

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**  
**Centre Universitaire Ahmed ZABANA Relizane**  
**Institut des Sciences et Techniques**

Cours de Découverte  
**LES METIERS EN SCIENCES & TECHNOLOGIES MST**

- 1<sup>ère</sup> Année L1 ST et SM
- Vh : 22h30

<b>Chapitre I</b>	<b>Découvertes</b>	<b>4 Cours</b>
<b>Chapitre II</b>	<b>Electronique-Automatisme-Capteurs-Microsystèmes</b>	<b>4 Cours</b>
Chapitre III	<b>Génie des Procédés-Hydrocarbures-Pétrochimie-Hygiène &amp; sécurité</b>	<b>4 Cours</b>
Chapitre IV	<i>Le métier d'ingénieur</i>	<b>3 Cours</b>

Polycopié Pédagogique  
Réalisé par le docteur  
**BOUADI Abed**

**2020**

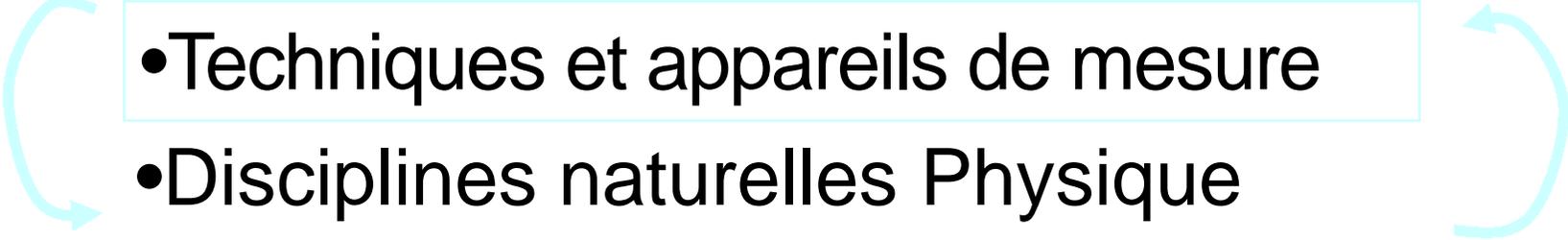
# Chapitre I Découvertes

# I. INTRODUCTION

**Objectif de la Physique: Étude des propriétés de la matière et des lois qui la régissent**

← matière →



- 
- Techniques et appareils de mesure
  - Disciplines naturelles Physique
  - Biologie Biophysique
  
  - Astronomie Astrophysique
  
  - Géologie Géophysique
  
  - Mesures sont fondées sur des principes physiques

•B



## Microscope Optique

- > faisceau de lumière
- > lentilles optiques
- > résolution 0,5 micromètre



## Microscope Electronique

- > faisceau électronique
- > lentilles électromagnétiques
- > résolution 0,2 nanomètre

# . Physique Fondamentale

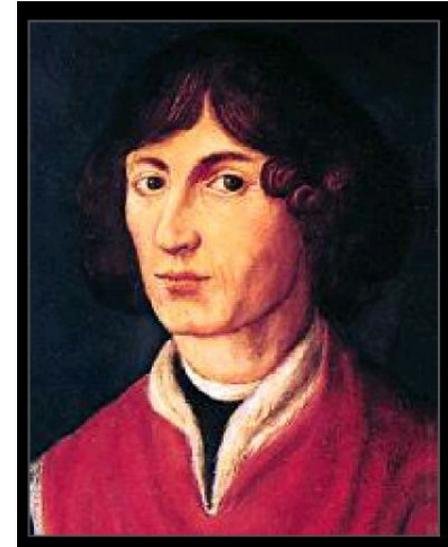
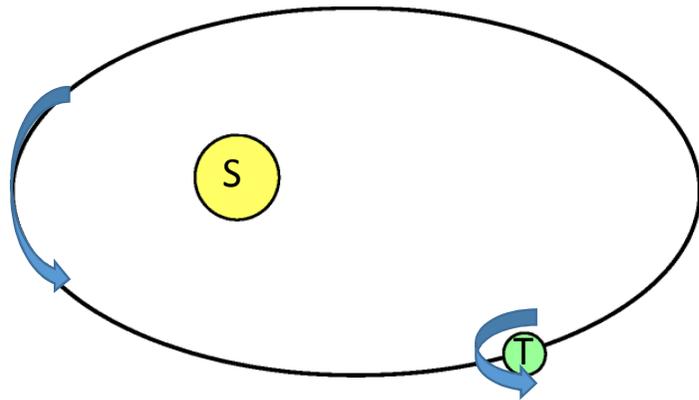
Analyse de l'inconnu

# . Physique Appliquée

Utilisation pratique du déjà connu

## • II. HISTOIRE DE LA PHYSIQUE

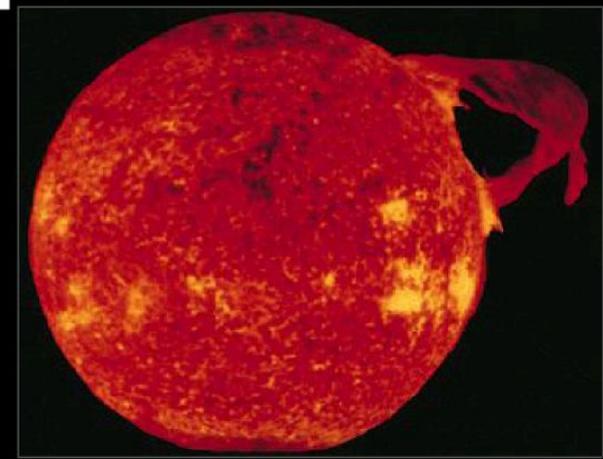
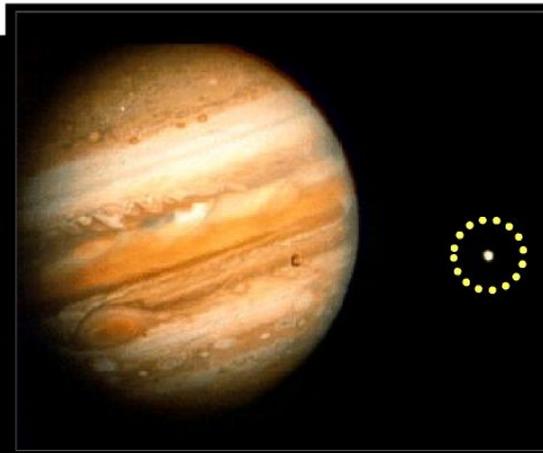
- 1543: Copernic (Nicolas)
- La Terre tourne autour d'elle
- même et autour du Soleil



•1609: Galileo Galilei (dit Galilé)

Première lunette astronomique: Observe:

- Anneaux de Saturne
- Satellites de Jupiter
- Taches solaires
- Etc.



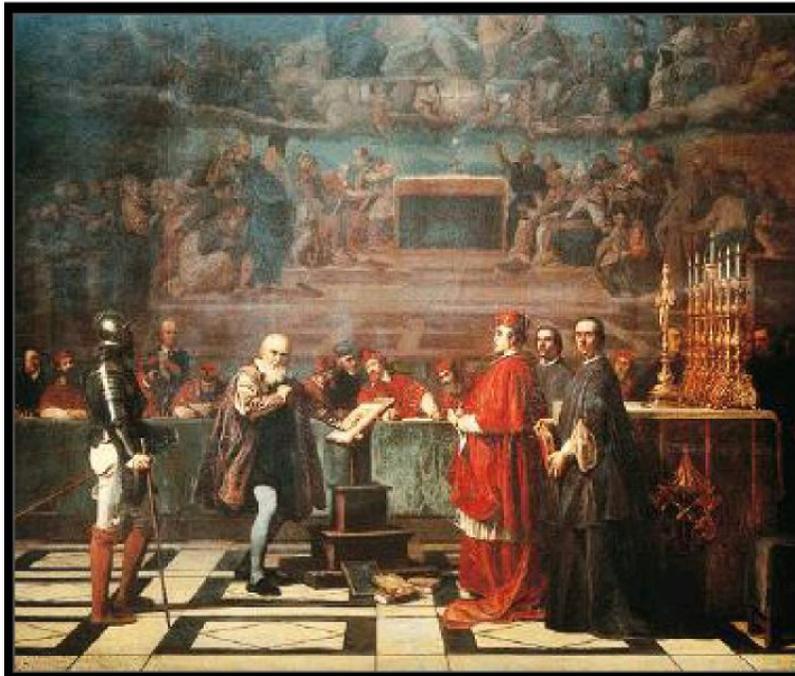
- 1618: Kepler (Johannes)
- Publie les trois lois qui portent son nom: Les lois de Kepler



- 1634: Galileo Galilei (dit Galilé)

Fondements de la dynamique

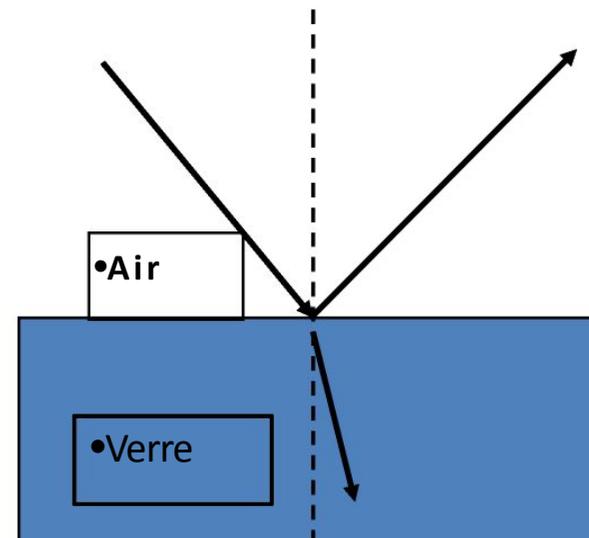
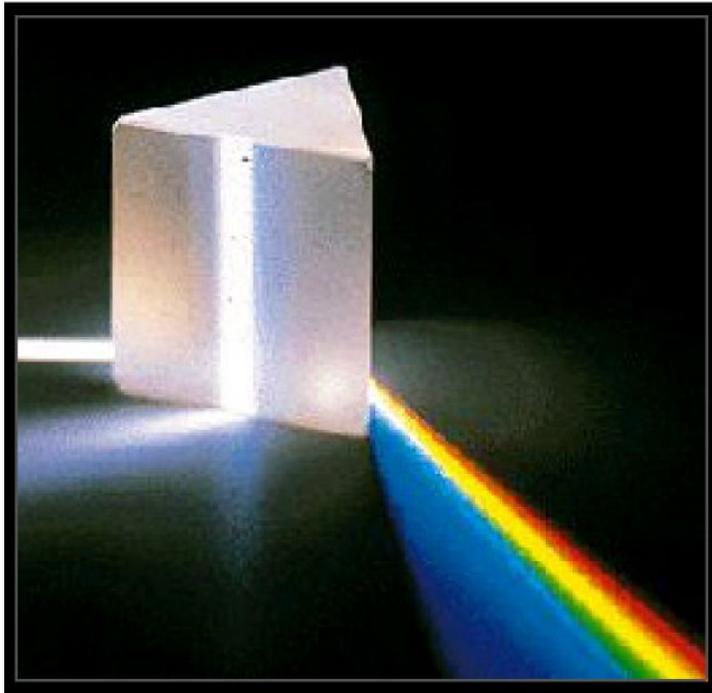
•Terre tourne autour du soleil



•1637: Descartes (Réné)

•Lois de la réfraction de la lumière  
(Snell van Royen)

•Lois de Snell-Descartes

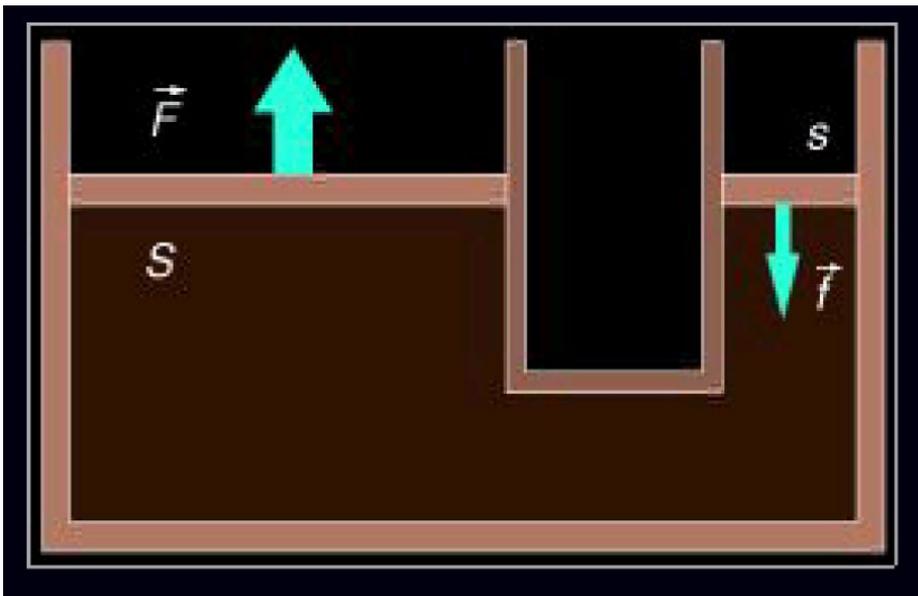
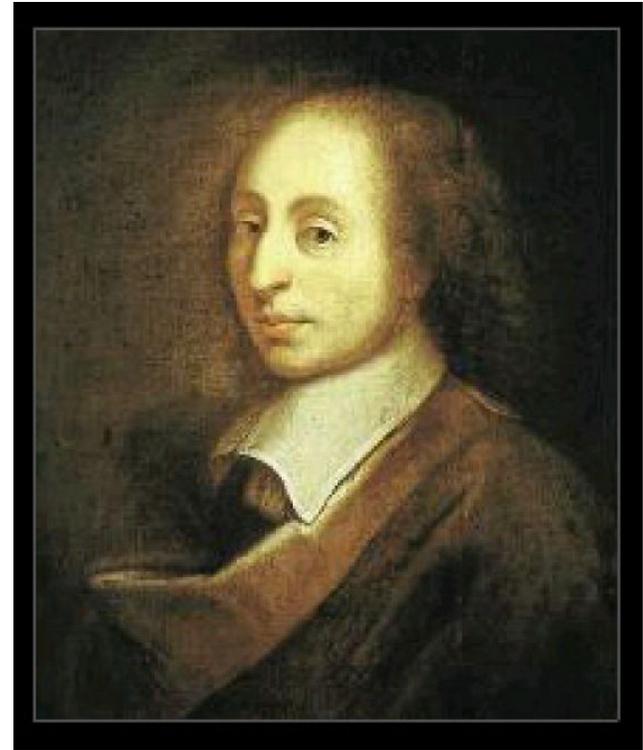


1648: Pascal (Blaise)

Existence du vide

Fondement de l'Hydrostatique

Presse Hydraulique

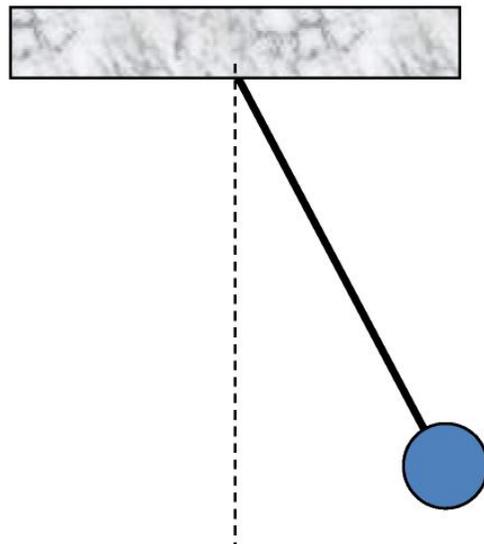
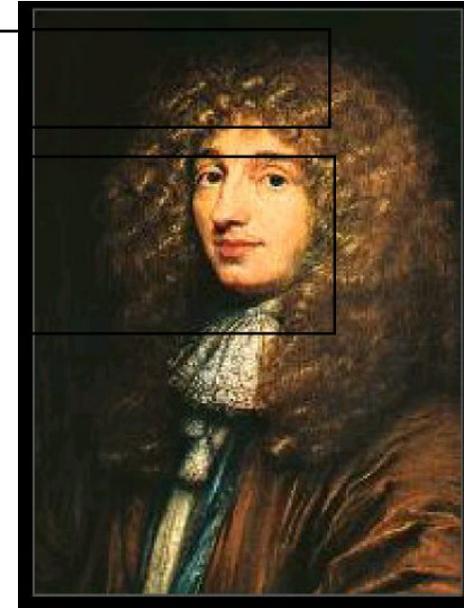


1657: Huygens (Christiaan)

Control d'horloge à l'aide d'un pendule

Gain en précision d'un facteur 1000

$$T_1^2 / T_2^2 = L_1 / L_2$$

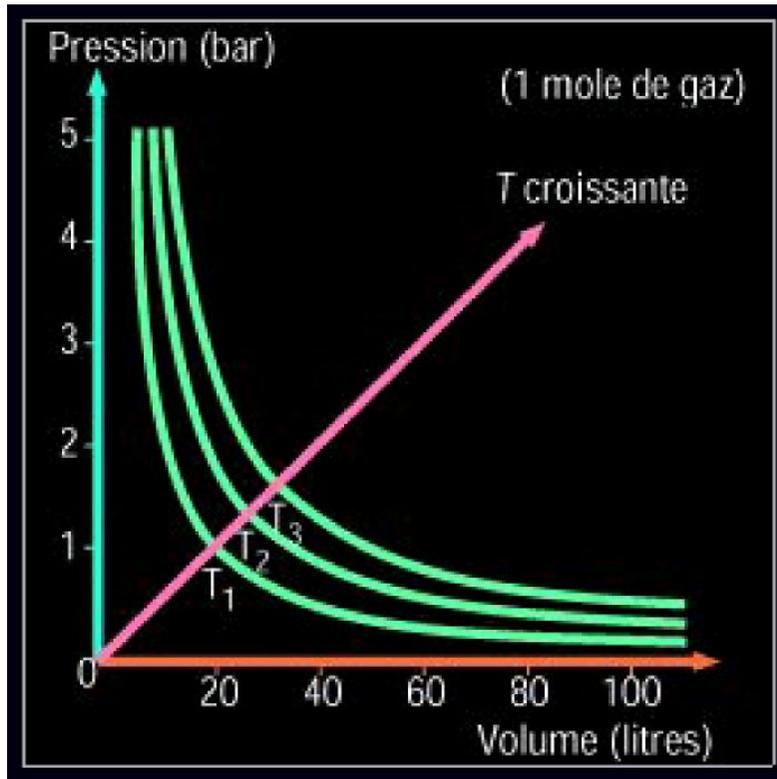


---

Plus tard 1690:  
Fonde la Nature  
ondulatoire de la  
lumière

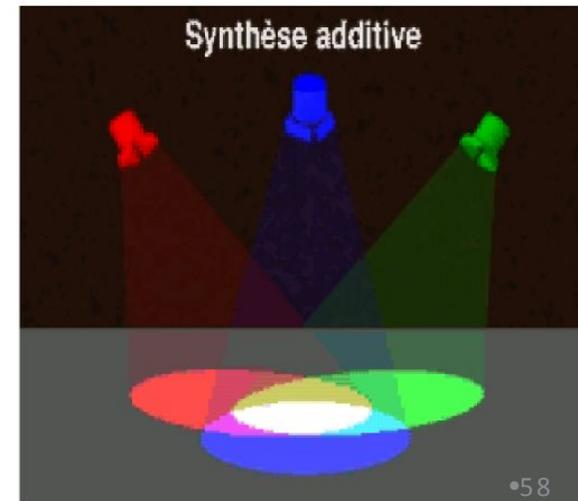
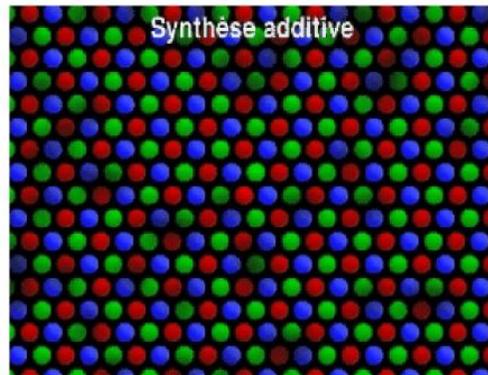
1660: Boyle (sir Robert)

Établit la relation qui existe entre la pression et le volume d'un gaz



- 1666: Römer (Olaüs)
  - l'observation des mouvements des satellites de Jupiter
  - la vitesse de la lumière est finie
  - Trouve : 215 000 km/s
  - une précision remarquable compte tenu des moyens
- 
- $C = 299\,792\,458$  km/s

- 1672: Newton (Isaac)
- Nature composite de la lumière
- Théorie de l'Arc en Ciel



- 1687: Newton (Isaac)

- Philosophiae naturalis principia mathematica*

- La mécanique sous une forme logique parfaite

- Les lois de Kepler expliquées par  $F = G m_1 m_2 / r^2$

- La notion de poids

- Associe à tout corps une masse ( $m$ ) dont « le poids

- constitue la mesure »  $P = m g$

- **$F = m \gamma$**

- 1687: Amontons (Guillaume)

- Invention le thermomètre à gaz
- Prédiction du zéro absolu

- 1738: Bernoulli (Daniel)

- Hydrodynamica*

- Fondements de l'hydrodynamique moderne

Fondements de la théorie cinétique des gaz

- Esquisse la démonstration de l'équation d'état découverte un siècle plus tard par Johannes Van der Waals

