon, ou à des valeurs données par d'autres capteurs normalisés.

2.2. Sensibilité S_c

C'est le coefficient qui lie la grandeur physique d'entrée à mesurer à la grandeur électrique de sortie. $S_c = \frac{d(\text{entrée})}{d(\text{sortie})}$

Exemple : Capteur de pression (TP9) : $V(P) = a.P + V_0$ (P : pression) $\Rightarrow S_c = dP/dV = a = 1\text{mV/hPa}$.

2.3. Linéarité

Un capteur est linéaire si sa sensibilité est constante. La relation entre grandeur physique à mesurer et grandeur électrique est alors linéaire (équation d'une droite).

Exemple : variation de la résistance avec la température :

- *Cas d'une résistance à fil de platine (sonde Pt100):*

$R(T) = R_0 (1 + a T)$ $\Rightarrow S_c = dR/dT = a.R_0 = 0,385\Omega/^{\circ}\text{C}$ est une constante \Rightarrow capteur linéaire.

- *Cas d'une thermistance (matériau semi-conducteur – TD12) :*

$R(T) = a. e^{b/T} \Rightarrow S_c = \frac{\partial R}{\partial T} = -\frac{ab}{T^2} e^{b/T} \Rightarrow S_c$ dépend de T \Rightarrow capteur non linéaire.

2.4. Fidélité

Un capteur est fidèle si ses valeurs ne changent pas au cours du temps (mesures reproductibles) : si on mesure deux fois la même grandeur à deux moments différents, on doit obtenir deux fois la même valeur.

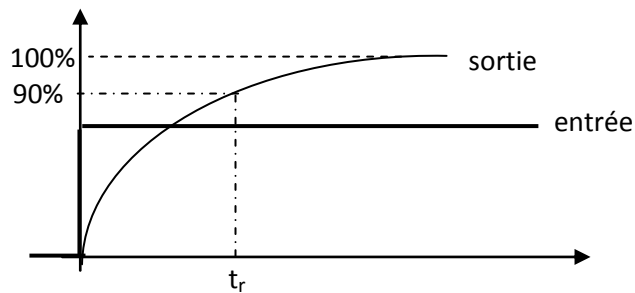
2.5. Plage de mesure

C'est la gamme des valeurs d'entrée qu'il peut traiter sans dégrader son fonctionnement.

3. Propriétés dynamiques

3.1. Rapidité/temps de réponse

Un capteur est caractérisé par son temps de montée t_m (ou t_r : rise time) à 90% ou 95% : c'est le temps au bout duquel la sortie atteint 90% ou 95% de sa valeur finale quand la grandeur d'entrée est un échelon.



Exemple : quelques secondes pour la sonde Pt100.

3.2. Bande passante

C'est la plage de fréquence pour laquelle le fonctionnement du capteur est correct. On lui applique une variation périodique de la grandeur physique d'entrée, on mesure la sortie associée et on trace la sensibilité du capteur en fonction de la fréquence (sensibilité dynamique). Ceci permet de mesurer sa bande passante à -3dB.

EXEMPLE SUR LES CAPTEURS

Capteur de température : sonde Pt100

Sonde Platine scellée dans un boîtier Inox. Ce capteur prêt à l'emploi est totalement scellé et permet, grâce à son boîtier Inox, une utilisation dans des environnements sévères. Cette série existe en sortie 2, 3 ou 4 fils.



| Caractéristiques techniques | | |
|-----------------------------|--------|--------------|
| Alimentation | mA | 5 maximum |
| Coefficient | Ohms/° | 0,385 |
| Plage | °C | -50 à +232 |
| Isolement | MOhm | > 50 Megohms |
| Précision | % | ±0,12 |
| Rés. nom. | Ohms | 100 ±0,12 |

Questions associées au document ppt :

- Le capteur en lui-même n'est pas cité : de quoi s'agit-il ? (**Résistance à fil de platine**)
- Est-ce un capteur passif ou actif ? (=> **passif car résistif**)
- Quelle est sa sensibilité et est-il linéaire ? (**Oui car $Sc = 0,385\Omega/^{\circ}C = Cte$**)
- Compléter avec vos propositions le tableau « option » (temps de réponse augmente si volume et masse augmentent : 3,1sec pour 6,35mm, 2sec pour 4,75mm et 1,1sec pour 3,18mm).

| Options | | |
|---------|------------------|------------------|
| Modèle | Diamètre du tube | Temps de réponse |
| 29258 | 6,35 mm | |
| 29259 | 4,75 mm | |
| 29260 | 3,18 mm | |

Chapitre 5 : Automatique et Informatique Industrielle

Définitions :

L'automatique est à la fois une science et une technique qui étudie les méthodes scientifiques et les moyens techniques pour la conception et la réalisation des systèmes automatisés.

L'automatisation est l'exécution automatique de tâches domestiques, industrielles, administratives ou scientifiques sans intervention humaine.

Buts :

Un système automatisé permet d'affranchir tout ou partie d'un processus (production, traitement, suivi, contrôle...) de la participation humaine, tant au niveau de la décision (partie commande) que de l'action (partie opérative).

Les buts recherchés sont multiples : gain de productivité, travail en zone sensible, niveau de précision ou rapidité ou encore nombre de paramètres à analyser trop élevée pour être gérés par une intervention humaine, etc.

Historique :

Antiquité : jusqu'à 1900

- ☐ Horloge à eau (Ktesibios - 300 av. J. C.)
- ☐ Incubateur (Drebel - 1620)
- ☐ Régulateur (Watt - 1789)
- ☐ Article de Maxwell "On governors" (1868)
 - ☐ Système représenté sous forme d'équations différentielles linéarisées
 - ☐ Mise en évidence des problèmes de stabilité
- ☐ Détermination de critères de stabilité (Routh - 1877)

De 1900 à 1960

- ☐ Période pré-Classique : 1900 – 1940

- ☐ Régulateur PID pour le pilotage d'un bateau (Sperry - 1911)
- ☐ Formalisation du concept PID (Minorsky - 1922)
- ☐ Utilisation de la rétroaction négative dans les amplificateurs (Black, Nyquist - 1932)

- ☐ Période Classique : 1935 -1960
- ☐ Réglage optimum des PID (Ziegler et Nichols - 1942)
- ☐ Utilisation de la Transformée de Laplace (Hall -1943)

Les systèmes automatiques :

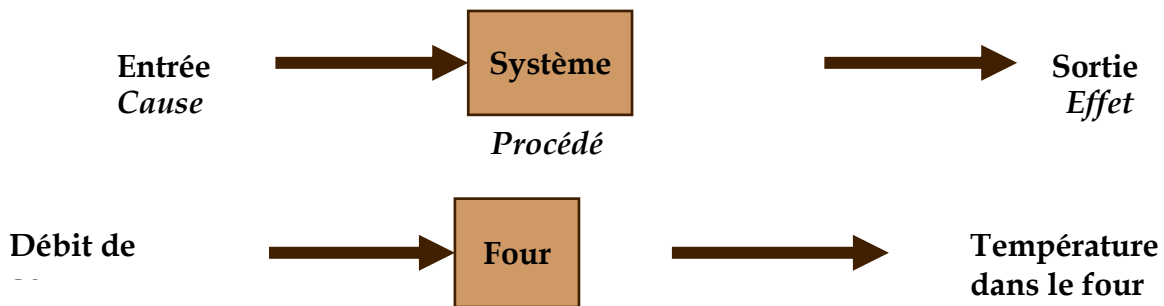
➤ Pourquoi des systèmes automatiques ?

- ☐ Pas d'intervention de l'homme
- ☐ Réaliser des opérations trop complexes ou pénibles pour (ex : atterrissage d'un engin spatial sur la lune)
- ☐ Substituer la machine à l'homme dans des tâches trop répétitives ou dénuées d'intérêt (ex : boîte de vitesse automatique)

➤ Les différents systèmes automatiques

- ☐ Systèmes séquentiels
L 'automatisation porte sur un nombre fini d 'opérations prédéterminées dans leur déroulement
Ex : machine à laver, ascenseur
- ☐ Systèmes asservis (bouclés)
Régulations : l 'objectif est de maintenir une grandeur constante malgré la présence de perturbations
Ex : chauffage domestique
Asservissements : l 'objectif est de faire suivre une loi non fixée à l 'avance à une grandeur physique
Ex : radar, poursuite d 'une trajectoire

Notion de système :