- Père: Jean, Oncle: Jacques

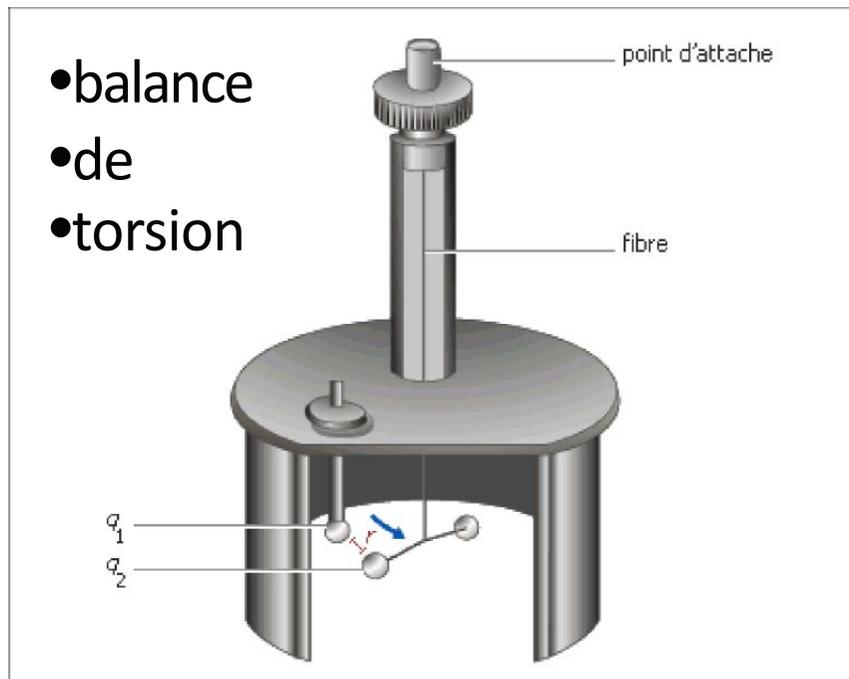
- calcul infinitésimal, calcul des probabilités



1785: Coulomb (Charles Augustin)

Frottements

Électricité et Magnétisme



$$F = k q_1 q_2 / r^2$$

- 1795: Cavendish (Henry)

- Électrostatique et courant électrique

- La densité du globe terrestre

- La valeur de cette constante

- de gravitation  $G$  a été

- mesurée pour la première fois

- avec une balance de torsion

- Densité de la terre: 5.45

- $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$



- 1800:  
(Alessandro)

Volta

- Pile Volta

- 1800: Young (Thomas)

- Optique

- Interférences



- 1811: Avogadro (Amedeo Di Quaregna e Ceretto)

- Travail sur les gaz
- Loi d'Avogadro.
- Deux volumes identiques de gaz,
- dans les mêmes conditions de
- température et de pression,
- contiennent le même nombre de
- molécules

Nombre  
d'Avogadro



À 0 °C et sous 1 atm, une mole de gaz  
occupe un volume de 22,4 litre et contient:

$$N = 6,023 \times 10^{23} \text{ molécules}$$

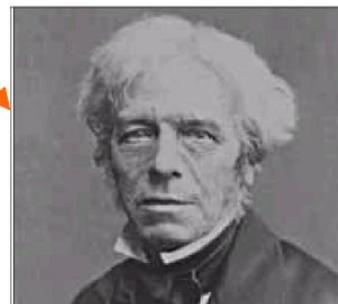
•1815: FRESNEL (Augustin)  
aspect ondulatoire de la lumière

•1820: AMPÈRE (André-Marie)  
forces entre courants

•1821: FRAUNHOFER (Joseph von)  
réseaux de diffraction

•1824: CARNOT (Nicolas Léonard Sadi)  
travail et chaleur

•1832: FARADAY (Michael) et  
Henry (Joseph)  
Induction Électromagnétique



- 1865: MAXWELL (James Clerk)
- Théorie électromagnétique de la lumière

$$\begin{aligned}\operatorname{div} \vec{D} &= \rho, \\ \operatorname{div} \vec{B} &= 0, \\ \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{\partial}{\partial t} \vec{B}, \\ \operatorname{rot} \vec{H} &= \vec{J} + \frac{\partial}{\partial t} \vec{D}.\end{aligned}$$

- 1869: MENDELEIEV (Dmitri Ivanovitch)
- Table périodique des éléments

- 1877: BOLTZMANN (Ludwig)
- Relie l'entropie à la probabilité

**•1885: BALMER (Johann Jakob )**

**•Découvre une formule simple qui donne les valeurs des longueurs d'onde d'une série de raies de spectre de l'hydrogène.**

**•1887: Michelson (Albert Abraham) et Morley (Edward Williams)**

**•Leur expérience montra que deux rayons de lumière émis dans des directions différentes à partir de la Terre étaient réfléchis à la même vitesse. Hypothèse de l'éther à rejeter.**

**•1887: HERTZ (Heinrich Rudolf)**

**•Développement du télégraphe sans fil et de la radio. L'unité de fréquence, 1 période par seconde = 1 hertz.(Hz).**

•**1895: RÖNTGEN (Wilhelm Conrad) Découverte des rayons X**

•**1896: BECQUEREL (Henri)**

•**Découverte de la radioactivité**

•**(famille Becquerel: Antoine père de Alexandre père d'Henri père de Jean)**

•**1897: THOMSON (sir Joseph John) Découverte de l'électron**

•**1900: PLANCK (Max)**

•**caractère granulaire d'un échange énergétique : « quantification »**

•**1905: EINSTEIN (Albert)**

•**Mouvement moléculaire (Brownien) Quantification du rayonnement (Planck)**

**Relativité restreinte (Lorentz)**

•**1911: Rutherford (Ernest lord)**

• **Propose un modèle planétaire de l'atome : constitué d'un noyau extrêmement dense et chargé positivement, entouré par des électrons**

•**1913: BOHR (Niels)**

•**Theory quantique de l'atome d'hydrogène**

•**(contribution à la physique nucléaire et à la compréhension de la structure de l'atome et à l'interprétation de la théorie quantique)**

•**1923: COMPTON (Arthur Holly)**

- Découvrit l'effet qui porte son nom : en bombardant des atomes de carbone avec des rayons X.
- *Première preuve expérimentale de la nature duale – onde et particule – du rayonnement électromagnétique (Prix Nobel à 35 ans)*

•**1924: de BROGLIE (Louis)**

- La nature ondulatoire de la matière.
- Expliquant ainsi les résultats de l'expérience de Thomson, Davisson et Germer qui montre l'aspect ondulatoire de l'électron

## •Titres des monographies

1. Coperni
2. Galilée
3. Kepler
4. Descartes
5. Pascal
6. Huygens
7. Boyle
8. Römer
9. Newton
10. Fermat
11. Amontons
12. Bernoulli
13. Coulomb
14. Cavendish
15. Volta
16. Avogadro
17. Fresnel
18. Ampère
19. Fraunhofer
20. Carnot
21. Faraday
22. Maxwell
23. Mendeleïev
24. Boltzmann
25. Balmer
26. Michelson
27. Morley
28. Hertz
29. Röntgen
30. Becquerel
31. Thomson
32. Planck
33. Einstein
34. Les Curies
35. Rutherford
36. Bohr
37. Compton
38. Broglie (de)
39. Schrödinger
40. Heisenberg
41. Dirac
42. Anderson
43. Fermi
44. Yukawa
45. Wheeler
46. Bardeen
47. Feynman
48. Abdus Salam
49. Weinberg
50. Pauli

# III. APPLICATIONS DE LA PHYSIQUE CLASSIQUE

## 1. Mécanique

Le ressort, étude statique

Notion de Pression

Moment d'une force

## 1. Électromagnétisme

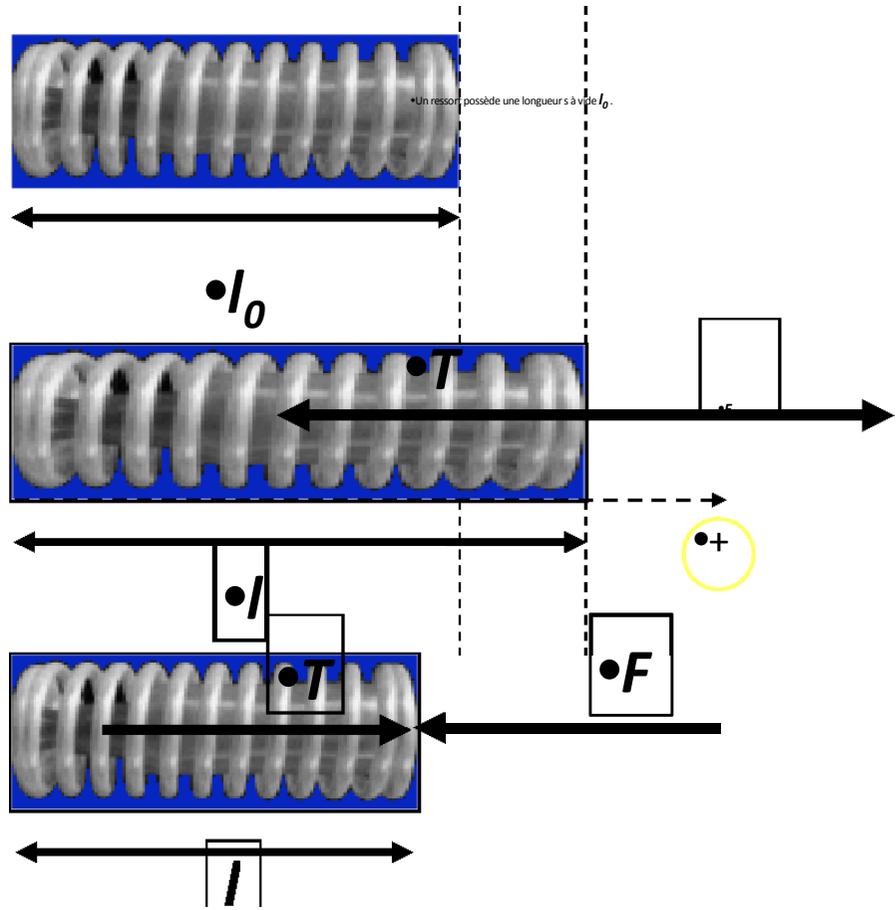
Électrostatique

Électricité

Aimants

a) Le ressort, étude statique

- Constitué d'un matériau élastique pouvant subir une déformation lorsqu'une charge ou
- une force lui est appliquée et reprendre sa forme initiale quand cette force cesse d'être
- appliquée.



Étiré ou comprimé à la longueur  $l$  par une force  $F$

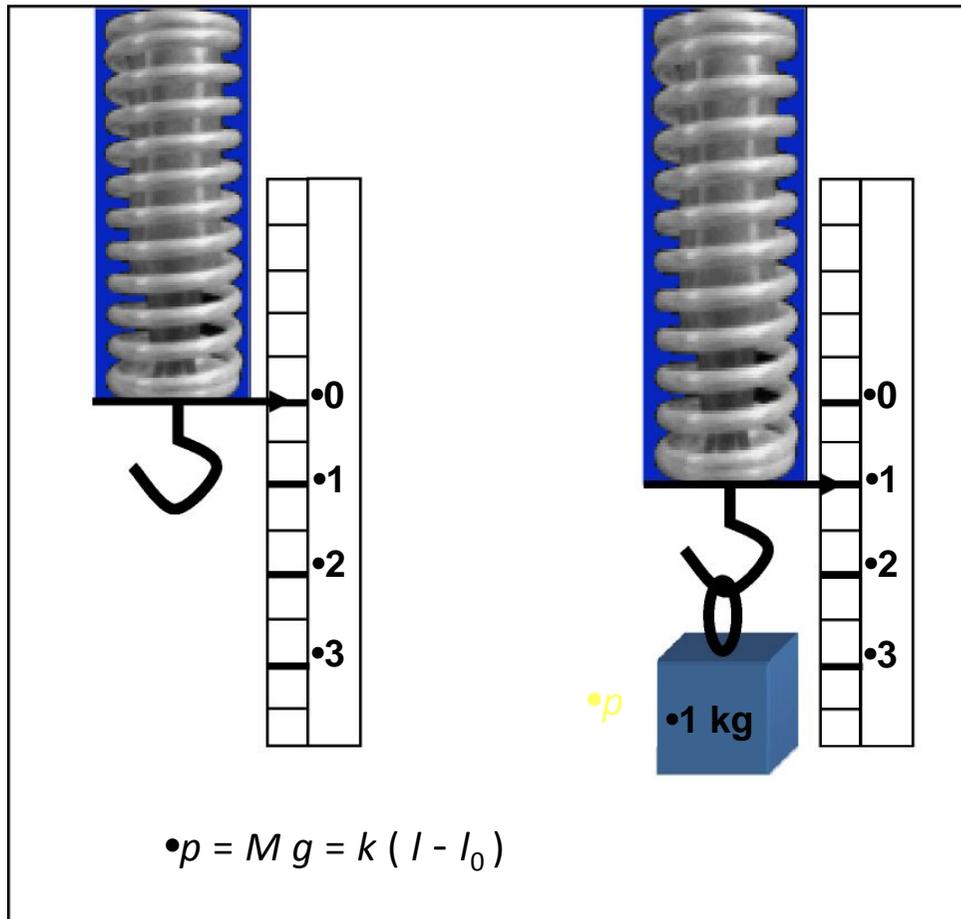
Il exerce par réaction une force  $T$  proportionnelle à l'élongation qu'il subit.

•  $F = k ( l - l_0 )$

•  $T = - k ( l - l_0 )$

## Application:

Utiliser le ressort comme une balance pour peser des masses



- Si l'unité de longueur sur la règle graduée est par exemple 1 cm, il faut un ressort de raideur  $k$  égale à:

$$1 \text{ kg} \oplus 9.8 \text{ N/kg}$$

---

$$\bullet 1 \text{ cm}$$

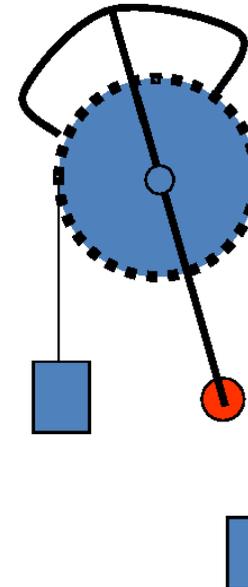
- $k = 980 \text{ N/m}$

## Application:

### Mesurer le temps

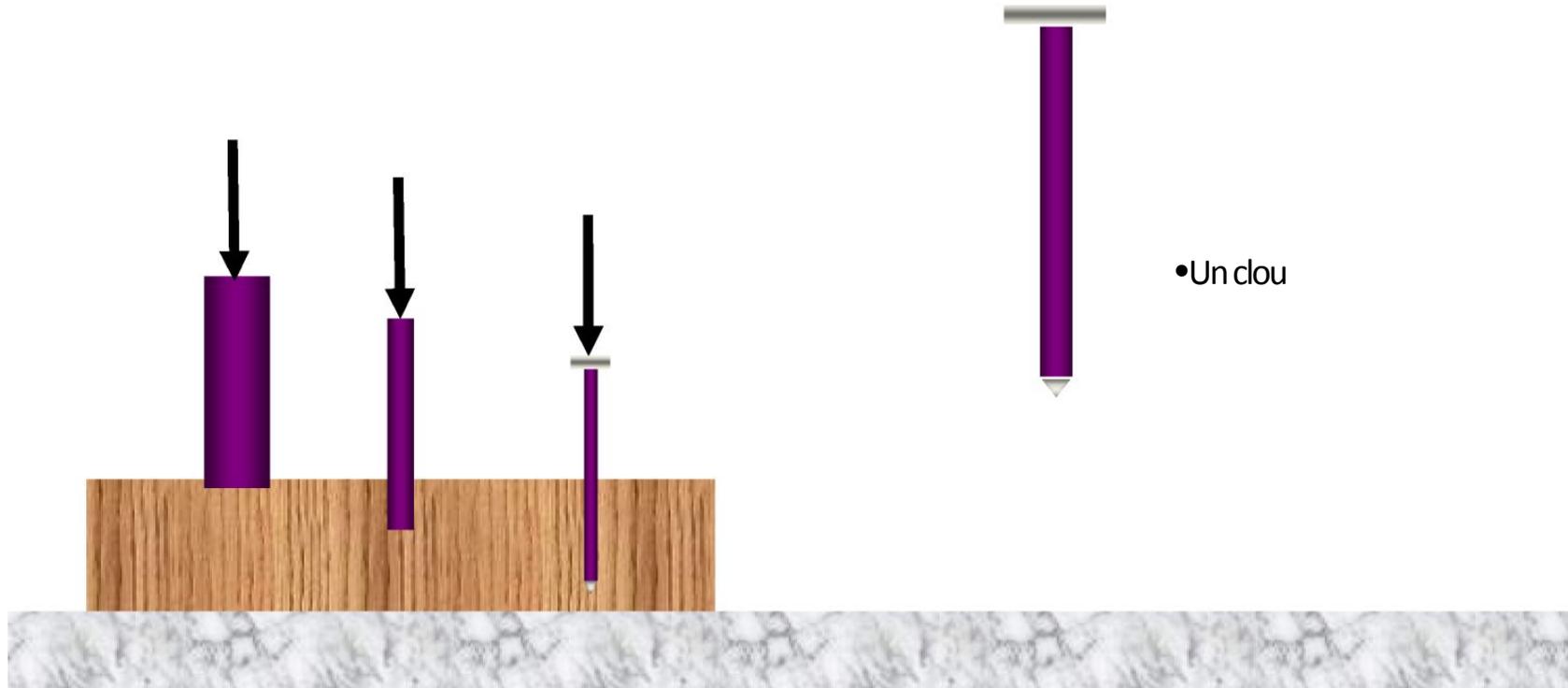
- Comment compenser les pertes dues aux frottements ?

Dans le cas d'une horloge à balancier, une roue dentée relance le pendule à chaque demi-oscillation. La roue dentée tourne grâce à la descente d'une masse qu'il faut périodiquement remonter. Les frottements dissipent l'énergie mécanique mais cette perte est compensée par l'apport d'énergie fournie par la réserve.



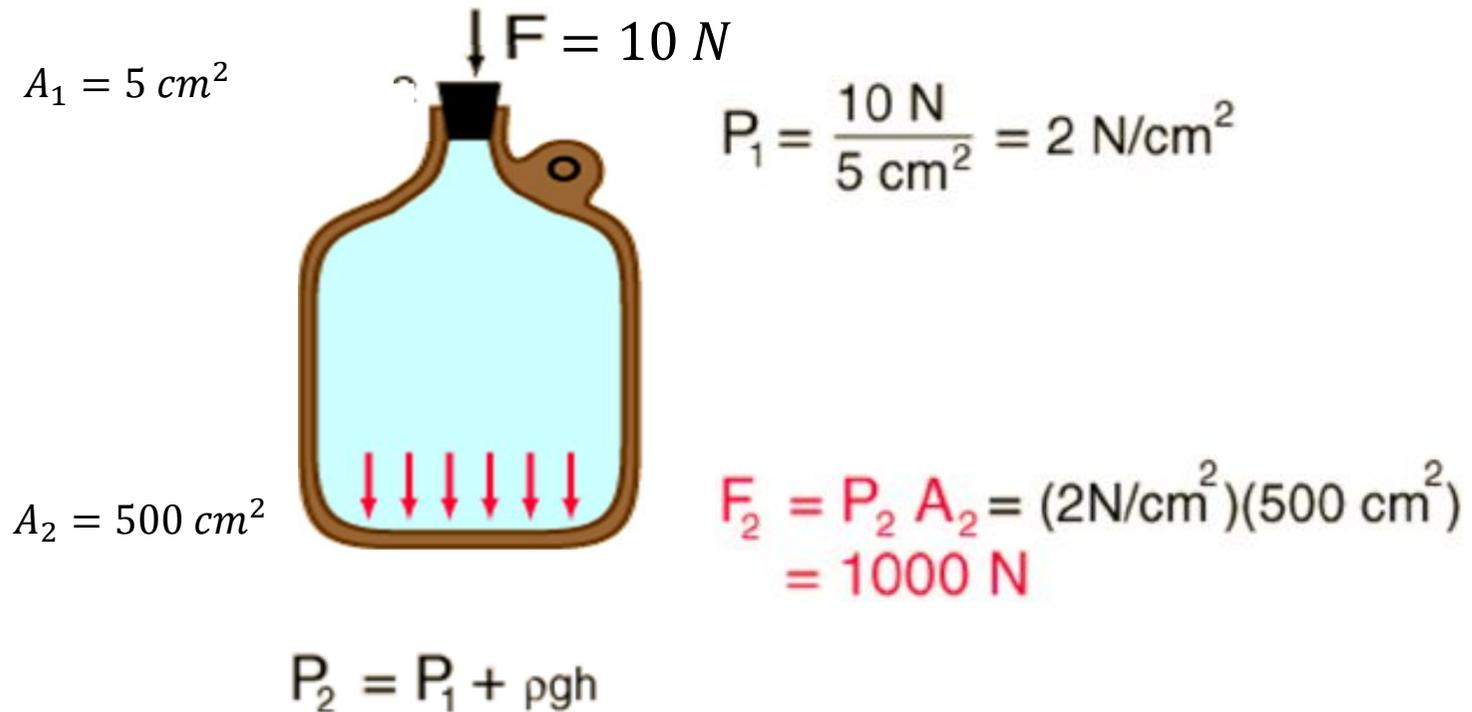
## c) Notion de pression

La pression  $p$  due à une force  $f$  s'exerçant uniformément sur une surface plane  $s$  est donnée par:  $p = f/s$   
L'unité de pression est le Pascal (Pa) ;  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

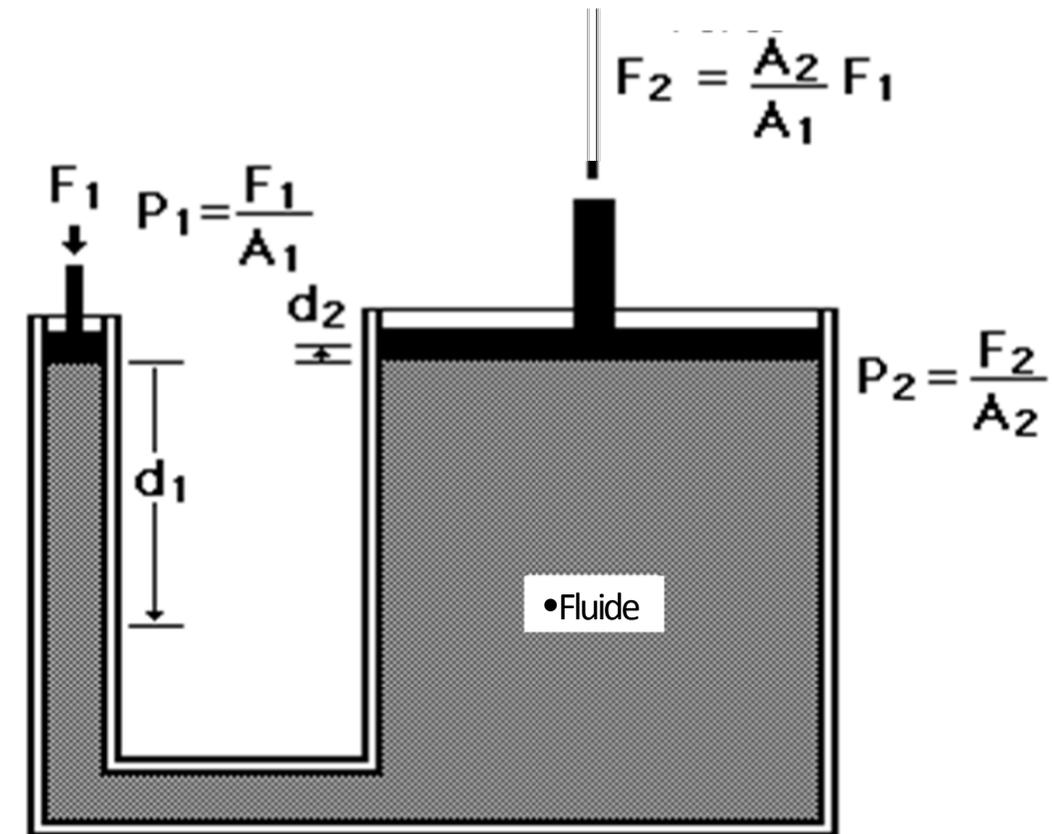


## Pression dans un fluide (Principe de Pascal)

- La pression est transmise inchangée dans un fluide enfermé

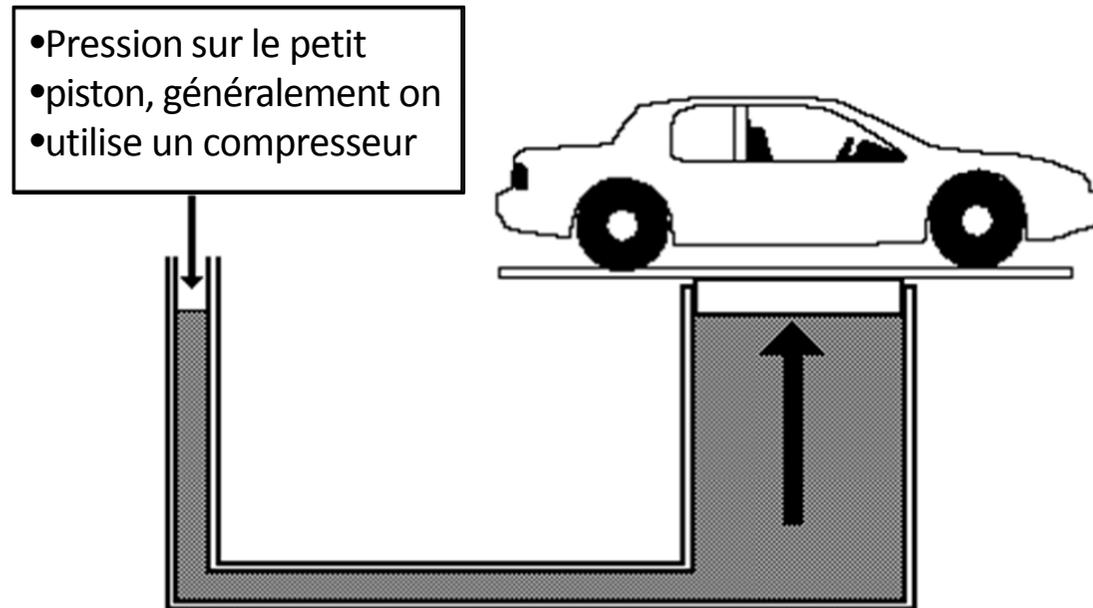


• La presse hydraulique



$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$
$$d_1 = \frac{F_2}{F_1} d_2 = \frac{A_2}{A_1} d_2$$

## •Application



## d) Moment d'une force

### Définition

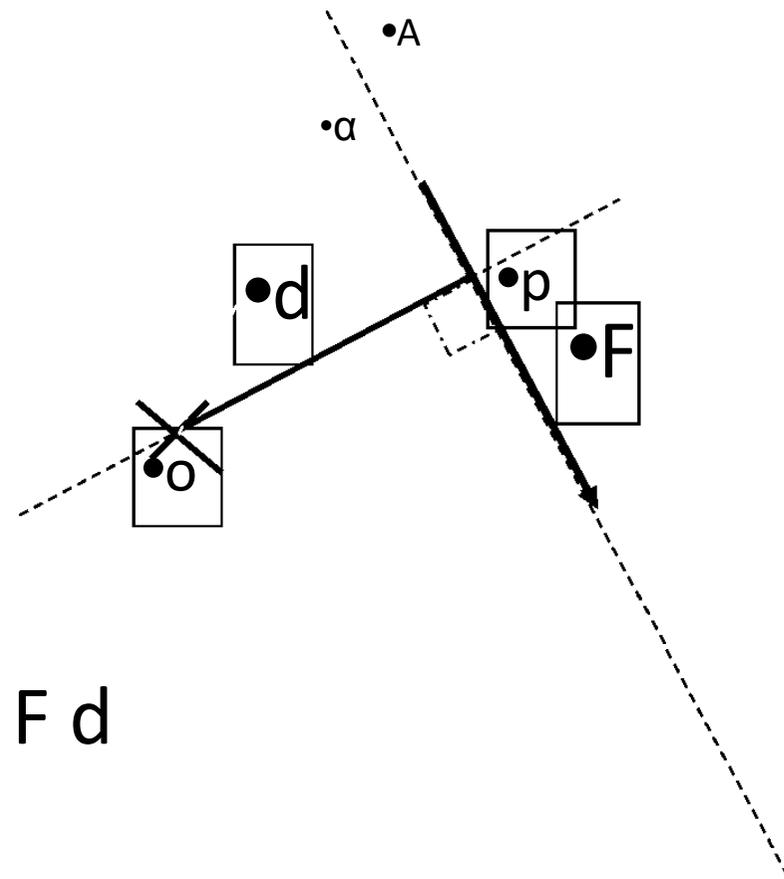
$$\mathbf{M} = F d$$

### Remarque

$$OA \wedge \vec{F} = (OA) F \sin\alpha = F d$$

On peut écrire:  $\mathbf{M} = OA \wedge \vec{F}$

•A est généralement choisit comme le point d'application de F

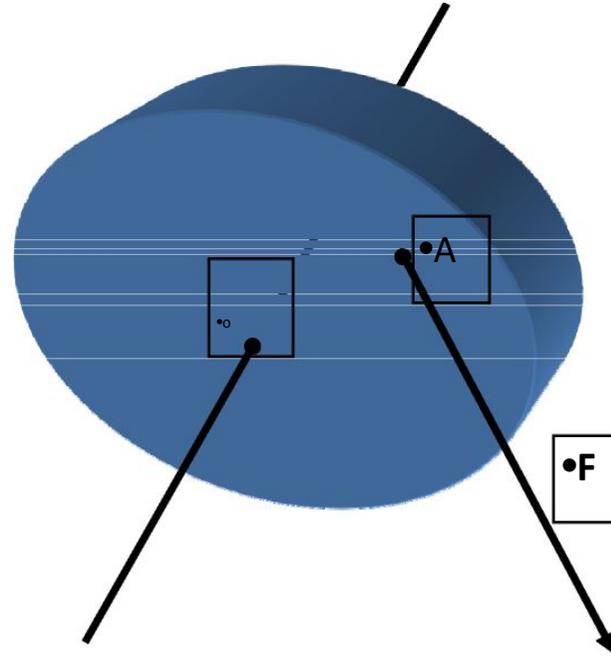


$$\mathbf{M} = \mathbf{OA} \wedge \mathbf{F}$$

(Vraie même en 3D)

•Loi:

Si un corps solide est en équilibre statique autour d'un axe fixe, la somme des moments des forces autour de cette axe agissant sur ce solide est nulle.



## Application

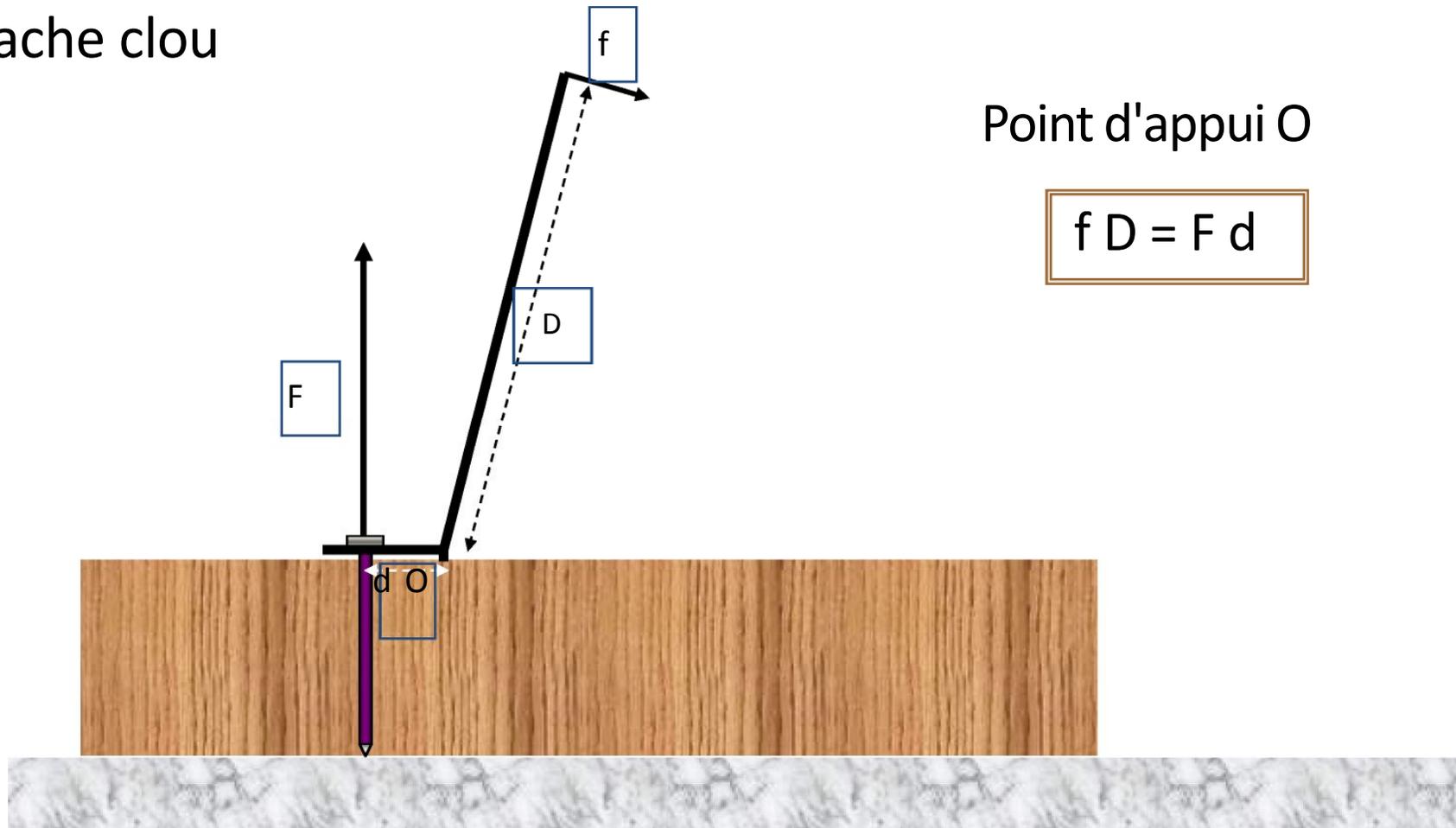
On montre facilement qu'à l'équilibre:

$$M_1 d_1 = m_2 D_2$$



## Exemples

Arrache clou

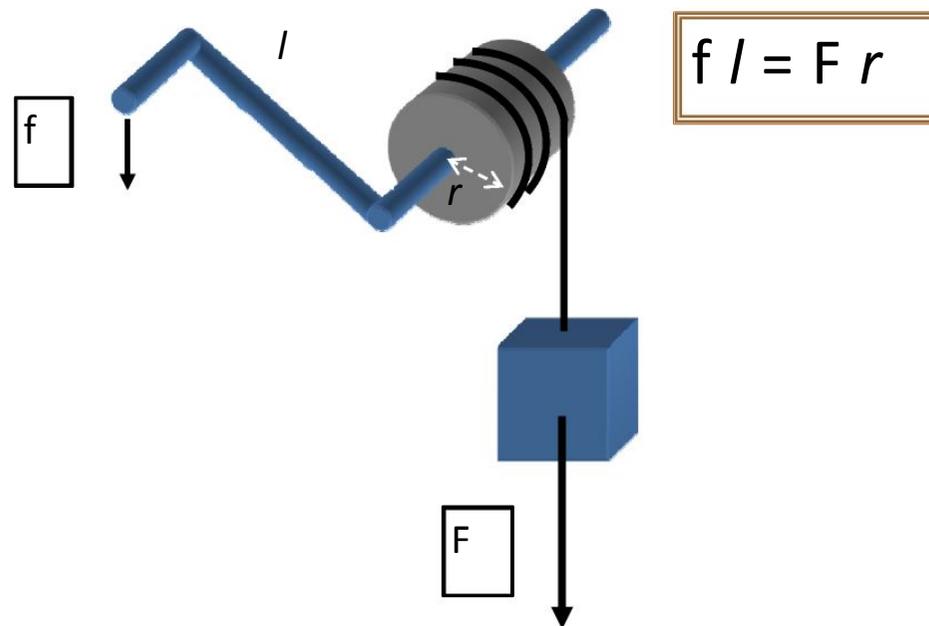


Point d'appui O

$$f D = F d$$

## Exemples

Treuil



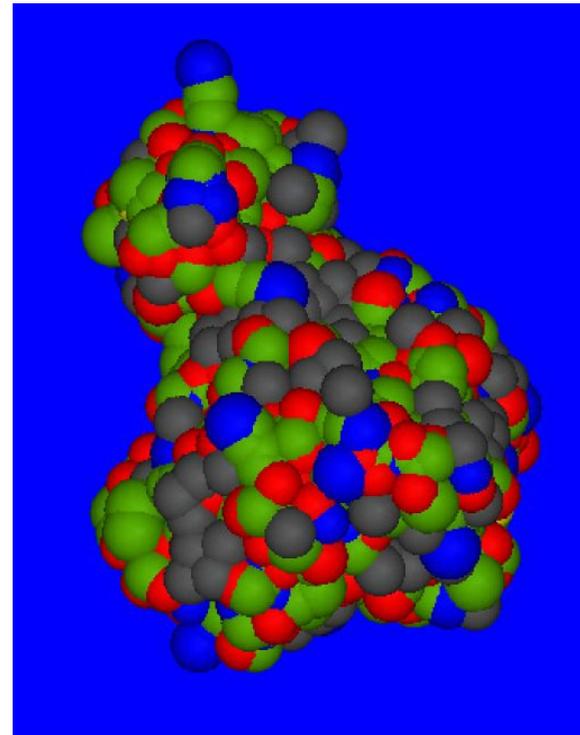
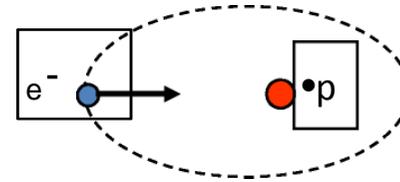
## 2) Électromagnétisme

- a. **Électrostatique** La force et le champ électriques, la charge, le dipôle
- b. **Électricité** Le courant électrique, la résistance
- c. **Aimants** Les aimants permanents, l'aimantation La force et le champ magnétique, électroaimant

## a) Électrostatique $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$

•La force électrique est une force très importante  
Derrière l'existence des atomes les électrons et les  
protons soient attirés et restent ensemble

•la formation des molécules: molécules peuvent  
s'agréger, pour former nos cellules. Les plantes, Les  
animaux, les êtres humains



## b) Électricité

- **Le courant électrique, est un déplacement de charges (électrons).**
- **Un matériau dans lequel les électrons ne sont pas trop attachés à leurs atomes est appelé matériau *conducteur*.**
- **Un matériau conducteur laisse donc passer facilement le courant électrique**
- **Les meilleurs conducteurs sont les métaux (argent, cuivre)**
- **Un *isolant* est un matériau dans lequel les électrons sont bien attachés aux atomes. Le courant ne peut donc pas passer dans un isolant. L'air, le plastique, le verre sont de bons isolants.**

## Comment est caractérisé un courant électrique?

- Écoulement de l'eau Écoulement de charges
- Pression (Pascal) Tension (Volt)
- Débit (litre/seconde) Intensité (Ampère)

### •Comment est caractérisé un matériau conduisant ou non l'électricité?

- Par sa *résistance* , plus un matériau laisse facilement passer le courant, plus petite est sa résistance.
- La résistance est grande pour un mauvais conducteur.
- A cause de sa résistance, les électrons dans un matériau sont ralentis, et perdent de leur énergie, en perdant de leur vitesse.
- Cette énergie est transformée en chaleur
- Une résistance traversée par un courant électrique chauffe. On appelle cela l'*effet Joule*.

## Application: Chauffage électrique

$W = R I^2 t$  • W: en joule (J)

I: en ampères (A)

R: en ohm ( $\Omega$ )

t : en seconde (s)

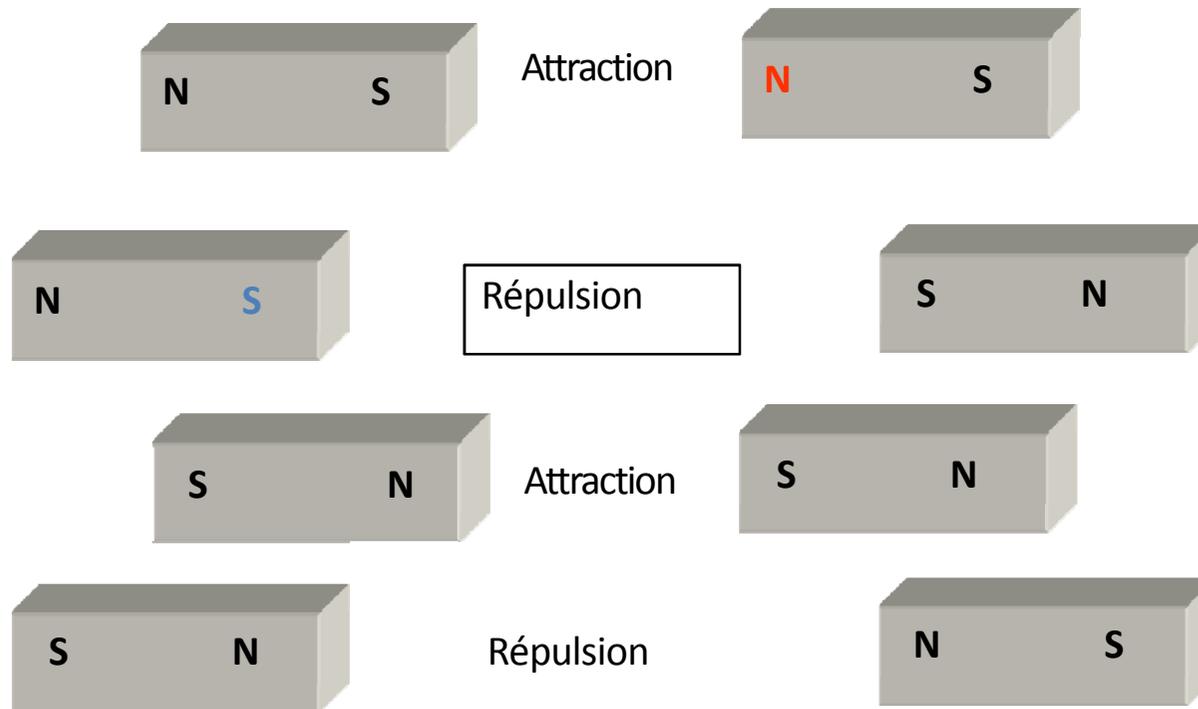
La chaleur se mesure en *calories*, 1 calorie = 4.18 joule

- Une calorie permet d'élever la température de 1 gramme d'eau de 1 degré

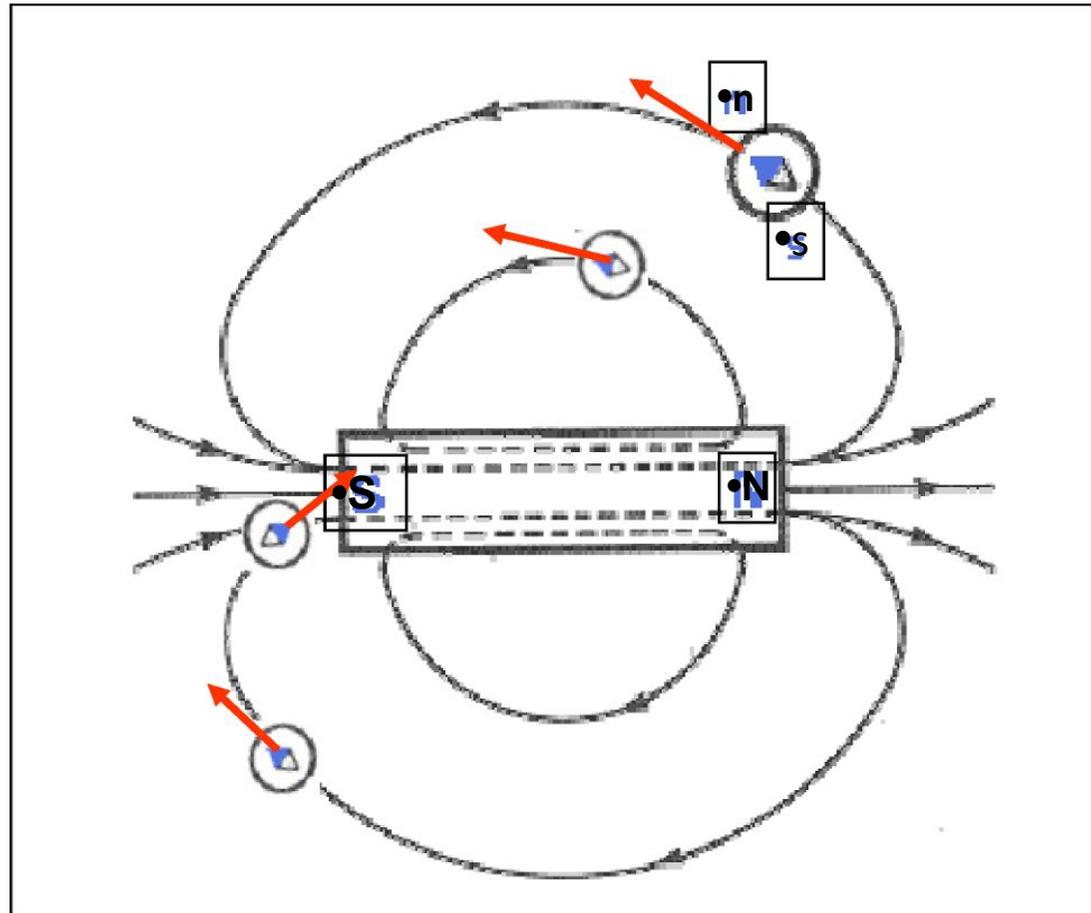
- Une résistance chauffante de 10  $\Omega$  est parcourue par un courant de 7.23 A. On plonge cette résistance dans un litre d'eau initialement à 25°C pendant 15 minutes. Quelle est la température finale de l'eau.