Nécessité d'une commande

□ Principe



□ Exemple

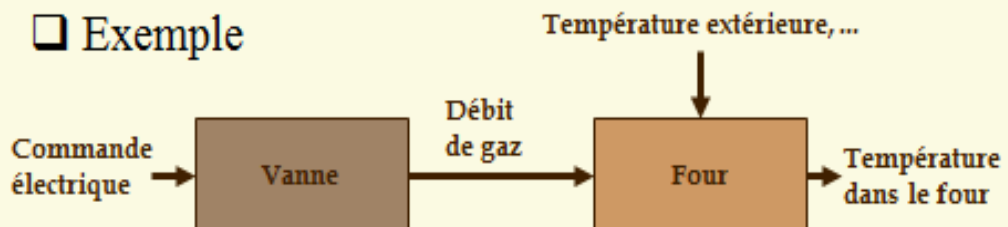


Les perturbations

❑ Principe

- ❑ les perturbations sont des variables d'entrée que l'on ne maîtrise pas
- ❑ elles sont représentées verticalement sur le schéma fonctionnel

❑ Exemple



Commande en boucle ouverte

❑ Principe

- ❑ on connaît la relation (le modèle) qui relie la commande à la grandeur réglée, il suffit alors d'appliquer la commande correspondant à la sortie désirée

❑ Inconvénients

- ❑ ne prend pas en compte les perturbations
- ❑ quelquefois, difficulté d'obtenir un modèle

Commande en boucle fermée

❑ Principe

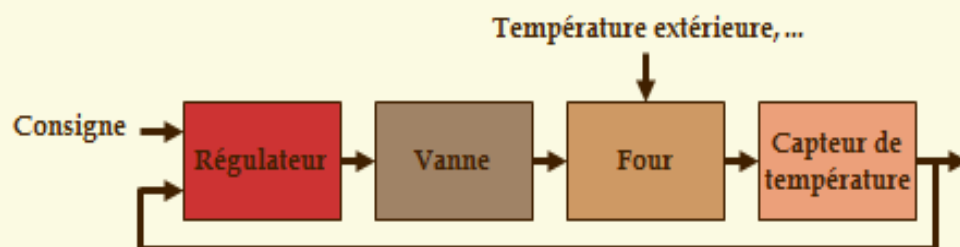
- ❑ on observe le comportement de la sortie et on ajuste la commande en fonction de l'objectif souhaité

❑ Moyens complémentaires

- ❑ en plus de l'actionneur, il faut :
 - ❑ un capteur, pour observer la variable à maîtriser
 - ❑ un régulateur, pour ajuster la commande

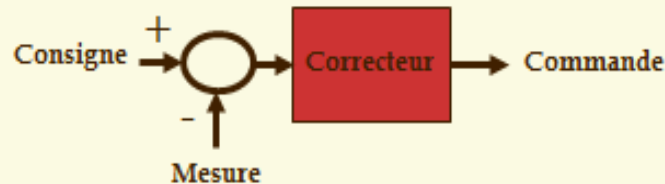
Un exemple de commande en B.F.

❑ B. F. : Boucle Fermée



Le régulateur

- Le régulateur est composé de deux éléments :
 - un comparateur qui fait la différence entre la consigne et la mesure
 - un correcteur, qui transforme ce signal d'erreur en une commande appropriée ; l'art du régleur est de déterminer judicieusement ce correcteur



Le correcteur PID

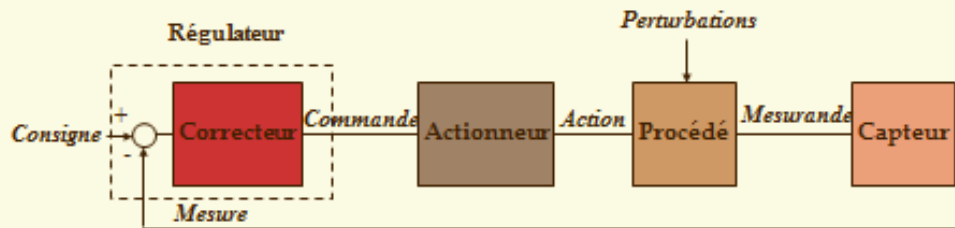
- Le correcteur PID* est le plus utilisé :
 - la commande u est une fonction du signal d'erreur ε , écart entre la consigne et la mesure :

$$u = K\varepsilon + T_i \int \varepsilon + T_d \frac{d\varepsilon}{dt}$$

dans cette équation K , T_i et T_d sont les 3 coefficients à régler

* : P : Proportionnel I : Intégral D : Dérivé

Structure d'un système asservi



- ☐ Régulation : la consigne est fixe
- ☐ Asservissement : la consigne varie

Domaines d'application de l'automatique :

Les domaines d'application de l'automatique sont aussi nombreux que variés : mécanique, électromécanique, électronique, thermique, biotechnologie, spatial, industries de transformation, économie, etc.

En fonction des différents types d'application, des niveaux de performances souhaités, des critères économiques, etc., on est amené à distinguer et à concevoir divers types d'automatismes dont les principes reposent sur des concepts et des technologies spécifiques. On distingue principalement :

- **Les systèmes logiques combinatoires et séquentiels ;**

Câblés ou programmés, leur automatisation repose sur un nombre fini d'opérations prédéterminées dans leur déroulement.

EXEMPLES – Commande d'ouverture de portail, poste de conditionnement de produits, etc. Les variables traitées sont généralement de type binaire : portail ouvert, portail fermé, présence du produit, présence du carton, etc.

- **Les systèmes asservis.**

Fonctionnant en régulation de maintien (régulateurs) ou en poursuite d'une loi de référence (asservissements), ces systèmes prennent en compte en permanence l'observation de leur état pour le modifier, de sorte que le déroulement des opérations qu'ils réalisent ne peut être prédéterminé à l'avance.

EXEMPLES – Pilote automatique de bateau, Chariot filoguidé, etc.

Les variables traitées sont généralement de type analogique : cap suivi, champ magnétique, etc.

Les applications

❑ Au début :

➡ systèmes mécaniques et hydrauliques

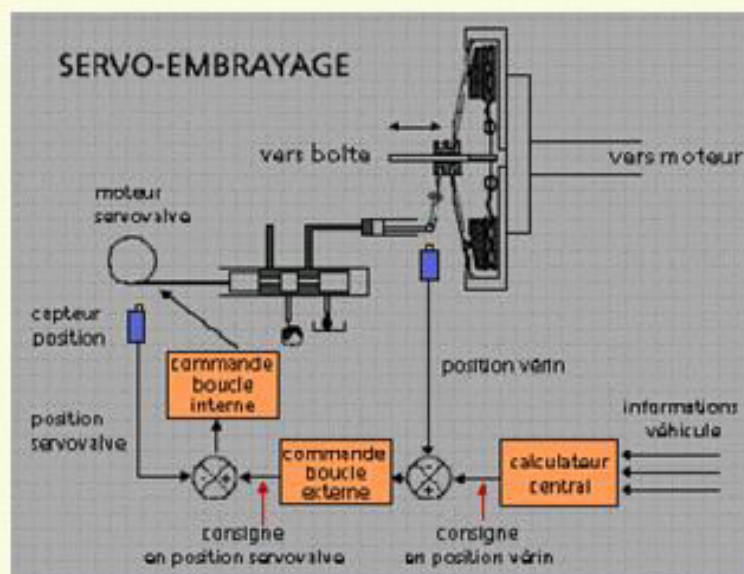
❑ Ensuite :

➡ systèmes électriques et aéronautiques

❑ Maintenant :

➡ tout, du système d'entraînement de disque dur au laminoir, en passant par la Hi-Fi

Automobile : servo-embayage



L'informatique industrielle

*« L'informatique industrielle est une branche de l'informatique appliquée qui couvre l'ensemble des techniques de conception et de programmation, de systèmes informatisés à vocation industrielle, qui ne sont pas des ordinateurs. »
(Source : Wikipédia)*



Source : Ascom S.A.

- **Les circuits spécialisés ou ASIC (Application Specific Integrated Circuit) :**

Les circuits spécialisés sont des circuits spécialisés dès leur conception pour une application donnée.

Exemples : DSP (*Digital Signal Processing*), co-processeur arithmétique, processeur 3-D, contrôleur de bus, ...



Source : Texas Instruments



Source : NVidia

Avantages :

- Très rapide
- Consommation moindre
- Optimisé pour une application

Inconvénients :

- Faible modularité
- Possibilité d'évolution limitée
- Coût

- **Les systèmes micro-programmés :**

Les micro-contrôleurs sont typiquement des systèmes micro-programmés.