## c) Aimants

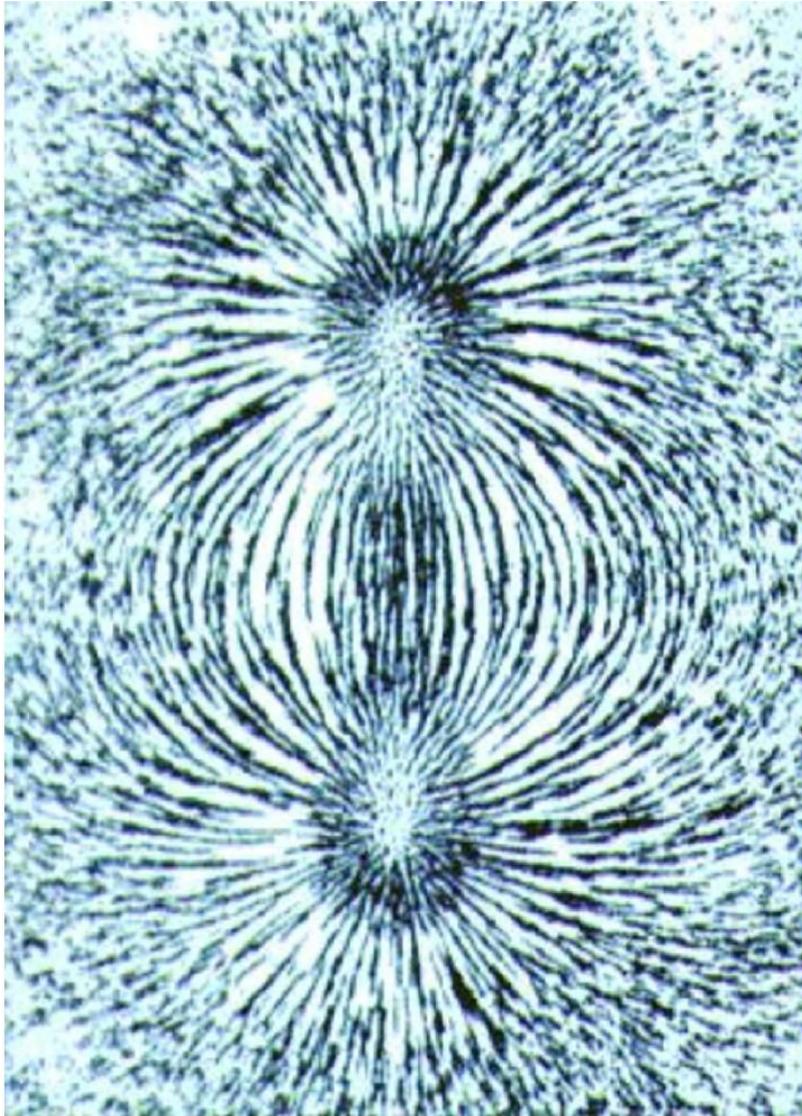
- Les aimants permanents (ne perdent jamais leur aimantation) sont des dipôles magnétiques: ils ont deux pôles, l'un qu'on appelle pôle nord et l'autre pôle sud. Lorsqu'on met deux aimants en présence, on s'aperçoit qu'ils s'attirent, leurs pôles types différents s'attirent alors que les pôles de même type se repoussent.



Les aimants créent autour d'eux ce qu'on appelle un "champ magnétique"

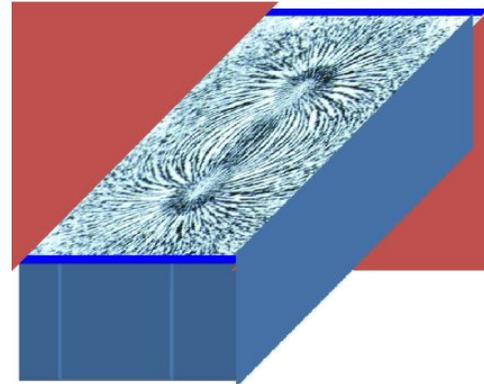


 Boussole: petit aimant permanent

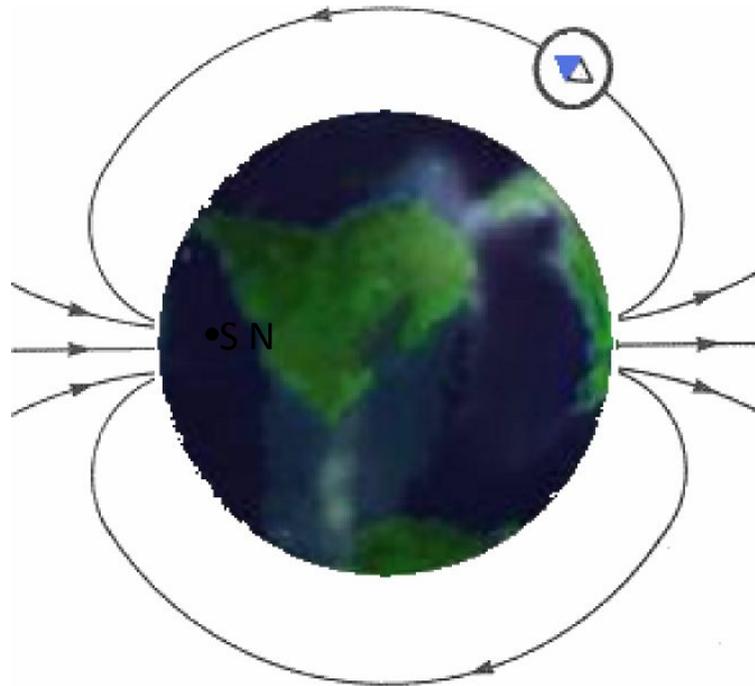


**Lignes de champ**

**Limaille de Fer**



## Champ magnétique terrestre

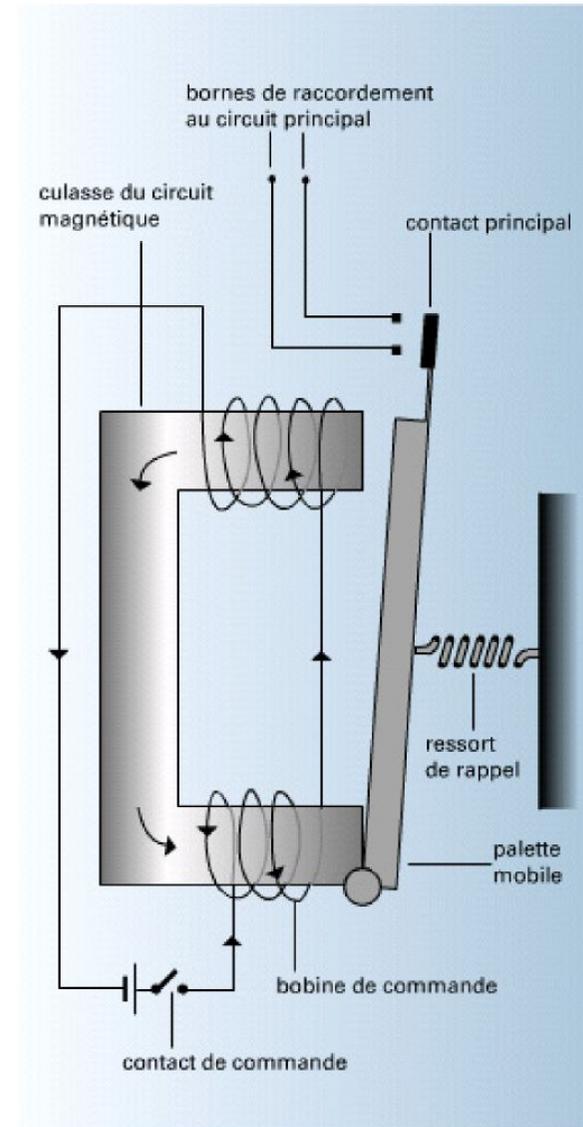


Unité de mesure du champ est le Tesla (T)

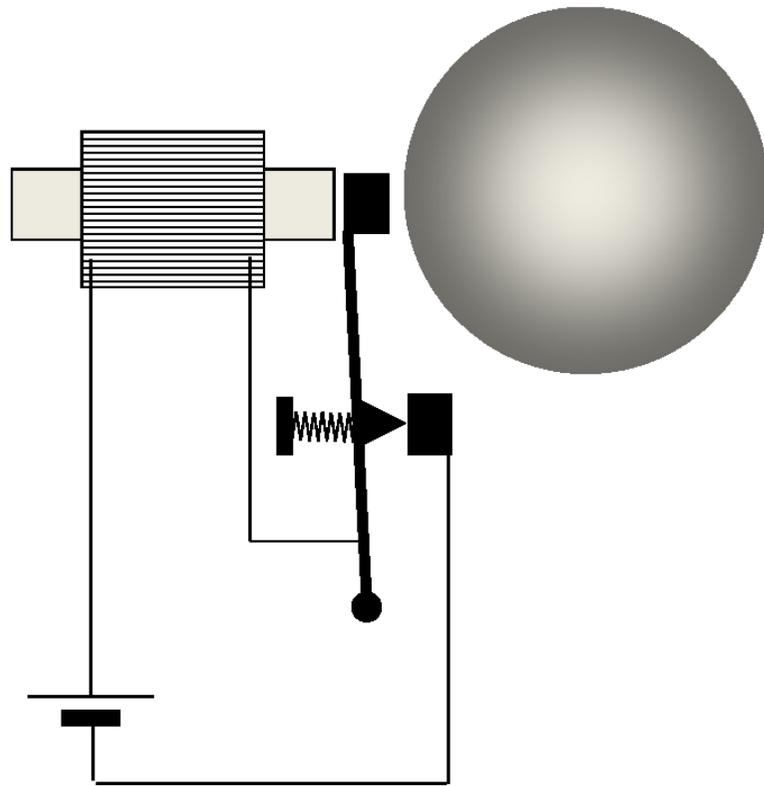
Le champ magnétique terrestre  $B_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

# Relais

## Électro-aimant



## Sonnerie électrique



# Chapitre II Electronique-Automatisme-Capteurs Microsystèmes

## Historique de l'électronique

# Évolution des concepts

Les équipements électroniques utilisent les propriétés de l'électron : sa charge électrique, les champs électromagnétiques que créent ses mouvements, et plus récemment son *spin*.

On peut sans doute faire remonter le début de l'électronique à l'année 1820, lorsque Hans Christian Ørsted découvre accidentellement l'effet d'un courant électrique sur une aiguille aimantée, et lorsque, peu après, André-Marie Ampère met en évidence l'effet d'un courant électrique sur une boucle parcourue par un courant électrique, première transmission d'une information à (très courte) distance.

Ce phénomène est précisé en 1831 par Michael Faraday.

Vers 1860, un Français d'origine italienne, l'abbé Giovanni Caselli (1815-1891), imagine l'analyse d'une image ligne par ligne, processus qui reste aujourd'hui la base de la transmission par fax et de la télévision. Cet appareil sera exploité de 1867 à 1870 par la Société des télégraphes

# Historique de l'électronique

## Le modèle atomique de Bohr

Selon cette représentation, l'atome se compose d'un noyau central autour duquel se déplacent les électrons, animés d'un mouvement comparable à celui des planètes autour du Soleil.

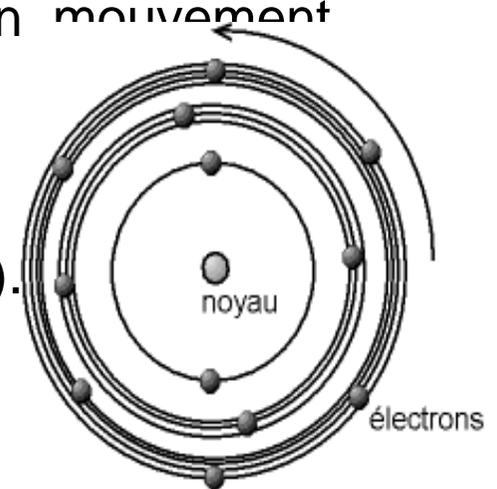
Le noyau contient les protons et, comme

le Britannique **James Chadwick** devait le démontrer en 1932, des neutrons (particules électriquement neutres).

Il convient d'insister sur le rôle extrêmement important des électrons les plus externes qui déterminent

la réactivité chimique de l'élément; étant relativement

éloignés du noyau, ces corpuscules négatifs sont soumis à des forces électrostatiques faibles, et peuvent dans certains cas se soustraire à cette attraction. Ils se déplacent alors librement entre les atomes: leur circulation, qui constitue le courant électrique, est à la base de nombreux phénomènes physiques.



## Historique de l'électronique



### Le tube de Crookes

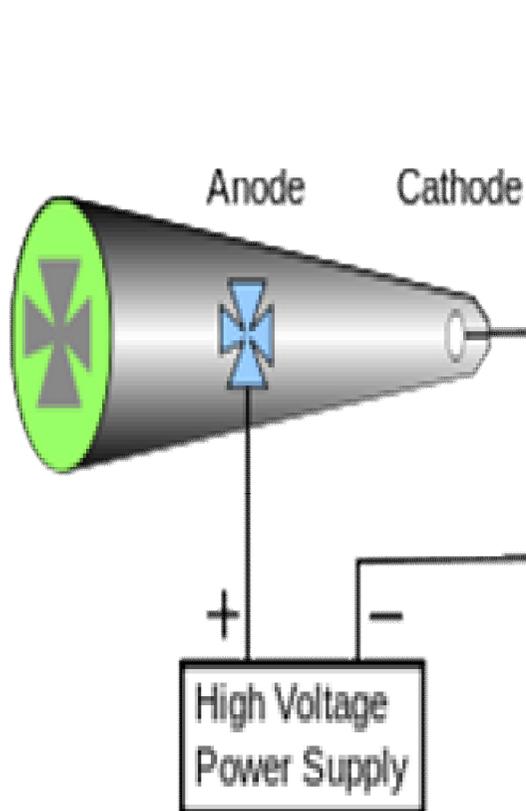
Les travaux de Thomson ne sont pas totalement originaux: ils ont pour point de départ les observations décisives faites, une vingtaine d'années auparavant, par quelques savants. Parmi ceux-ci, le physicien anglais

*William Crookes* occupe une place essentielle. En 1878, reprenant les travaux de l'Allemand Wilhelm Hittorf (1824-1914), Crookes utilise, au départ, une ampoule de verre dans laquelle il crée un vide gazeux très poussé; dans cette enceinte, le physicien fixe deux plaques métalliques (électrodes) entre lesquelles il établit une différence de potentiel électrique. Il fait alors la même constatation que son collègue: un courant électrique circule entre les électrodes. Mais, au cours d'une expérience, Crookes fait intervenir un facteur nouveau et décisif qui va le mener à une conclusion d'importance capitale. Plaçant le tube entre les pôles d'un aimant puissant, il constate que le rayonnement est dévié de sa direction primitive.

## Historique de l'électronique

# NAISSANCE DE L'ÉLECTRON

Cette sensibilité à l'action d'un champ magnétique permet au physicien de prouver la nature corpusculaire du rayonnement étudié

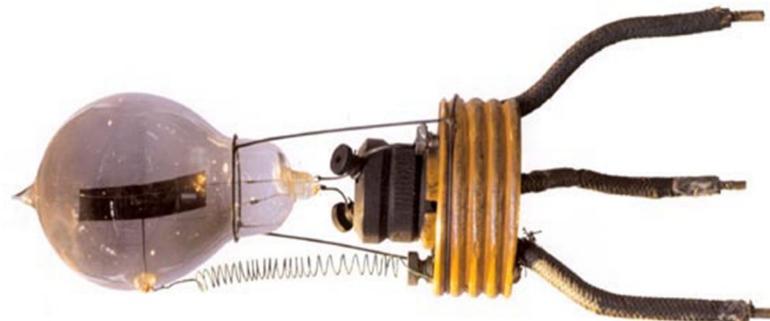


ce rayonnement, dit cathodique parce que toujours issu de l'électrode négative (cathode), est un flux de corpuscules porteurs d'électricité négative auxquels on donnera le nom d'«électrons».

## Historique de l'électronique

### La diode de Fleming

En 1904, les recherches suscitées par la technique de la téléphonie sans fil allaient permettre la réalisation du premier dispositif électronique: la diode. À cette époque, la réception des ondes, porteuses du message sonore, nécessite une opération délicate analogue à un filtrage. Parvenues à la station réceptrice, ces ondes engendrent un courant électrique alternatif qui n'a aucune utilité pratique; afin d'assurer le fonctionnement correct d'un écouteur, il doit être transformé en courant continu – ce qui revient à ne laisser passer le courant alternatif produit que dans un sens.



## Historique de l'électronique

# Évolution des composants

- Cependant, il ne suffisait pas d'avoir énoncé les grandes lois de l'électromagnétisme et d'avoir obtenu des liaisons à relativement courte distance ; il fallait disposer des organes (composants) capables, à court terme, d'émettre des puissances élevées et d'améliorer la sensibilité des récepteurs, et, à plus long terme, de manipuler et de filtrer les signaux reçus.
- Plusieurs découvertes essentielles ont lieu au début du XX<sup>e</sup> siècle, qui apportent les outils nécessaires : la triode, inventée en 1906 par Lee De Forest, sera, jusqu'à l'invention du transistor, l'organe essentiel de l'électronique ; elle est encore utilisée aujourd'hui dans certains émetteurs de très grande puissance

# Historique de l'électronique

## Réalisations contemporaines

En 1948, les chercheurs américains *John Bardeen, Walter Brattain et William Shockley* mettent au point un dispositif qui révolutionne l'électronique, et que l'on substitue dans de nombreux domaines aux tubes à vide. C'est en étudiant les caractéristiques d'éléments semi-conducteurs dont la conductibilité électrique se situe entre celle des isolants, comme le verre et le mica, et celle des bons conducteurs, comme le cuivre et l'argent, que ces physiciens réalisent un nouvel élément amplificateur: le transistor; celui-ci présente de nombreux avantages par rapport aux tubes classiques: inutilité du courant de chauffage, faible tension d'alimentation (une dizaine de volts contre deux ou trois cents pour un tube), dimensions réduites. On peut dès lors parvenir à une miniaturisation de l'appareillage électronique.

## Les circuits intégrés

Plus récemment, cette nouvelle technologie s'est développée et a rendu possible une diminution accrue de l'encombrement des composants électroniques. Jusqu'à cette découverte, tout circuit électronique était formé d'éléments distincts fabriqués séparément, puis connectés par des fils ou des bandes de cuivre imprimées sur un support isolant (technique des circuits imprimés). Un circuit intégré, au contraire, est réalisé à partir d'un bloc monolithique de semi-conducteur (germanium, silicium, etc.), dans lequel on a créé tous les éléments de base du circuit électronique par la simple addition d'éléments étrangers jouant le rôle d'impuretés. On parvient ainsi à une extraordinaire miniaturisation du matériel

**LA révolution  
Électronique !!!**

**Le TRANSISTOR**



*John Bardeen, Walter Brattain et William Shockley*



**Prix Nobel 1956**

# Définition de l'électronique

- Plus les applications de l'électronique se diversifient, plus il est difficile d'en donner une définition exacte et de circonscrire son domaine. On peut dire qu'elle est ***l'ensemble des techniques et des sciences utilisant les propriétés des courants d'électrons et, plus généralement, de certaines particules chargées en vue de saisir, de traiter, et de transmettre des données.***

## ***Généralités sur l'Électronique***

**Le champ d'application des dispositifs électroniques est vaste.**

**Le tableau ci-dessous en donne un aperçu :**

<b>Télécommunications</b>	<b>Télégraphie, téléphonie, Transmission de données Radiodiffusion, télévision Télémessure, télécommande</b>
<b>Systemes de détection</b>	<b>Radar, sonar, télédétection</b>
<b>Électroacoustique</b>	<b>Enregistrement et reproduction des sons</b>
<b>Traitement de l'information</b>	<b>Ordinateurs, calculatrices, périphériques</b>
<b>Électronique industrielle</b>	<b>Commandes et réglages automatiques installations de surveillance</b>
<b>Instruments de mesures</b>	<b>Équipements industriels, Équipements scientifiques</b>
<b>Machines de bureau</b>	<b>Ordinateur, fax, ...</b>
<b>Électronique biomédicale</b>	<b>Pace Maker, prothèses, ...</b>
<b>Horlogerie électronique</b>	<b>Horloge atomique, montres,</b>

# ***Généralités sur l'Électronique***

Une *solution efficace* aux problèmes demandés, grâce aux circuits (montages ou appareils) électroniques est avant tout due aux facteurs suivants :

- La rapidité de propagation des phénomènes électromagnétiques
- Le fait que cette propagation peut se passer de support matériel
- La facilité avec laquelle la plupart des grandeurs physiques peuvent être traduites sous forme électrique
- La rapidité d'exécution des dispositifs électroniques
- L'extrême variété des fonctions électroniques réalisables
- La miniaturisation offerte par les technologies microélectroniques (bientôt nano?)

# Généralités sur l'Électronique

## Signaux analogique et numérique

*Nous parlons de signal analogique lorsque l'information produite par la source dispose d'une variation ou d'une gamme continue de nuances. Il peut prendre une infinité de valeurs différentes dans une plage donnée et se transmet continuellement dans l'axe temps.*

*Nous parlons de signal numérique lorsque l'information produite par la source est représentée par un système conventionnel de signes distincts, ou de grandeurs électriques fixées à l'avance et limitées à très peu de valeurs (0V et 5V, par exemple).*

*A chaque information correspond un état propre du signal. Un signal numérique, généralement binaire, peut-être transmis de manière séquentielle.*

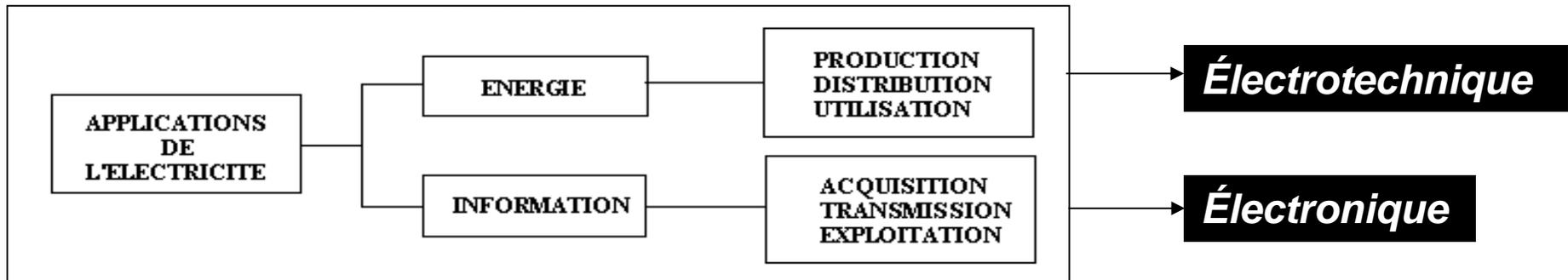
Attention → **Électronique & Électrotechnique**

Définition de l'électrotechnique

En plus de la science qui étudie les phénomènes électriques et les lois qui s'y rapportent, le terme d'électrotechnique peut être compris dans une acceptation récente signifiant :

*Utilisation technique de l'électricité, soit en tant que support d'énergie, soit en tant que support d'information.*

Nous pouvons regrouper les applications de l'électricité en deux domaines principaux, soit celui du traitement de l'énergie et celui du traitement de l'information.



Le **traitement de l'énergie** recouvre les techniques de la production, de la distribution et de l'utilisation de l'énergie électrique.

Le **traitement de l'information** comprend les techniques d'acquisition, de transmission (télécommunication) et d'exploitation de l'information portée par des signaux électriques.

# Évolution de l'industrie électronique

Jusqu'en 1930, les applications à grande échelle de la radio-électricité étaient essentiellement les transmissions militaires pendant la Première Guerre mondiale).

La Seconde Guerre mondiale provoque un très important développement des équipements électroniques militaires, tels que le radiocompas à relèvement instantané , le radar terrestre ou embarqué sur avion ou navire, les transmissions hertziennes , les systèmes de radionavigation, les aides à l'atterrissage.

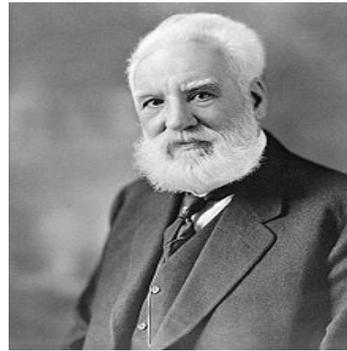
À la fin des années 1940, seuls les instruments d'imagerie radiologique faisaient l'objet d'une véritable fabrication industrielle,. Les équipements d'électronique grand public (postes radio, chaînes hi-fi et premiers téléviseurs) étaient fabriqués par une multitude de petits fabricants, .

# Les télécommunications

- Les [télécommunications](#), première grande application de l'électronique, ont assez peu évolué jusqu'à la fin de la Seconde Guerre mondiale : le téléphone est longtemps resté à commutation manuelle, puis il est devenu à commutation automatique,
- Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale sont apparues successivement, en concurrence des liaisons filaires métalliques, les transmissions hertziennes (faisceaux ou câbles hertziens), de liaison à travers un relais situé sur un satellite géostationnaire, de liaison terrestre de point à point à travers des câbles en fibres de verre (le signal électrique d'origine étant transformé en signal optique pendant la durée du transport).



Alexander Graham Bell



Communications



Transmission  
Reception

Antenne HF



Antenne UHF



Antenne Radar



Fibre Optique



# L'électronique grand public

Après la Seconde Guerre mondiale, le seul produit était le poste radio familial, fabriqué par une grande quantité de petits artisans, devenu portable à la fin des années 1950 grâce à l'arrivée des transistors. Les téléviseurs noir et blanc commençaient à exister à partir de 1937 en Grande-Bretagne, en Allemagne en France au début des années 1950.

La télévision en couleurs commença à prendre forme autour du tube « shadow-mask » de David Sarnoff

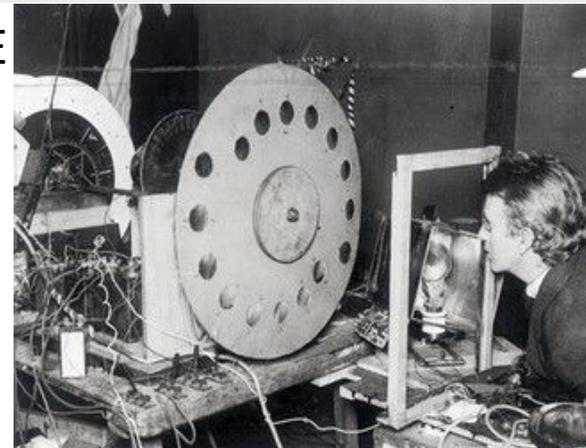
C'est à la fin des années 1960 que l'on commença à trouver des « chaînes hi-fi » d'origine japonaise, à l'époque fort chères

Depuis le début des années 1950, époque à laquelle l'industrie électronique grand public était éclatée en un grand nombre de petites sociétés fabriquant des appareils à tubes de façon quasi artisanale, on a assisté à une évolution somme toute analogue à celle de l'industrie automobile,



1926 John LOGIE  
1<sup>ER</sup> Téléviseur

1<sup>ERE</sup> Radio  
1920



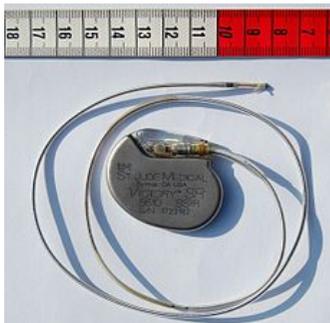
# L'électronique médicale

L'électronique médicale comprend l'imagerie médicale d'aide au diagnostic, les équipements de soins que sont les irradiateurs (par rayons X, par neutrons, etc.), les équipements destinés à pallier des insuffisances cardiaques tels que les cardiostimulateurs ou les équipements utilisés pour combattre d'autres problèmes du muscle cardiaque tels que les défibrillateurs.

Les premiers cardiostimulateurs ont été réalisés en France au début des années 1960,, sous deux formes : les équipements lourds d'hôpitaux et les équipements implantables dans le corps humain (à l'époque implantés au-dessous du diaphragme, leur nom originel de *pacemaker* est de plus en plus remplacé simplement par le mot « pile »).

L'imagerie médicale d'aide au diagnostic utilise plusieurs types de rayonnement.

L'imagerie médicale utilise également les rayonnements ultrasonores dans des équipements d'échographie, qui ressemblent à des petits sonars. Les équipements d'échographie Doppler ont emprunté dès le début des années 1970 des techniques très voisines de celles utilisées par les radars dits « pulse Doppler ».



Greatback  
1958  
1<sup>ER</sup> Pacemaker



# AUTOMATISME

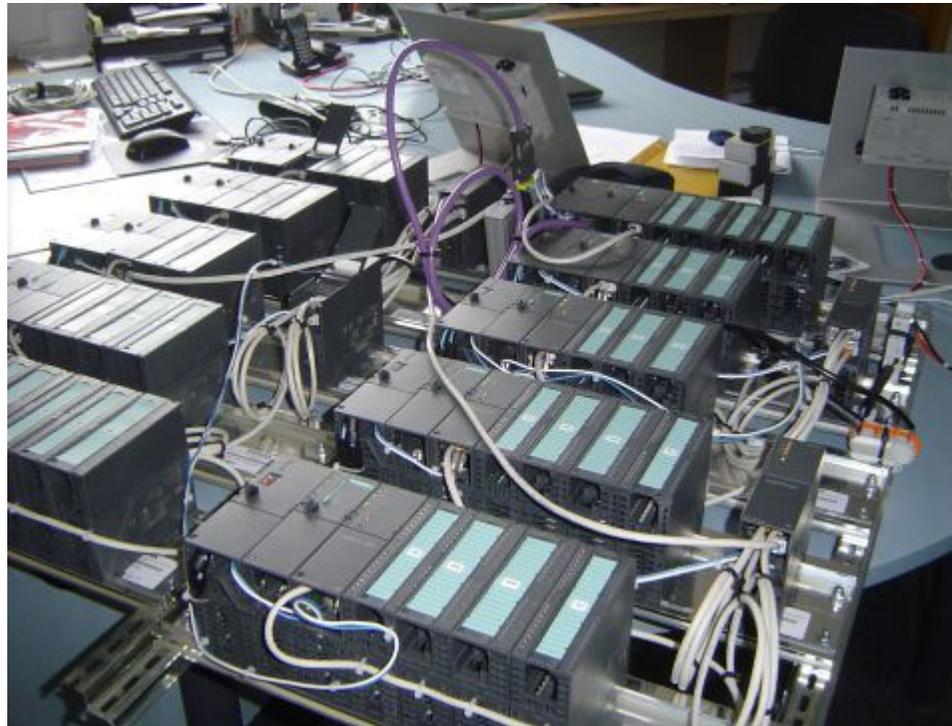
## (repères chronologiques)

- **II<sup>e</sup> siècle avant J.-C.** [Héron d'Alexandrie](#), dans son traité sur les *Automates*, décrit de nombreux appareils utilisant cames, leviers et contrepoids, qui constituent à la fois des divertissements et des exploits mécaniques.
- **1725-1734** Basile Bouchon et Jean-Baptiste Falcon mettent au point, pour les machines textiles, un système de commande mécanique à cartes perforées.
- **1873** Marie Joseph Denis Farcot, constructeur français de machines à vapeur, invente le « servo-moteur » ou « moteur asservi » pour la commande de timonerie des navires.
- **1914** L'Espagnol L. Torres Quevedo, inventeur du mot « automatique » et constructeur de divers appareils asservis, présente un joueur d'échecs mécanique capable de jouer les trois derniers coups d'une partie.
- **1921** Le terme de [robot](#) (« travail » dans les langues slaves) est popularisé dans une pièce de théâtre du Tchèque Karel Čapek, intitulée *RUR (Rossum's Universal Robots)*.
- **1944-1945** Les « armes-robots » allemandes (V1, V2, t [...])

# Automatisme

- Aujourd'hui, au xxi<sup>e</sup> siècle, les automatismes sont légion autour de nous, rien que dans notre logement : les machines à laver le linge, la vaisselle, le réfrigérateur à dégivrage automatique, le réveil, etc, comportent au moins un automatisme. Dans l'industrie, ils sont indispensables : ils effectuent quotidiennement les tâches les plus ingrates, répétitives et, dangereuses. Parfois, ces automatismes sont d'une telle rapidité et d'une telle précision, qu'ils réalisent des actions impossibles pour un être humain. L'automatisme est donc aussi synonyme de productivité et de sécurité.

# Automatismes industriels



# INTRODUCTION A L'AUTOMATISME

## Définitions:

- **Automatique** : C'est l'ensemble des sciences et des techniques utilisées dans la conception et la réalisation des systèmes automatisés (SA).
- **Automatisation** : C'est l'exécution automatique de tâches sans interventions humaines.

# Définition

## Un Automate Programmable Industriel

**API** : Automate programmable industriel

ou, en anglais

**PLC** : Programmable Logic Controller

**Est un appareil électronique de traitement de l'information**

(remplacement de logique à relais câblée)

# Buts de l'automatisation

- Pourquoi automatiser ?



# Buts de l'automatisation

- Élimination de tâches répétitives ou sans intérêt
  - Machine de fabrication
- Simplifier le travail de l'humain
  - Toute une séquence d'opérations remplacée par l'appui sur un poussoir
- Augmenter la sécurité
  - Éviter les erreurs (aboutissant parfois à des catastrophes) inévitables dans un travail répétitif.

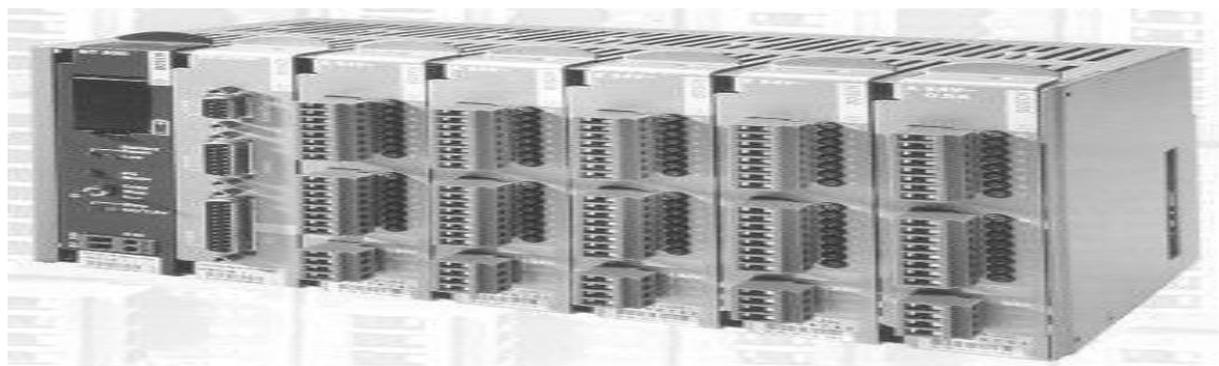
# Buts de l'automatisation

- Proposer aux hommes des tâches valorisantes
  - Au lieu de chargement / déchargement de pièces sur une machine, offrir la possibilité de la contrôler voire programmer.
- Accroître la productivité
  - Cadence de production soutenue
  - Pas de fatigue
- Économiser les matières premières et l'énergie
  - Production plus efficace

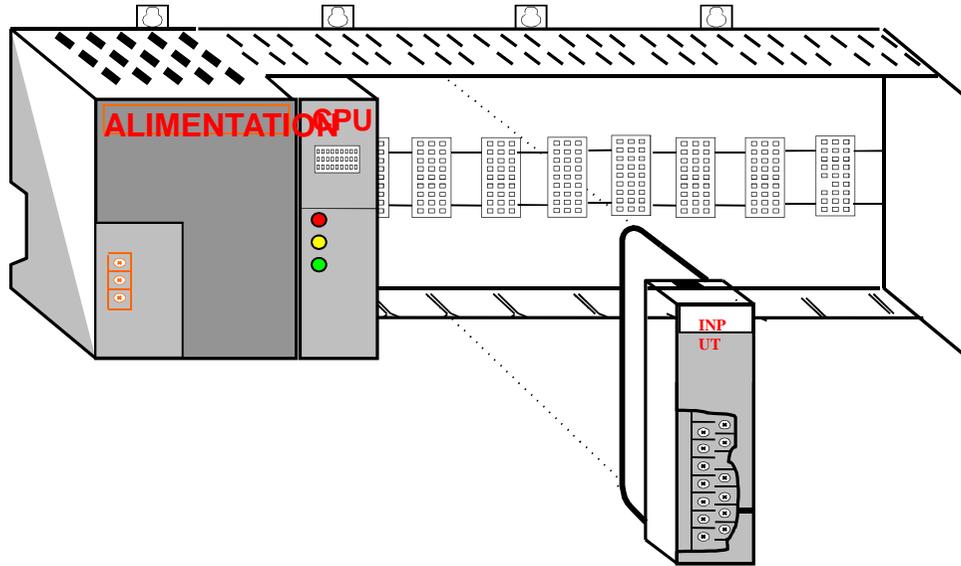
# REALISATIONS CONTEMPORAINES

C'est **Modicon** (entreprise américaine) qui créa en **1968**, aux USA, le premier automate programmable. Son succès donna naissance a une industrie mondiale qui s'est considérablement développé depuis.

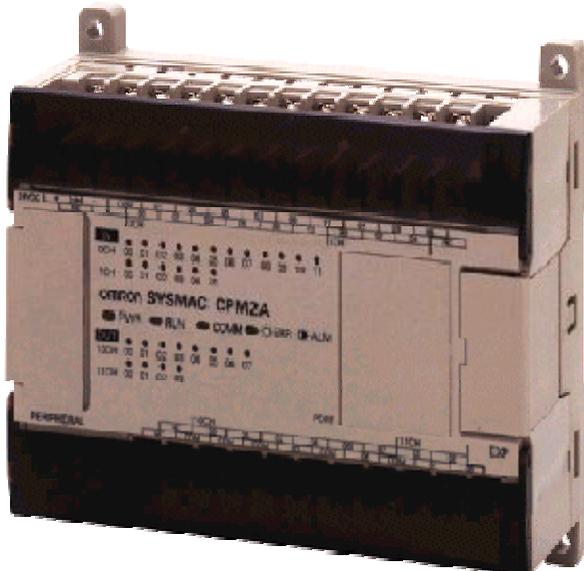
L'automate programmable représente aujourd'hui l'intelligence des machines et des procédés automatisés de l'industrie, des infrastructures et du bâtiment.

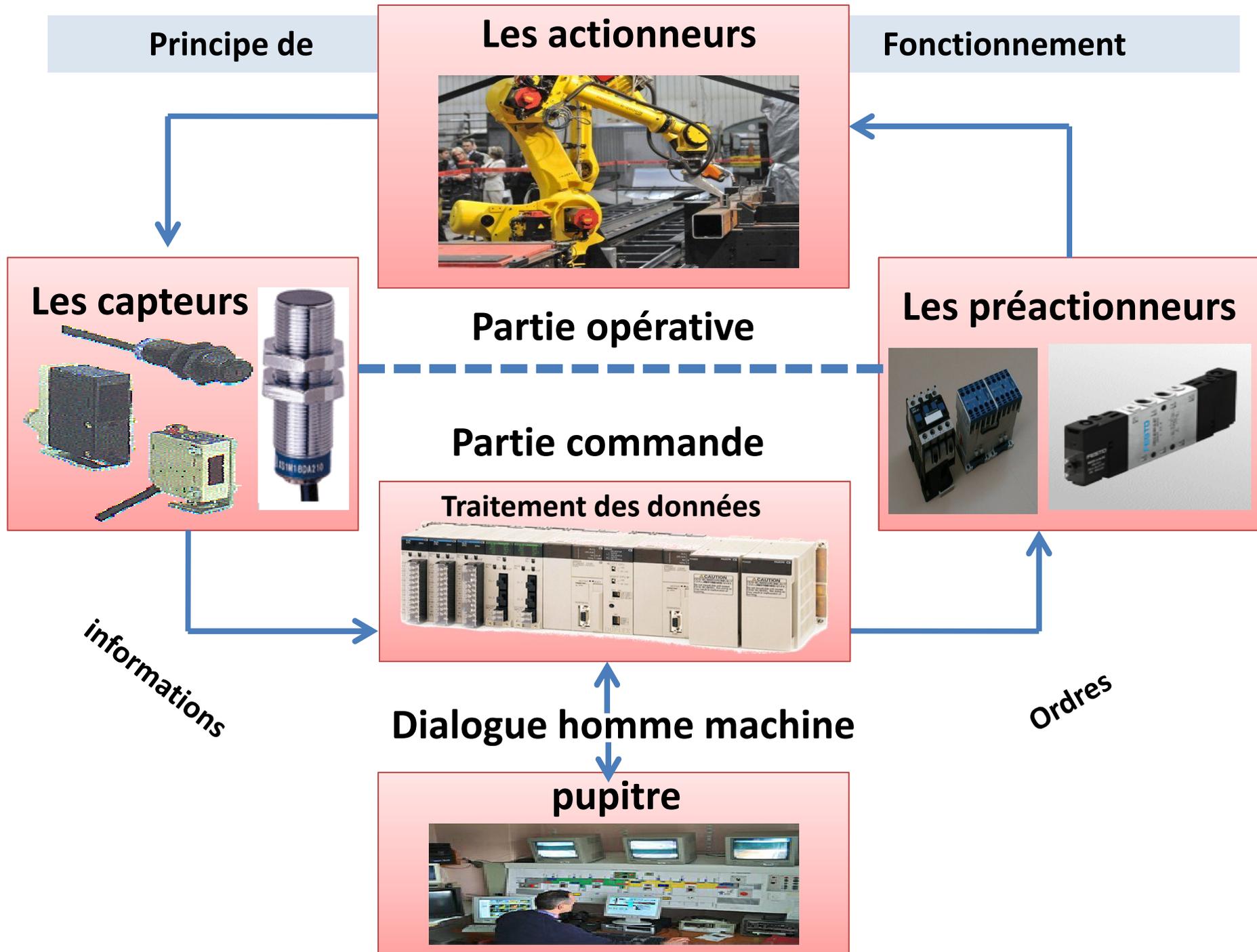


# Automate Type modulaire



## Type monobloc





# Exemple d'Un Actionneur

Partie opérative/**les actionneurs**



Exemple d'un bras robot avec vérin pneumatique

# Les capteurs: source d'information ou l'acquisition des données

Quelque principes physiques  
exploités par les capteurs :

- Angle
- Courant
- Champ magnétique
- Débit
- Déplacement
- Distance
- Force
- Inertiels
- Lumière
- Niveau
- Position
- Pression
- Son
- Température



# Les Capteurs- Transducteurs

- Un **transducteur** est un dispositif de conversion d'énergie dont au moins l'une des deux est électrique.
- Un **capteur** est un transducteur qui transforme un phénomène physique (obligatoirement) en une grandeur électrique.
- Un **actuateur**, appelé également actionneur, est un transducteur assurant la transformation inverse du capteur.