Micro-contrôleur Microchip
PIC16F690 en boîtier DIL20

Chapitre 6 : Hygiène, Sécurité, Environnement (HSE)

Définition :

C'est une politique internationale de gestion destinée à mettre en œuvre les conditions et les dispositions d'hygiène, de sécurité et de l'environnement dans le milieu de travail.

Différents axes de la filière HSE

Préservation de l'homme :

- C'est préserver sa santé en lui assurant un suivi médical
- C'est veiller à éliminer ou à défaut réduire au maximum les éventuelles nuisances et risques d'accidents liés au poste de travail.

Préservation de l'outil de production :

- C'est veiller à une bonne maintenance préventive.
- C'est de veiller à l'utilisation rationnelle et à la préservation de l'équipement (risques d'incendie, risque électrique etc.).
- C'est veiller à ce que les organes de sécurité des appareils de production soient toujours en place et opérationnels.
- C'est veiller à ce que l'outil de production ne devienne pas une source de danger au travailleur.

Préservation de l'environnement :

- C'est de veiller à ce que notre activité n'ait pas d'impacts dangereux sur notre environnement.
- C'est de gérer nos déchets (trier, stocker, traiter)

Réduire les coûts de production :

- L'expérience a démontré que la sécurité est un facteur de production et de productivité, les accidents de travail ont aussi un coût, les réduire c'est réduire notre coût de production.

- Le sentiment de sécurité que peut éprouver un travailleur dans un poste de travail augmente la productivité.



Les Secteurs d'activité « HSE »

- Industrie (pétrochimie, agroalimentaire, automobile, mécanique, traitement des eaux ou des déchets, etc.)
- BTP (bâtiment et travaux publics) ;
- Contrôle ou certification (médecine du travail...) ;
- Secteur public : hôpitaux, services vétérinaires, laboratoires, collectivités territoriales (communes, wilaya...), ...

Rôle du spécialiste HSE :

Veiller à la sécurité

Le chargé hygiène sécurité environnement (HSE) réduit et contrôle les risques professionnels au sein de l'entreprise ou de la collectivité pour laquelle il travaille. Il analyse ces risques (accidents du travail, maladies professionnelles, pollution,

nuisances sonores, espionnage industriel, etc.), les évalue et préconise des solutions adaptées. Il est également sollicité pour étudier les dangers potentiels lors de l'implantation d'une usine.

Former le personnel

Afin de réduire le nombre d'incidents, le chargé HSE conçoit et anime des plans de prévention au sein de l'entreprise. Il sensibilise le personnel aux questions de sécurité en organisant des exercices d'alerte incendie ou en formant aux techniques d'intervention en cas d'accident, par exemple.

Faire respecter les consignes

Le chargé HSE s'assure de la fiabilité des installations (systèmes d'alarme, portes coupe-feu, etc.) et veille à l'application de toutes les nouvelles normes en vigueur. Il rédige les consignes de sécurité, depuis l'interdiction de fumer dans les bureaux jusqu'au port d'une tenue réglementaire (comme le casque sur un chantier). Il contrôle les conditions de travail du personnel et intervient en urgence s'il observe un risque précis.



Formation du spécialiste en HSE

Des compétences techniques

Le chargé hygiène sécurité environnement (HSE) connaît parfaitement les conditions de travail des salariés de son entreprise et les risques (éventuels) qu'ils encourent. Il possède des compétences scientifiques, techniques et juridiques régulièrement mises à jour. Spécialisé en chimie, en électricité, en informatique... il peut gérer certains types de risques. Dans tous les cas, il possède un diplôme de secourisme en entreprise.

De la pédagogie

Pour mener à bien ses missions, par exemple pour diminuer de 50 % en 6 mois le nombre d'accidents dans une entreprise, le chargé HSE analyse la situation, fait des propositions réalistes et se fixe des résultats. Bien souvent, pour modifier les comportements à risques, le chargé HSE fait appel à son sens de la pédagogie.

De la réactivité

Autorité, sang-froid, organisation, rigueur, talent de négociateur et capacité à travailler en équipe sont indispensables pour résoudre des situations d'urgence et décider rapidement. Le chargé HSE peut intervenir, à tout moment, sur plusieurs sites pour gérer une inondation, une bio-contamination, une pollution accidentelle...