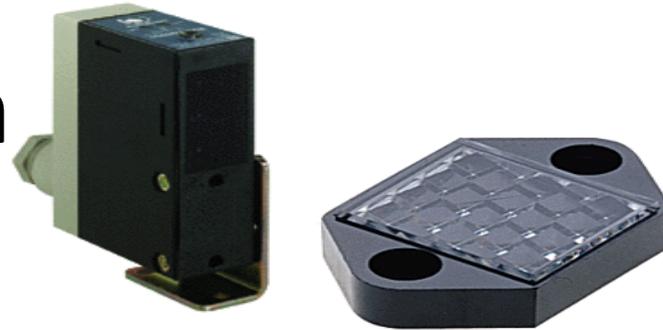
# Différents Capteurs

Tableau 4.1

Grandeur primaire	Capteur
pression acoustique	microphone électrodynamique, électrostatique, piézo-électrique
élongation due à une contrainte mécanique	jauge de contrainte à fil métallique, à semi-conducteur
force, pression	capteur piézo-électrique
accélération	accéléromètre piézo-électrique
vitesse de rotation	dynamo tachymétrique
déplacement	palpeur magnétique, potentiométrique, capacitif
attitude (orientation dans l'espace)	gyroscope
intensité lumineuse	cellule photoélectrique, photorésistance
température	thermocouple
humidité	hygromètre résistif
acidité	pH-mètre
radiation nucléaire	compteur Geiger
induction magnétique	sonde à effet Hall

# Exemple

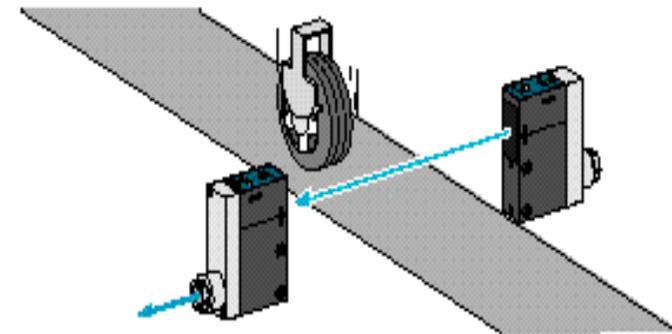
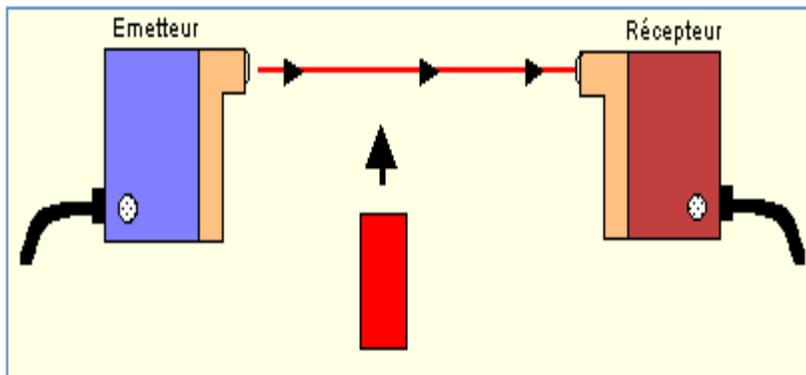
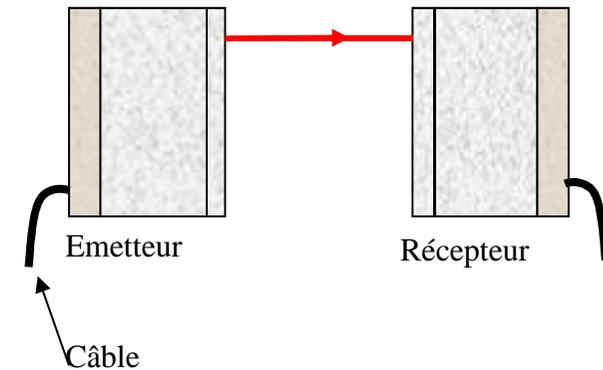
## . capteur tout ou rien



### Principe de fonctionnement:

Un détecteur de type barrage est composé d'un émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible.

Dans le cas du système barrage, les deux composants sont indépendants et placés l'un en face de l'autre.



# Applications des automates programmables.

- Commande des machines
- Machines outil a commande numérique
- Convoyage
- Emballage
- Machines de chantier, engin de levage



# Applications des automates programmables.

- Automatisation du bâtiment
- Chauffage, climatisation
- Distribution électrique
- éclairage
- Sécurité, alarmes
- Régulation de Processus Chimie
- pétrochimie
- pharmaceutique
- Traitement des eaux
- Thermique, fours, métallurgie



# Applications des automates programmables.

- Contrôle de systèmes
- Production et distribution d'énergie (électricité ,pétrole, gaz) Transports (chemin de fer, routier, marine).



Photo AES



Photo tunnel de Glian

# APPLICATIONS MEDICALES

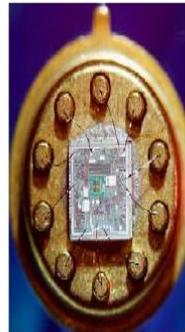
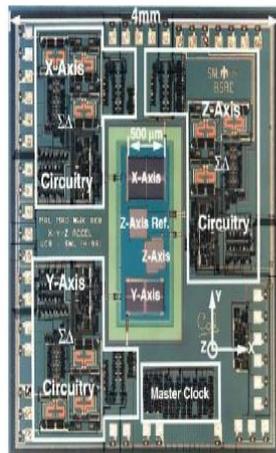
- Les **automates d'analyses médicales** permettent de réaliser un certain nombre d'analyses médicales en un temps limité. L'augmentation des demandes de diagnostics biologiques favorise l'apparition d'automates de plus en plus rapides et fiables au sein des laboratoires d'analyses médicales, grâce à l'industrie du diagnostic in vitro.



# De la microélectronique aux microsystemes

## Les microsystemes

- Définitions
- Exemples



- La [microélectronique](#) s'est développée à partir des années 1960 sur le concept du transistor, en particulier M.O.S. (*metal-oxide-semiconductor*), et selon la technologie de fabrication dite « planar » permettant un réaligement automatique des différentes couches technologiques mises en œuvre lors de la réalisation du circuit intégré . Elle a évolué ensuite vers l'ultra-miniaturisation

# Les grands domaines d'application des microsystèmes

De plus en plus de miniaturisation



© SONY



© Omron



© Renault



© Dassault



© Cartier



© ALCATEL



© JVC



© esa

- La combinaison des technologies microélectronique et micromécanique permet une plus grande diffusion des microsystèmes dans l'ensemble des secteurs d'application où les besoins de produits miniatures bon marché sont essentiels. Depuis le début du XXI<sup>e</sup> siècle, le marché mondial des montres-bracelets est de l'ordre du milliard d'unités par an,
- Dans le domaine automobile, les systèmes d'air-bag et les capteurs de pression pour l'injection de carburant dans les moteurs, qui font appel à des microsystèmes, sont des objets couramment utilisés, depuis 2001, sur les véhicules

# Pourquoi la miniaturisation

- Réduction de la taille et du poids
- Réduction de la consommation énergétique
- Amélioration des performances (vitesse, sensibilité...)
- Production collective de composants individuels
- Réduction des coûts
- Nouvelles propriétés et fonctionnalités
- Motivations scientifiques: explorer des 'objets' plus petits
- ...

# Une définition des microsystemes

- nom **USA** : **MEMS**
- nom **Europe** : **Microsystemes**
- nom **Japon** : **Micromachines** ou Micromechatronics

## **M.E.M.S. : Micro-Electro-Mechanical Systems**

MEMS: système de petite taille incluant des capteurs, actionneurs et de l'électronique

# En pratique qu'est-ce qu'un microsysteme?

- ✓ petit dispositif fabriqué à l'aide des **microtechnologies** (MEMS technologies) qui dérive des technologies de la microélectronique (circuits intégrés)
- ✓ **dimensions** dans la gamme du micromètre au centimètre
- ✓ **système** complet ou juste un **composant** qui peut être inclus dans un système
- ✓ les **domaines** couverts sont plus vastes que l'électronique et la mécanique : fluide - thermique - acoustique - électromagnétisme - chimie - biologie - optique...

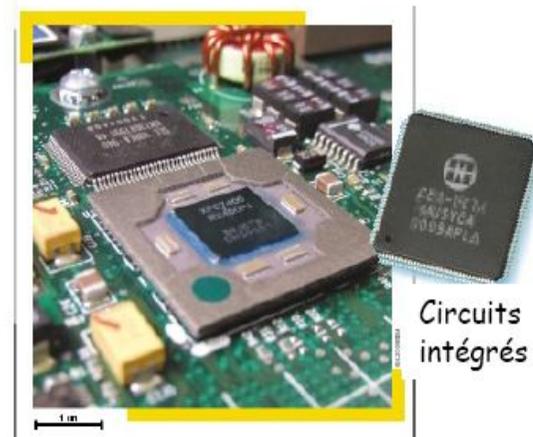
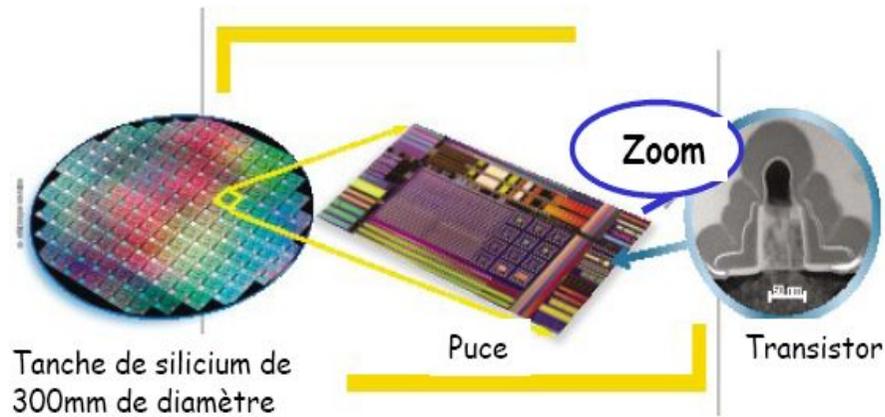
➡ **Bio-MEMS, RF MEMS, Optical MEMS** ←

---

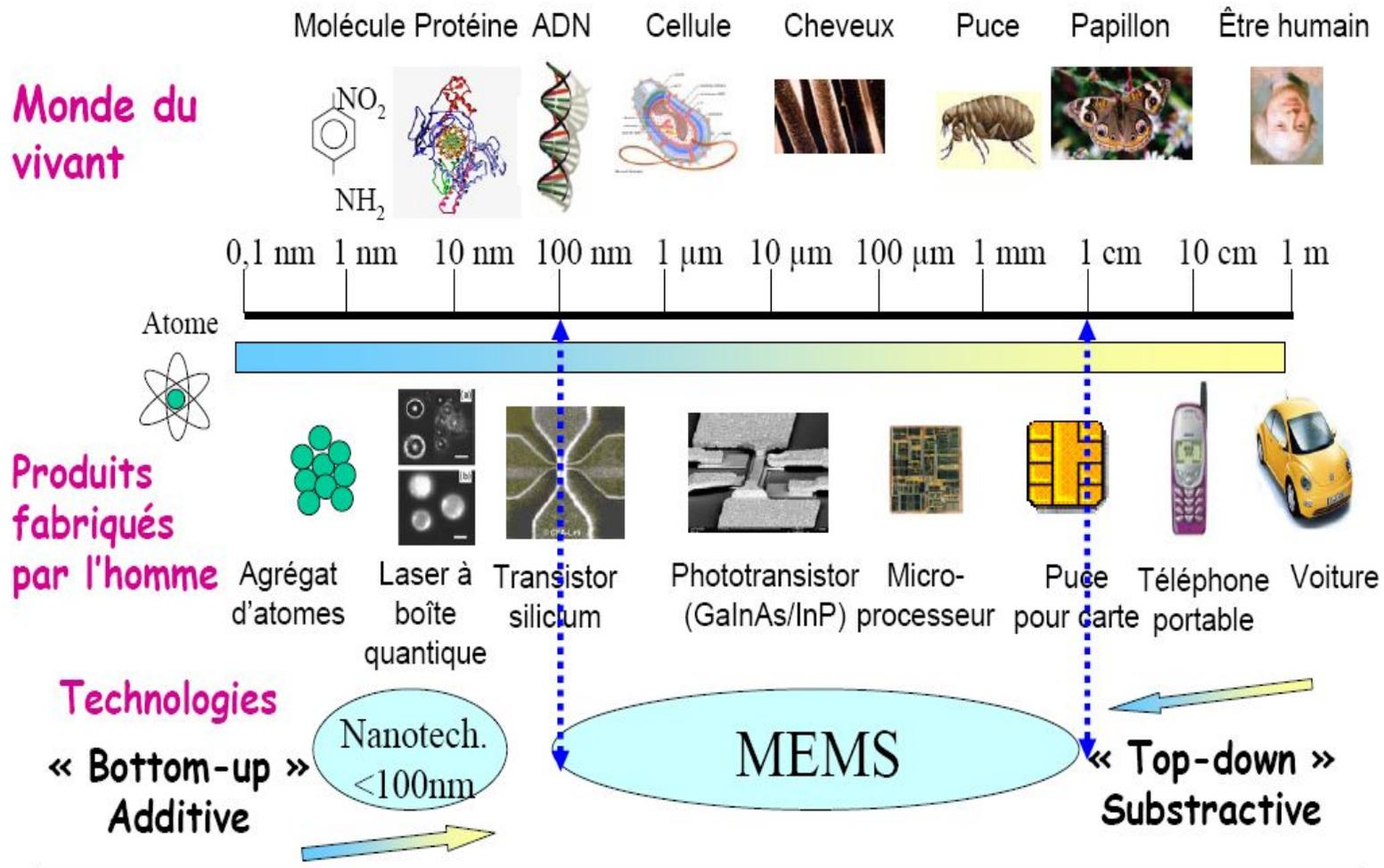
# Les microtechnologies



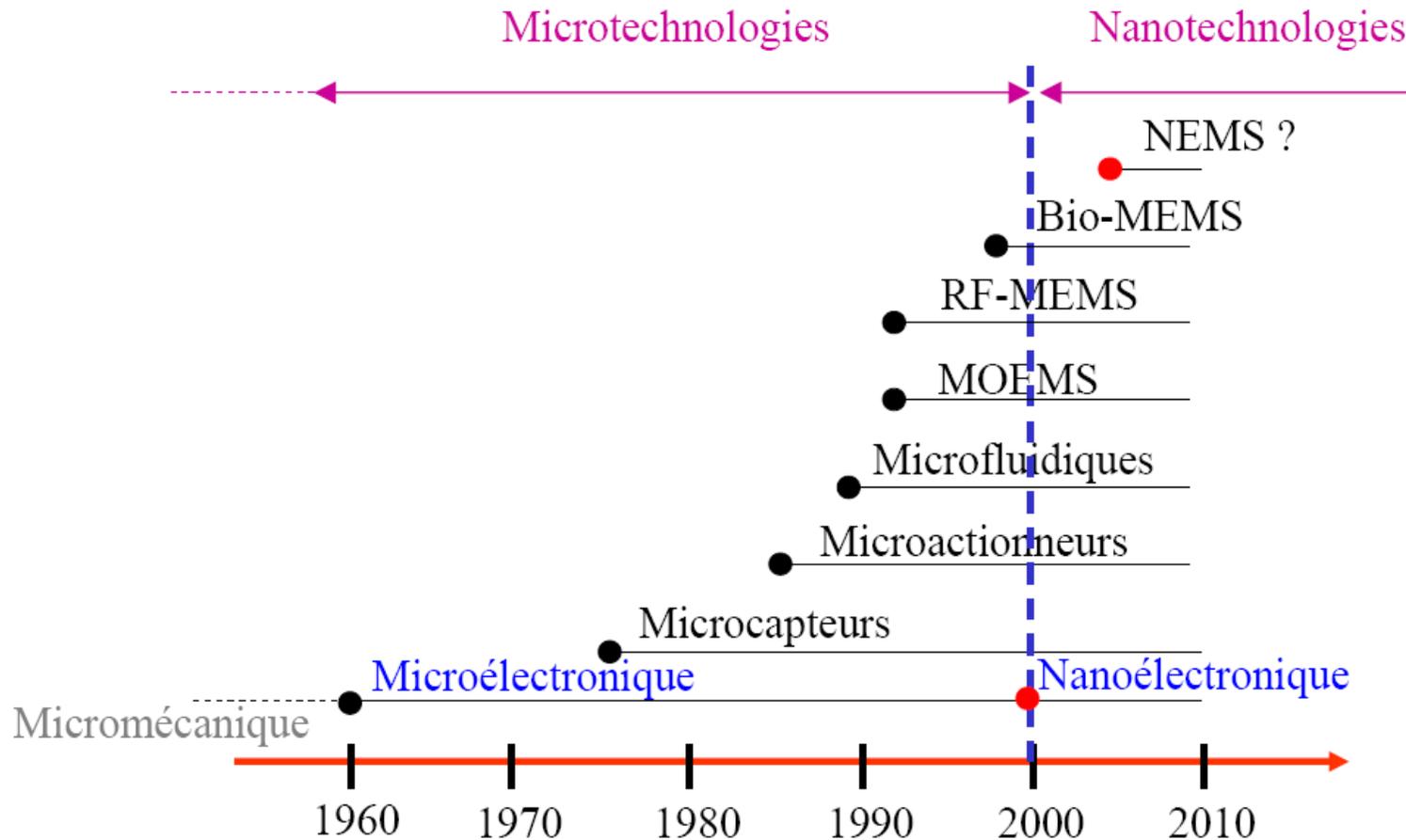
Salles blanches où sont fabriqués les circuits intégrés



# Les dimensions



# Repères Chronologiques



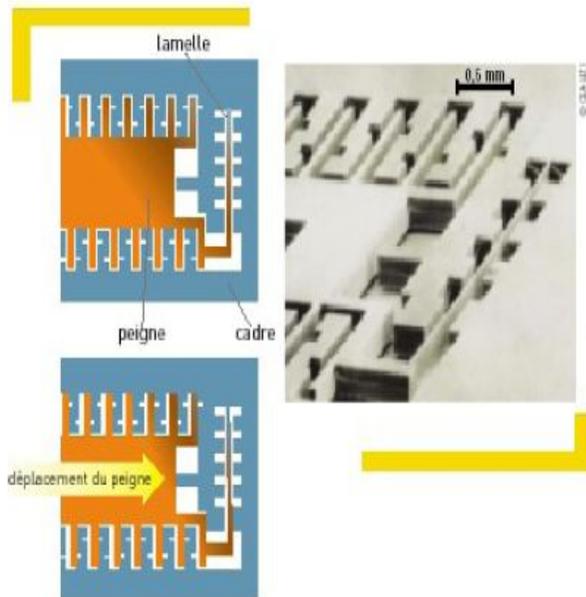
# Accéléromètre

L'accéléromètre est l'un des premiers microsystèmes à avoir été développé.

Il est entre autres utilisé pour déclencher le gonflage des airbags des véhicules en cas de choc brutal.



L'accéléromètre est constitué de deux pièces de silicium en forme de peignes complémentaires : l'une est fixe et constitue le cadre; l'autre est mobile à l'intérieur de ce cadre, suspendue par une lamelle flexible, sans contact entre les 2 parties.



En cas de choc brutal du véhicule, la partie mobile se déplace par inertie dans le sens opposé du mouvement. Ce changement de distance entre le peigne mobile et le cadre modifie la capacité électrique de l'ensemble.

Dès que le circuit intégré mesure ce changement de capacité électrique, il commande le gonflage de l'airbag.

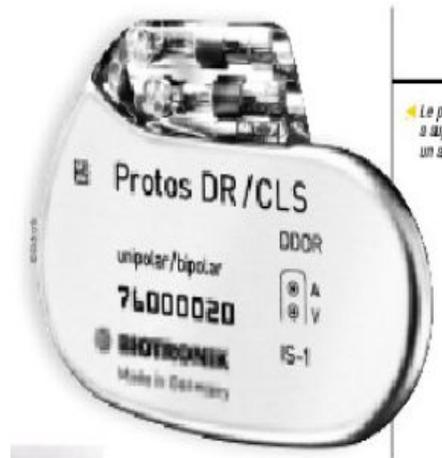
# Accéléromètre

L'accéléromètre a d'autres applications :

- Systèmes de navigation pour calculer et contrôler les trajectoires des avions, missiles et automobiles, car toute modification de direction se traduit par un changement d'accélération



Taille d'un accéléromètre



Pacemaker avec accéléromètre intégré

- Dans le domaine du médical, il est intégré dans les pacemakers, qui servent à stimuler le cœur défaillant des patients par des impulsions électriques. L'accéléromètre détecte tout changement de rythme d'activité physique. Ainsi, quand le patient commence à courir, le pacemaker modifie les impulsions envoyées au cœur pour les adapter à l'intensité de l'effort physique.

- Dans le futur, intégration d'un accéléromètre dans les stylos pour sécuriser les signatures : enregistrement temps réel de la signature (tracé, vitesse, accélération) ...

# Imprimante à jet d'encre

Cartouche d'imprimante : tête avec plusieurs centaines de microréservoirs alimentés en encre au fur et à mesure de l'impression.

## Principe:

- la résistance électrique chauffe très rapidement l'encre dans le microréservoir et en vaporise une partie.
- sous la pression créée, l'encre restée liquide est expulsée dans des microcanaux et projetée sur la feuille à imprimer sous forme de gouttelettes.

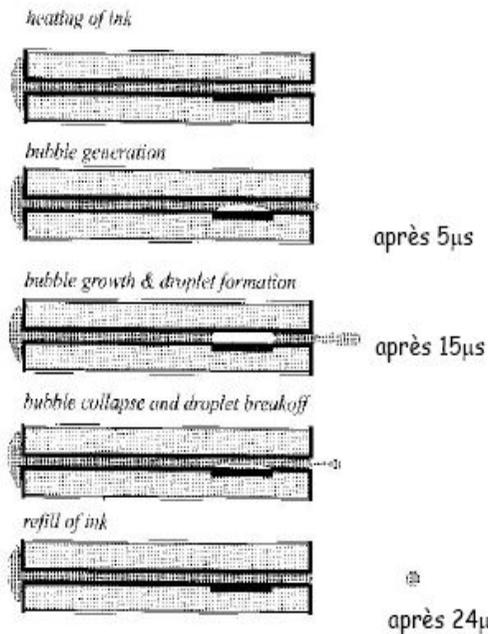
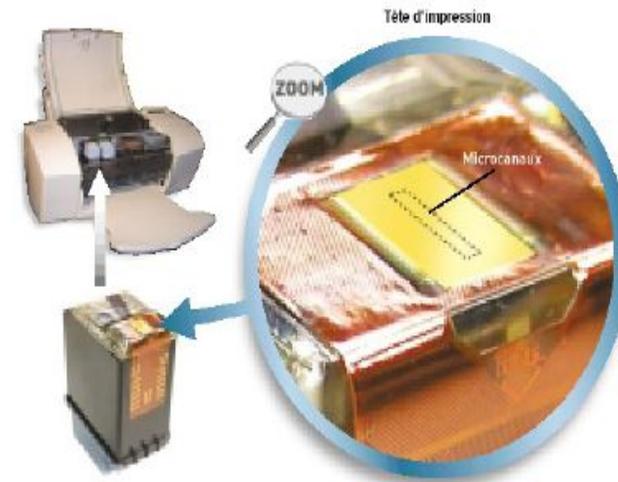
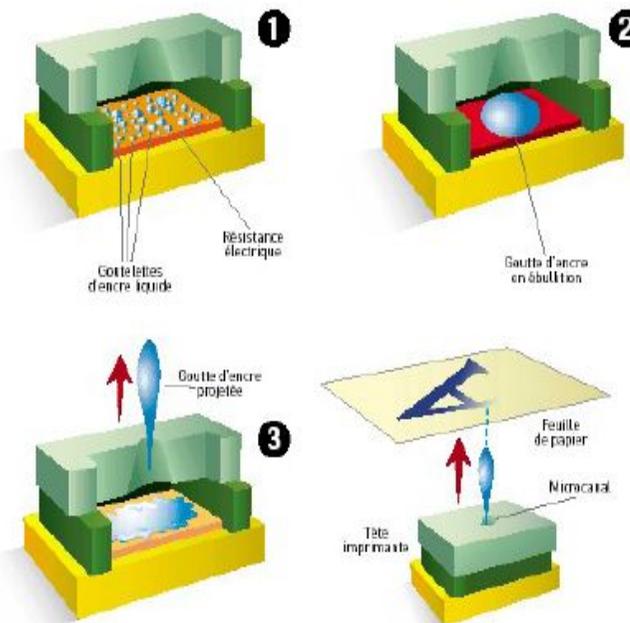


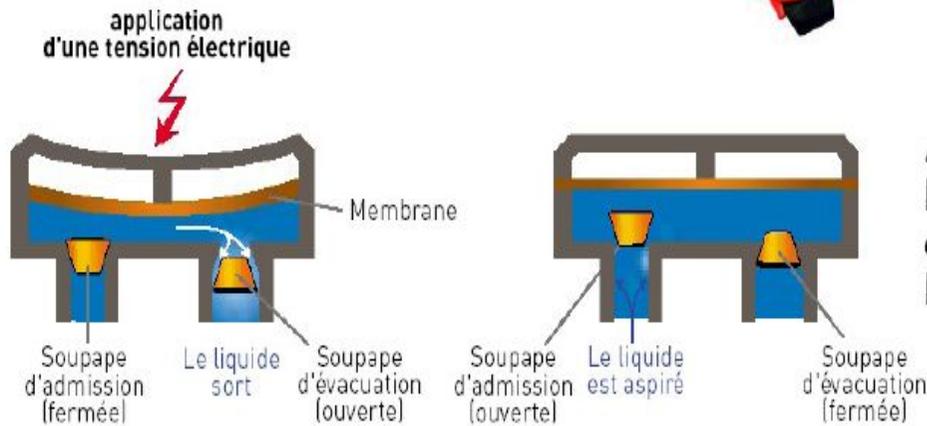
Fig. 2.2. Cycle of droplet formation

Ce processus est répété des milliers de fois par seconde. La tête poursuit le balayage horizontal ligne par ligne jusqu'au bas de la feuille à imprimer.



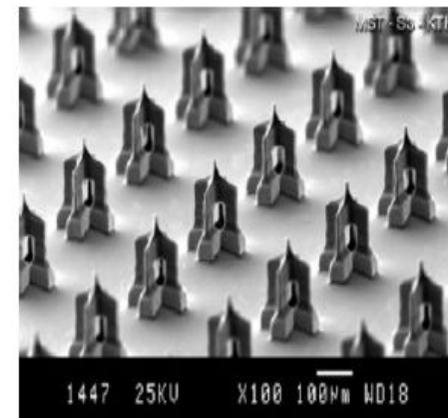
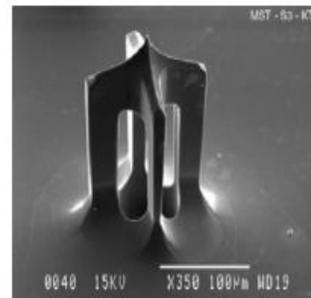
# Distributeur d'insuline

La seringue commence à être remplacée par un distributeur qui, fixé sur la peau comme un patch, délivre continûment l'insuline tout au long de la journée.



A chaque cycle (compression/dépression), la micropompe délivre un volume de 150nL et permet de doser ainsi très précisément la quantité d'insuline à injecter au patient.

Actuellement, le distributeur injecte l'insuline par aiguille: bientôt il le fera par une matrice de micro-aiguilles très fines, dont la profondeur de pénétration sera très faible, de l'ordre de 100 $\mu$ m, et qui seront presque insensibles pour le patient.



# Chapitre III Génie des Procédés-Hydrocarbures- Pétrochimie-Hygiène & sécurité

# INTRODUCTION AU GENIE DES PROCÉDES

# HISTORIQUE

- Le génie chimique est une science relativement récente. Le premier ouvrage didactique, "The Handbook of Chemical Engineering", a été écrit en 1901 par George E. Davis, professeur à la Manchester Technical School. Il utilise une approche « chimie industrielle », dans laquelle ingénieurs chimistes et ingénieurs mécaniciens forment équipe pour fabriquer des produits à grande échelle.
- En France, c'est en 1938 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.

# Suite

- 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, R. B. Bird, W. R. Stewart et E. N. Lighfoot mettent en évidence, en 1960, dans leur ouvrage "Transport Phenomena", l'intérêt du concept de cinétique physique.

# HISTORIQUE

- Dans les années 1970 l'application, à d'autres domaines, de la méthodologie mise en œuvre dans le génie chimique a provoqué la création de toute une série de génies épigones : génie agro-alimentaire, génie biochimique, génie sanitaire, etc... conduisant à une prise de conscience pendant les années 1980, que ces principes s'appliquaient à tout phénomène de transformation de la matière (et de transfert) quel que soit le domaine considéré (y compris la biologie, les milieux naturels, etc.). De cette généralisation est née une discipline : le génie des procédés, dont le premier congrès national s'est tenu à Nancy en 1987, suivi en 1988 par la création d'un Groupe français du génie des procédés.

# DEFINITION DE L'INGENIERIE

- L'ingénierie désigne un ensemble d'activités qui s'associent afin de pourvoir aux besoins d'un client : définition et analyse des besoins, études de conception et réalisation d'un projet.

# DEFINITION DE GENIE DES PROCEDES

- **Étude des procédés permettant la pratique de la chimie à l'échelle industrielle**

# DEFINITION DE GENIE DES PROCEDES

- ***Le Génie des Procédés*** est l'ensemble des connaissances scientifiques et technologiques nécessaires à la conception et à la conduite des procédés de transformations physiques, chimiques ou biologiques de la matière et de l'énergie.

# DEFINITION DE GENIE DES PROCEDES

- Les méthodes utilisées dans un laboratoire ne sont souvent pas adaptées à la production industrielle d'un point de vue économique et technique. Le génie chimique permet ainsi le passage d'une synthèse de laboratoire à un procédé industriel de même que son fonctionnement dans le respect des contraintes économiques, techniques, environnementales et de sécurité.

# DEFINITION DE PROCEDE INDUSTRIEL

- Un **procédé industriel** est un procédé de nature mécanique ou chimique destiné à produire des objets ou à synthétiser des produits chimiques, en grande quantité et dans des conditions techniquement et économiquement acceptables. Ils sont notamment essentiels aux industries ites lourdes (par exemple, fabrication d'automobiles ou synthèse de l'essence).

# PROCEDES INDUSTRIELS

- Les procédés industriels permettent d'obtenir en grande quantité des produits qui autrement seraient relativement difficiles ou coûteux à obtenir. Ces produits peuvent alors être considérés comme des « commodités », c'est-à-dire des produits d'usage banal et disponibles en très grandes quantités.

# PROCEDES INDUSTRIELS

- En rendant les produits fabriqués nettement moins chers, les procédés industriels permettent en effet de les consommer à grande échelle, par exemple l'acier, issu d'un procédé industriel, est lui-même utilisé pour la fabrication de machines. La fabrication d'un produit peut nécessiter l'utilisation de plusieurs procédés.

## Suite de Procédés industriels

- Il est fréquent que la mise en place d'un procédé industriel ait un coût élevé. La rentabilité de cet investissement est alors liée à la production en grande quantité.
- En plus des produits désirés, l'utilisation des procédés industriels engendrent souvent des sous-produits qui peuvent parfois être néfastes pour l'environnement, voire la santé des êtres vivants.

# 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 suivants :
  - laboratoire de contrôle de qualité ;
  - industries chimique et para-chimique ;
  - industrie pharmaceutique ;

# Domaines d'Application

- **industries pétrolière et pétrochimique ;**
- **ingénierie et industries d'équipement ;**
- **environnement : traitement de l'eau, de l'air, des déchets ;**
- **industrie agro-alimentaire et bio-industries ;**
- **industries diverses : métallurgie, textile, caoutchouc, verre, papier, ...!**

# Rôle du Spécialiste du Procédés

## •LE RÔLE DE L'INGÉNIEUR INDUSTRIEL

L'ingénieur industriel améliore la productivité, l'efficacité et la rentabilité des opérations industrielles. Pour ce faire, il conçoit, améliore, installe et gère des systèmes intégrés de production de biens et de services comprenant des personnes, des matières premières et des composants, de l'information, des équipements et de l'énergie. Il peut le faire au sein de son entreprise ou en tant que consultant externe.

# Rôle du Spécialiste du procédé

- Il fait souvent appel aux sciences mathématiques, physiques économiques et sociales. Il utilise les principes et méthodes d'analyse et de conception de l'ingénierie pour concevoir ces systèmes et en spécifier, prédire et évaluer les performances. Il doit prendre en considération l'ensemble des aspects des organisations au sein desquelles il intervient, car tous sont en constante interaction.

# DEFINITION DE HYDROCARBURE

- Un **hydrocarbure (HC)** est un composé organique constitué exclusivement d'atomes de carbone (C) et d'hydrogène (H). Leur formule brute est donc de la forme :  $C_nH_m$ , où n et m sont deux entiers naturels.

- Sous forme de carbone fossile, ils constituent une ressource énergétique essentielle pour l'économie depuis la révolution industrielle, mais sont aussi source de gaz à effet de serre issus de leur utilisation massive.

Il s'agit de fait de ressources non renouvelables (à échelle humaine de temps), dont les gisements commencent localement à s'épuiser ou à être très coûteux et difficiles à exploiter (gisements offshore ou très profonds, et souvent de moindre qualité), qu'il s'agisse du charbon, du pétrole ou du gaz naturel.

# HISTOIRE DU PETROLE

- Énergie fossile "redécouverte" au XIXe siècle, le pétrole est en fait présent dans la nature depuis toujours. Déjà les textes bibliques en parlent sous le nom de "bitume". Il sert longtemps à rendre étanche la coque des bateaux.
- Depuis l'Antiquité, il est repéré au Moyen-Orient et dans d'autres parties du monde quand il suinte à la surface du sol. Mais personne ne se doute, jusqu'en 1859, qu'il deviendra une source d'énergie capable d'engendrer une véritable révolution industrielle

# Le pétrole, à quoi ça sert ?

- Le pétrole est devenu, à partir des années 50, la première source d'énergie dans le monde. Sa forte densité énergétique en fait la matière première des carburants qui alimentent les transports (voitures, camions, avions, etc.).

C'est aussi une matière première irremplaçable utilisée par l'industrie de la pétrochimie pour un nombre incalculable de produits de la vie quotidienne : matières plastiques, peintures, colorants, cosmétiques, etc.

# A Quoi sert le Pétrole

- Le pétrole sert aussi comme combustible dans le chauffage domestique et comme source de chaleur dans l'industrie, mais dans une moindre mesure, en raison des chocs pétroliers de 73 et 79 et de la montée en puissance du nucléaire, et du gaz naturel, pour la production d'électricité. On assiste également aujourd'hui à un recours accru au charbon pour la production d'électricité.

# PETROCHIMIE

- La **pétrochimie** est la science qui s'intéresse à l'utilisation des composés chimiques de base issus du pétrole pour fabriquer d'autres composés synthétiques qui peuvent exister ou non dans la nature ; dans le dernier cas, ces composés sont dits artificiels. Ces fabrications sont, en général, basées sur des réactions chimiques appropriées en présence ou non d'un catalyseur.

# Les produits dérivés du pétrole

- C'est ainsi qu'à partir du pétrole on peut fabriquer des matières plastiques de toutes sortes employées ensuite comme matières premières dans les secteurs de la construction et dans l'industrie électrique, électronique, le textile, l'aéronautique et autres.

# Les produits dérivés du pétrole

- **Les principaux polymères et leurs applications**

- **PVC** : Polychlorure de vinyle, application tuyaux rigides (gouttières etc.), gaines électriques, profilés, huisseries (fenêtres). Jadis les disques 33, 45 et 78 tours.

- **Polyéthylène basse densité** : objets pour l'industrie automobiles, sacs d'emballage supermarché, films (travaux publics), tuyaux et profilés, sacs poubelles, articles injectés (ménagers et jouets), sacs congélation,

- **Polyéthylène haute densité** : Bouteilles et corps creux, tuyaux, fibres, objets moulés par injection

# Les produits dérivés du pétrole

**.Le PTFE (Polytetrafluoroéthylène)** : revêtement des poêles Tefal, + applications autres en chimie etc.

•**Polypropylène** : Articles moulés par injection pour industries automobile, électroménager, ameublement, jouet, électricité, alimentation boîtes et bouteilles diverses, fils, cordages, films, sacs d'emballage, boîtier de phare, etc.

•**Polystyrène et copolymères associés (ABS)** : Emballage (barquettes blanches) Bâtiment (isolation polystyrène expansé), Bic Cristal (transparent), automobile, électroménager, ameublement (bureau et jardin), jouets, bagages, emballages pour cosmétiques médicaments et produits alimentaires, contre portes de frigo.

•**Polyisobutène encore appelé caoutchouc buytl** : applications chambres à air.

•**Polybutadiène (BR)**: Utilisé principalement pour la fabrication des pneus.

# FORAGE DU PETROLE



# Les produits dérivés du pétrole

- **SBR** : Styrène butadiène rubber ou encore caoutchouc synthétique (latex par exemple) Styrène + butadiène (élastomères)

Applications pneus + Joints, amortisseurs, tapis transporteurs, semelles, garnitures de pompes, rentre aussi dans la composition des bitumes pour rendre le revêtement plus souple.

- **Les acrylates et méthacrylates.** Poly(méthyle méthacrylate) PMMA.

Applications en peintures, revêtement de surface, fibres, adhésifs, encres, verrières (vitrages caravanes, avions bateaux), verres de lunettes, lavabos, baignoires cabines de douches.

# Les produits dérivés du pétrole

**Polyamides** : Famille des Nylons : 6-6, 6 et 11, 12. Fibres d'habillement, pièces mécaniques de frottements, réservoir à essence, seringues. Kelvar tissé (gilet pare balles).

**Fibres et résines Polyesters** : à partir de l'acide téréphtalique (ex para-xylène)+ éthylèneglycol (Fibre Tergal), Poly(éthylène téréphtalate PET) pour bouteilles.

**Polycarbonate** : rentre dans la composition des gilets pare balles, casques de motos, bidons, bouteilles biberons, moulinet de canne à pêche, verre de sécurité, boîtier photos, feux clignotants, etc.

# Les produits dérivés du pétrole

- **Les polyuréthanes** : Polycondensation de diisocyanate et de diols.

Exemple : ex TDI (toluène diisocyanate), MDI diphénylméthane 4-4 diisocyanate, ou HMDI (version hydrogénée) et pour les diols (PEG polyéthylène glycol ou polypropylène glycol, PPG).

Applications mousses rigides (isolation thermique et phonique) et semi-rigides (rembourrage ameublement, garnissage des fauteuils), etc., revêtements et adhésifs, vernis peintures. En enduction pour rideaux, tentures, bâches et stores. + simili cuir.

# Le raffinage, une étape clé

- **Le pétrole brut n'est pas utilisé tel quel, mais après transformation en différents produits finis : carburants, combustibles, matières premières pour la pétrochimie et autres produits spécifiques (bitume, huiles lubrifiantes).**
- **C'est l'objectif du raffinage : mettre à la disposition du consommateur des produits de qualité, dans le respect de normes précises, notamment environnementales, et aux quantités requises par le marché. Cette étape regroupe différentes opérations :**

# Le raffinage, une étape clé

- Les unités de raffinage impliquées sont "spécifiques". Elles doivent généralement travailler à haute température et/ou forte pression pour générer des hydrocarbures plus légers, "par craquage", et améliorer leur qualité, la plupart des composés indésirables (soufre, métaux, etc.) étant plutôt concentrés dans les coupes initialement lourdes.
- L'obtention de produits intermédiaires par distillation :  
Les trois principales "coupes" pétrolières sont obtenues dans une tour de distillation : les légers (gaz, naphta et essences), les moyens (kérosène, diesel et fuel domestique) et les lourds (fuel lourd ou résidu atmosphérique).

# Le raffinage, une étape clé

- ***La transformation de coupes lourdes en coupes légères :***

A l'aide de procédés dédiés, les produits lourds de moins en moins consommés (type fuel lourd) sont transformés en produits moyens fortement demandés (diesel et kérosène).

# Le raffinage, une étape clé

- ***L'amélioration de la qualité :***

Cette opération consiste à éliminer, dans les différentes coupes, certains composés indésirables comme le soufre.

- ***La préparation finale des produits par mélange :***

On obtient les produits finis par mélange des produits intermédiaires ou semi-finis.

Pour faire face à cette série d'opérations, les raffineries doivent disposer d'importants volumes de stockage, d'installations de réception des produits bruts et d'expédition des produits finis.

# GAZ NATUREL & MATIERES RENOUVELABLES: DE NOUVELLES RESSOURCES POUR LA PETROCHIMIE

- Actuellement certaines sociétés se concentrent également sur l'utilisation de nouvelles ressources pour fabriquer les plastiques de demain et notamment sur :
- l'utilisation de l'**éthane**, issu du gaz naturel ;
- la production de **bioplastiques** d'origine végétale, compostables ou dépolymérisables, via la transformation de l'acide lactique contenu dans certaines plantes (betterave, maïs, blé et canne à sucre) ;
- la transformation du **méthanol** issu du gaz, du charbon ou de la biomasse en oléfines et polyoléfines.
- soutient, par ailleurs, des solutions intelligentes permettant de **valoriser ou de recycler les plastiques en fin de vie**

# ROLE DE L'INGENIEUR DE PETROCHIMIE

- Il y a différentes fonctions dans ce secteur :
- le [technicien des fluides de forages](#) est chargé de déterminer les meilleurs emplacement de forage, d'optimiser la production et d'employer toutes les techniques propres à maintenir le rendement du forage en exploitation.
- Le [technicien de surveillance de forages](#) est chargé de la technique de forage proprement dite, que ce soit pour la prospection, la production ou l'injection de gaz.
- Les [ingénieurs](#) de production, parmi lesquels les responsables de plate-forme, assurent la maintenance du forage par rapport à l'évolution des ressources du gisement : forages auxiliaires, analyse des schistes, débit d'injection, télégestion des automates distants ; ils évaluent la rentabilité de « [l'injection de gaz](#) » et choisissent les matériels de séparation des fluides extraits (pétrole brut, gaz naturel, eau).

# ROLE DE L'INGENIEUR DE PETROCHIMIE

- Métier de terrain, qui s'exerce principalement dans les pays producteurs de pétrole l'ingénieur pétrolier a comme mission principale, trouver et exploiter du pétrole. Travaillant pour une entreprise ou pour un bureau d'études, il s'emploie au quotidien, à décrire les réserves de pétrole, déterminer le nombre de puits, leur nature et leur emplacement ainsi que le calendrier de forage.
- Cadre technique spécialisé dans l'ingénierie pétrolière, il est chargé par sa hiérarchie de préparer les programmes pour creuser le sol en mer (*off-shore*) ou sur la terre ferme (*on-shore*) à la recherche du pétrole. Il doit de ce fait passer les commandes des équipements nécessaires, étudier les techniques les mieux adaptées, suivre la réalisation du puits et effectuer des tests.

# ROLE DE L'INGENIEUR DE PETROCHIMIE

- Le traitement et le transport du pétrole foré lui incombent. A ce titre, il est à la base de la conception des différentes installations ; notamment celles de surface pour séparer l'huile, le gaz et l'eau, celles qui traitent et transportent le pétrole et le gaz vers une raffinerie ou un *tanker*.
- Intrinsèquement associé à l'exploitation, c'est lui qui assure la production des hydrocarbures en les faisant remonter du sous-sol vers la surface en toute sécurité. A lui, la transformation du pétrole en fioul, essence ou lubrifiant, le suivi technique de la raffinerie, l'amélioration du rendement, le fonctionnement et la sécurité des unités de production et de toute la plateforme.

# ROLE DE L'INGENIEUR DE PETROCHIMIE

- Par ailleurs, il doit faire face à des challenges technologiques compte tenu de l'innovation qui accompagne le développement de l'industrie pétrolière d'une part, et des nappes qui se situent de plus en plus aux tréfonds des mers et des terres.
- Enfin, les questions d'ordre sécuritaire et environnemental étant de plus en plus préoccupantes, il a le souci de minimiser les risques. Il doit donc travailler avec le souci de la préservation de l'environnement, de la remise en état du milieu naturel à la fin des forages, œuvrer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

# LA SÉCURITÉ INDUSTRIELLE : RIGUEUR, VIGILANCE ET PRÉVENTION

- La sécurité est l'ensemble des méthodes ayant pour objet de supprimer, ou du moins minimiser, les conséquences des défaillances ou des incidents, dont un dispositif ou une installation peuvent être l'objet, conséquences qui ont un effet destructif sur le personnel, le matériel ou l'environnement .

# LA SÉCURITÉ INDUSTRIELLE RIGUEUR, VIGILANCE ET PRÉVENTION

- SÉCURITÉ DU TRAVAIL H. Fayol a défini, à très bon escient, une « fonction sécurité » dans l'entreprise. Cette fonction est du ressort de la direction (avec la participation des services et du comité de sécurité), qui doit instaurer « l'esprit de sécurité ». Si l'aspect humain de la sécurité est primordial, il ne faut pas perdre de vue que les accidents du travail peuvent représenter pour l'économie nationale une très lourde charge.
- Or, l'accident n'est fatal, il est presque toujours évitable. La recherche de la sécurité du personnel exerce une influence favorable sur son comportement dans le travail : si l'ouvrier se sent protégé, il est plus libre de son action, son rendement est meilleur, il se fatigue moins.

- Les mesures de prévention On ne peut gérer la production en méconnaissant les exigences que l'hygiène et la sécurité du travail font apparaître au niveau des entreprises.
- Protection des travailleurs
- Protection collective : elle doit avoir la priorité.  
Exemple : protection contre les chutes de hauteur (garde-corps, filets, etc.)
- Protection contre les chocs électriques.
- Protection individuelle : elle n'intervient que lorsque la protection collective n'est pas encore réalisée ou ne peut être qu'insuffisamment réalisée.

- Sécurité des biens La fonction sécurité dans l'Entreprise veille également à l'intégrité des installations, des stocks, des produits. Les mesures à prendre doivent être placées sous la responsabilité de personnes nettement distinguées dans l'organigramme fonctionnel.
- Elles concernent :
  - Le gardiennage, dont l'efficacité est une simple question d'ordre ;
  - Les vérifications des épreuves du matériel dangereux dont on peut confier la mission au service de maintenance ;
  - La défense contre le feu.

- L'amélioration du facteur humain nécessite l'étude et la réalisation de bonnes conditions physiques du travail.
- L'état de l'atmosphère agit sur la capacité physique du travailleur par les produits absorbés (gaz, poussières, bactéries) et par les échanges de chaleur entre le corps et l'ambiance (climatisation des locaux).
- Les conditions d'éclairage peuvent être choisies rationnellement grâce à une technique très développée (incandescence, fluorescence) et selon des normes qui assurent le confort visuel et l'ambiance agréable des couleurs.

- La lutte contre le bruit est plus difficile, néanmoins un certain confort auditif peut être ménagé par les techniques d'insonorisation et antivibratoires.
- La fonction sécurité s'attache à la prévention des accidents et des maladies professionnelles par l'aménagement des lieux du travail, et les mesures de protection individuelle et collective. La propagande destinée à entretenir l'esprit de sécurité est efficace lorsqu'elle est bien comprise à tous les échelons. La sécurité des biens s'attache surtout à prévenir et combattre le risque d'incendie.

- L'ensemble des mesures de sécurité s'associe à l'action du service social de l'entreprise qui apporte un complément d'aide matérielle et morale au personnel associé dans l'œuvre commune.
- L'organisation du travail ne peut être dissociée des graves questions d'environnement, notamment celles concernant l'altération de l'air et des eaux. L'analyse des causes de la pollution conduit à des remèdes, coûteux mais nécessaires, dont les industries doivent prendre conscience, et qui doivent être considérés dans toute étude de fabrication.

# ***Chapitre IV Le métier d'ingénieur***

**Aujourd'hui il n'est plus possible d'ignorer que la conception globale des systèmes fait appel tout autant aux connaissances des systèmes de commande, électroniques programmables ou non, qu'à celles des chaînes d'action mécanique.**

### **Définition de l'ingénieur (Commission des Titres d'Ingénieur)**

***« Le métier d'ingénieur consiste à résoudre les problèmes de nature technologique, concrets et complexes, liés à la conception et à la mise en œuvre de systèmes ou de services. Cette aptitude résulte d'un ensemble de connaissances techniques d'une part, économiques, sociales et humaines d'autre part ».***

**Un ingénieur doit être capable :**

- de s'adapter à des produits / situations nouveaux / nouvelles ;
- de les appréhender de manière globale ;
- de dégager leurs fonctions principales ;
- de procéder à leur analyse ;
- d'en proposer une modélisation ;
- de prédire leur comportement ;
- d'améliorer leur modèle.

**Un ingénieur doit :**

- avoir une **approche système** qui lui permet de gérer la complexité, et donc pour ce qui concerne les produits industriels avoir une **approche intégrée des chaînes d'énergie et d'information**.

- s'appuyer sur des modèles élaborés à partir d'outils développés en mathématiques, sciences physiques, mécanique, génie électrique, automatique...

**Ces outils ne sont plus une finalité. Par exemple, la mécanique est très utile pour déterminer les modèles destinés à analyser et concevoir la partie commande des systèmes automatiques.**

**Les ingénieurs de demain vont devoir répondre, à l'échelle planétaire qui est dès à présent celle du monde globalisé, à d'extraordinaires défis technologiques afin de :**

- faire face au réchauffement climatique ;**
- faire face à la pénurie d'eau ;**
- préserver la biodiversité ;**
- gérer la fin du pétrole ;**
- sortir du déséquilibre Nord/Sud ;**
- répondre à l'augmentation de la population (de 6 à 9 milliards en 2050) qui, de plus, devrait se concentrer dans les villes ;**
- .....**

## Constats

### Enseignement technique

**Réalisation d'un produit : longtemps assimilée à la mise en œuvre de « règles de l'art » ou de savoir-faire.**

**L'enseignement technique est alors fondé essentiellement sur l'apprentissage de savoir-faire, et destiné à donner une formation professionnelle pour les métiers de l'industrie.**

**Les « règles de l'art » sont devenues insuffisantes et souvent inadaptées face aux besoins qui ont profondément évolué et par voie de conséquence face aux produits qui sont devenus de plus en plus sophistiqués.**

## **Enseignement technologique**

**La Technologie peut être définie comme la « science de l'artificiel ». Par opposition aux « sciences de la nature », elle est le résultat de l'activité de l'Homme, elle est au centre de sa culture, de son histoire et de son évolution.**

**En effet les produits sont toujours inventés pour l'homme et par l'homme pour pallier ses insuffisances physiques, pour effectuer des travaux complexes ou répétitifs, pour améliorer son confort ou pour satisfaire des besoins plus ou moins vitaux ...**

## **Avis de l'académie des Technologies – septembre 2004**

***« La technologie désigne l'ensemble de connaissances et des pratiques mises en œuvre pour offrir à des usagers des produits ou des services. La technologie fait donc intervenir, à coté des processus de transformation, des éléments relevant de la conception des produits et services, des attentes des usagers, de la fiabilité qu'ils recherchent, des prix qu'ils sont prêts à payer, du volume des marchés, des caractéristiques des matériaux disponibles, des compétences des travailleurs concernés..... ».***

**La conception et la réalisation de produits s'est alors progressivement appuyée sur les résultats démontrés dans les sciences fondamentales. Mais la faiblesse des moyens de calcul dont la communauté scientifique disposait il y a encore une cinquantaine d'années, suffit à expliquer, voire à excuser, le développement de « techniques d'experts » plutôt que de méthodes scientifiques rigoureuses.**

**Avec l'évolution de ces moyens de calcul, l'enseignement a changé : de technique il est devenu technologique.**

**La Technologie s'appuie sur des méthodologies scientifiques rationnelles élaborées à partir de modélisations et d'expérimentations pour appréhender le réel dans sa globalité et sa complexité.**

**Il n'y a pas de sciences sans technologie et il n'y a pas de technologie sans sciences.**

## Sciences, activités scientifiques expérimentales, technologie

**Les sciences** sont des ensembles cohérents de connaissances, relatives à des objets, des phénomènes et des produits, obéissant à des lois et vérifiées par des activités expérimentales.

**Les activités scientifiques expérimentales** ont pour objectif de déterminer ou/et de vérifier une loi, un concept ou bien de servir de champ d'application aux disciplines scientifiques.

**Sciences, activités scientifiques expérimentales et Technologie** : trois expressions qui définissent des domaines différents certes, mais dont l'appréhension n'est pas simple et fait l'objet de grandes confusions.

### Pourquoi ?

Parce que la Technologie est une discipline jeune qui n'est pas encore bien positionnée dans le concert des disciplines ou des activités traditionnelles.

**Parce que les frontières ne sont pas étanches et qu'il y a une interpénétration mutuelle entre sciences, activités scientifiques expérimentales et Technologie qui se fécondent et se complètent mutuellement.**

**Ainsi l'évolution des sciences est souvent liée à celle des besoins de l'homme et le développement des technologies s'appuie sur les outils théoriques et les modèles mis en place par les sciences.**

	<b>Technologie</b>	<b>Sciences</b>
<b>Finalités</b>	<b>Concevoir Produire</b>	<b>Modéliser Comprendre</b>
<b>Supports</b>	<b>Biens et services Équipements / ouvrages</b>	<b>Phénomènes Êtres vivants Matière</b>
<b>Démarches</b>	<b>Technologique</b>	<b>Scientifique Expérimentale</b>
<b>Départ</b>	<b>Cahier des charges</b>	<b>Hypothèses Observation d'un fait naturel et/ou provoqué</b>

## Démarches

**La démarche scientifique** - savoir regarder, questionner, observer, formuler une hypothèse et la valider, argumenter, modéliser de façon élémentaire - conduit à mettre en place des modèles de connaissance en référence à des faits et à des observations.

**La démarche expérimentale** - concevoir et appliquer un protocole, proposer des hypothèses, manipuler, mesurer, expérimenter, en utilisant les outils appropriés, y compris informatiques - fondée sur l'observation, la formulation d'hypothèses puis la réalisation d'expérimentations, dégage les principes et les règles générales de comportement et tente de construire des modèles théoriques.

La démarche expérimentale a pour objets essentiels, soit de mettre en évidence et/ou de vérifier la pertinence de ces modèles, soit d'établir les relations entre les paramètres.

**La démarche technologique** se caractérise par un mode de raisonnement fait de transpositions, de similitudes de problématiques et d'analogies tout en tenant compte des contraintes techniques, environnementales et socio-économiques.

La démarche pratique qui en est le cœur n'est que très partiellement expérimentale.

Pour l'essentiel, les activités pratiques mises en œuvre ont pour objet de « réaliser », mettre en œuvre dans un contexte d'usage contraignant, maintenir, améliorer, etc., le tout avec la préoccupation de produire sans défaut.

**La démarche de projet** est une organisation destinée aux questions suivantes : à quels besoins faut-il répondre ? Que faut-il résoudre ? Quelle production faut-il réaliser ? ... Elle est structurée de la façon suivante :

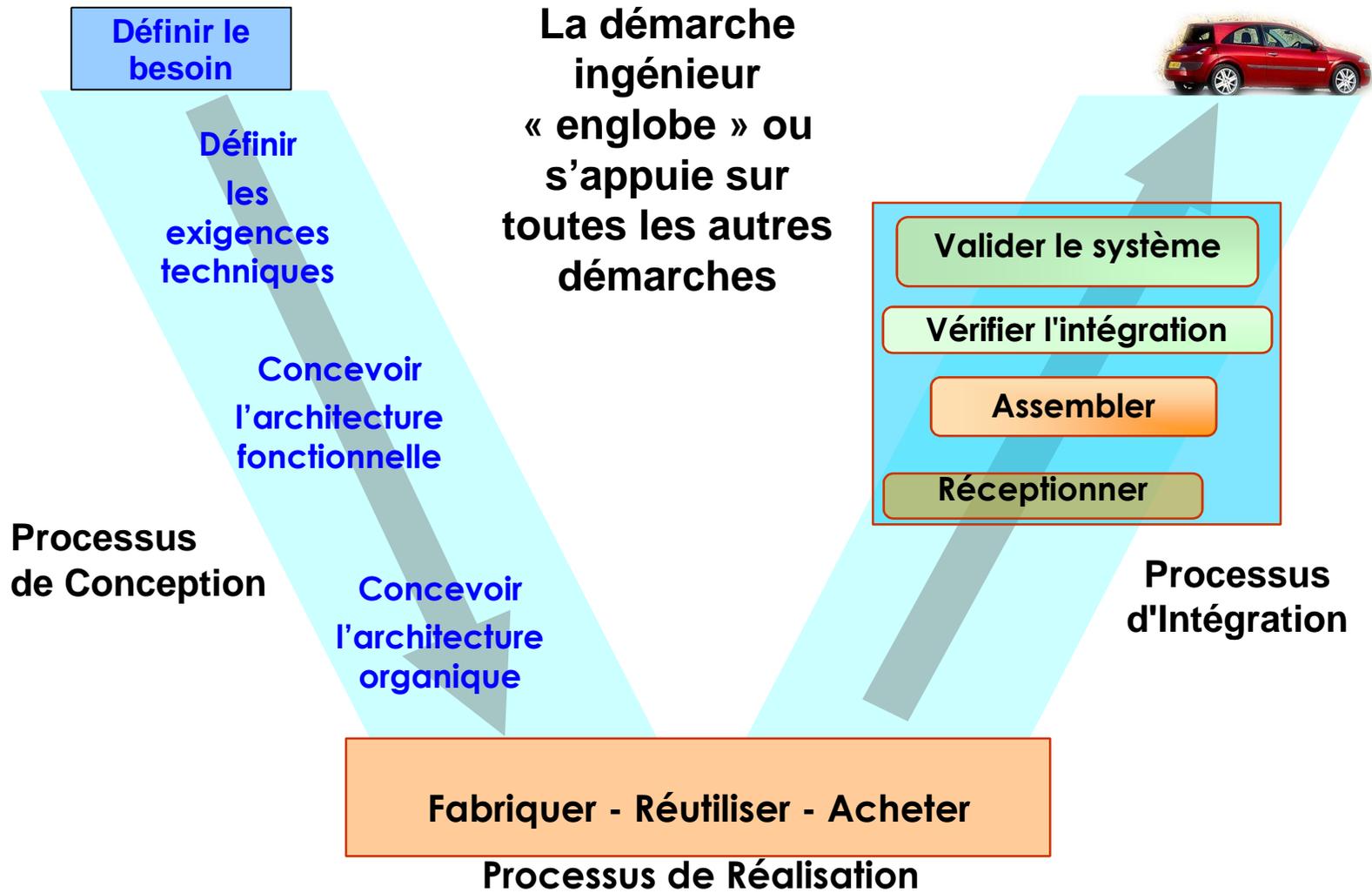
- analyse de la situation (Formalisation des objectifs) ;
- choix d'une stratégie ;
- montage et planification du projet (étapes ? Comment les hiérarchiser ?) ;
- mise en œuvre du projet ;
- bilan (évaluation du projet, communication, ....).

**La démarche d'investigation** est un ensemble d'actions et de réflexions autour d'un problème à résoudre qui vise à observer le comportement, le fonctionnement, la constitution d'un objet technique, à rechercher des informations et à identifier les solutions retenues ainsi que les principes qui les régissent.

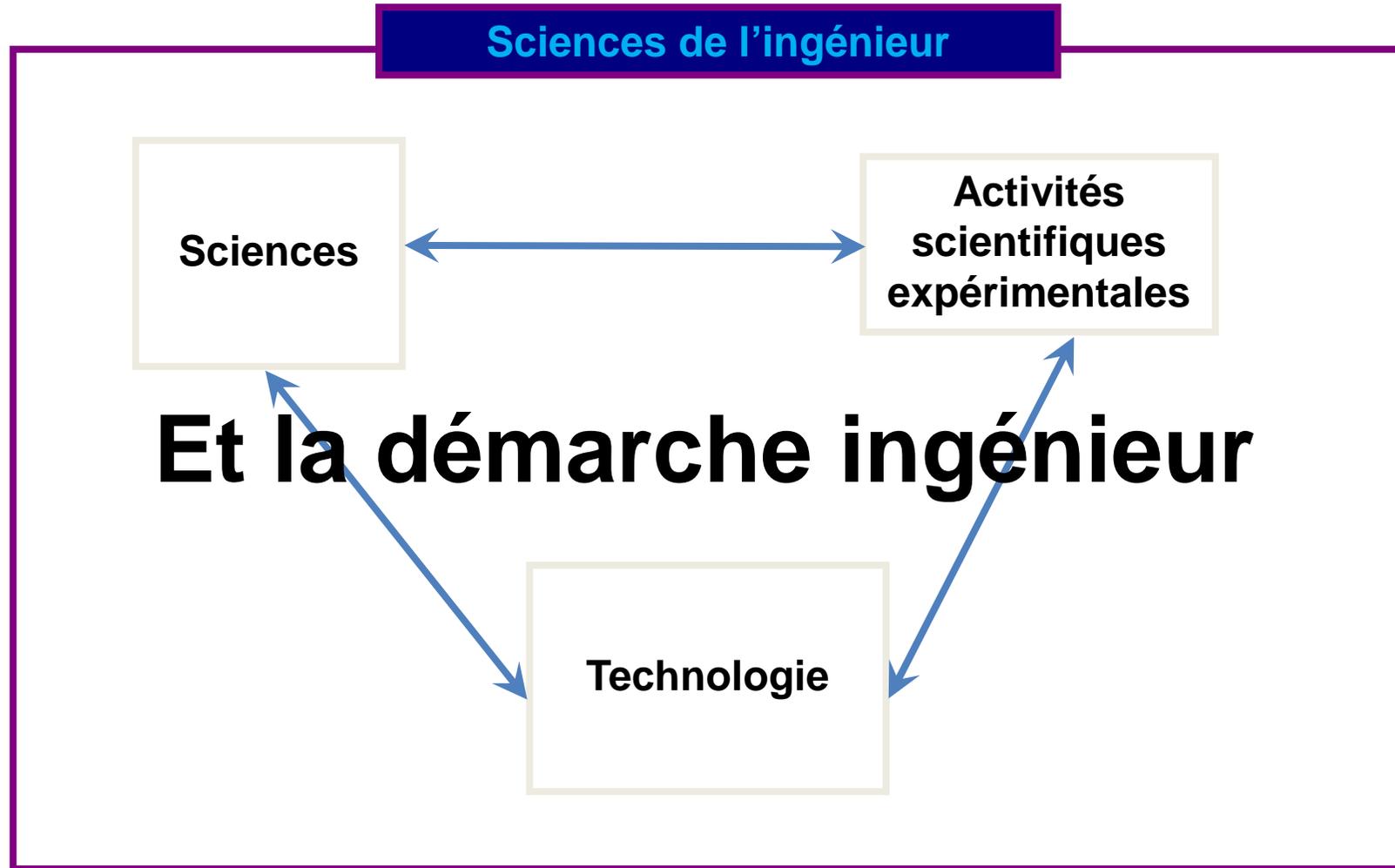
**La démarche de résolution de problèmes techniques** est un ensemble structuré de réflexions et d'actions visant, à partir de l'expression du problème :

- à l'explicitier ;
- à identifier les contraintes qui y sont associées, le niveau de réponse attendue et les types de résolutions possibles (lois, règles, outils, méthodes, organisation...) ;
- à appliquer les méthodes de résolution ;
- et à comparer les résultats afin de faire un choix justifiable.

# La démarche ingénieur



C'est à partir de tous ces constats et nécessités qu'une nouvelle « discipline » est née il y a une trentaine d'années à peine : Les Sciences de l'Ingénieur.



## ATTENTES DE L'IGEN

### Finalités de l'enseignement de sciences industrielles pour l'ingénieur

**L'enseignement des sciences industrielles pour l'ingénieur permet d'aborder avec méthode et rigueur l'analyse de systèmes et de leur comportement.**

**Il a pour objectif de permettre aux étudiants d'analyser, de modéliser et de vérifier et de valider les performances de systèmes complexes industriels.**

***Il est plus transversal que l'enseignement technologique, même si celui-ci doit forcément évoluer.***

**L'enseignement de sciences industrielles pour l'ingénieur doit permettre de :**

- vérifier les performances attendues d'un système complexe ;**
- élaborer et valider une modélisation à partir d'expérimentations ;**
- prévoir les performances d'un système à partir d'une modélisation ;**
- analyser et concevoir des solutions technologiques.**

**Un enseignement de sciences industrielles pour l'ingénieur doit permettre d'acquérir des démarches et des méthodes transposables à tous les systèmes et d'un domaine à l'autre**

## Organisation pédagogique

### Objectifs des TP

**Acquérir une opérationnalité dans la démarche ingénieur, c'est-à-dire développer les compétences nécessaires pour analyser et concevoir un système complexe.**

**Les TP permettent aussi de découvrir la réalité des solutions industrielles, et développer le sens de l'observation, de goût du concret et la prise d'initiative et de responsabilité.**

### Objectifs des cours

**Transmettre les savoirs, de manière déductive ou inductive.**

**Les cours obéissent à une logique d'acquisition progressive et ordonnée des connaissances fondamentales. Ils permettent aussi de structurer les connaissances au travers de synthèses.**

## **Objectifs des TD**

**Acquérir la maîtrise des outils.**

**Les TD prolongent le cours par des applications directes. Ils proposent des études dont la mise en situation est rapide. Ils peuvent préparer ou suivre des activités de Tps.**

**L'organisation pédagogique annuelle doit être élaborée  
autour des TP**

**L'organisation pédagogique autour de TP n'exclut pas un cours magistral de haut niveau, dispensé avec des moyens modernes de communication.**

**Les objets techniques, les systèmes industriels qui nous entourent étant complexes et de nature scientifique, le professeur de sciences industrielles pour l'ingénieur doit s'appuyer sur les outils de mathématiques, de sciences physiques, de mécanique, d'automatique, ..., de génie électrique, ...**

**En revanche, le cours n'est plus une finalité en soi. Il est « au service » de la démarche ingénieur.**

**En sciences industrielles pour l'ingénieur on n'est pas dans le 100 % inductif.**

**Le cours vient structurer des concepts rencontrés en TP et/ou apporter des connaissances.**

## Stratégies pédagogiques en sciences industrielles pour l'ingénieur

**Elles doivent être élaborées selon la démarche ingénieur :**

- vérifier les performances attendues d'un système complexe ;
- élaborer et valider une modélisation à partir d'expérimentations ;
- prévoir les performances d'un système à partir d'une modélisation;
- analyser et concevoir des solutions technologiques.

### Répartition disciplinaire

**Maîtrise de concepts, de lois physiques ; capacités d'abstraction**

**Mathématiques et sciences physiques**

**Aptitudes à communiquer**

**Lettres et langues**

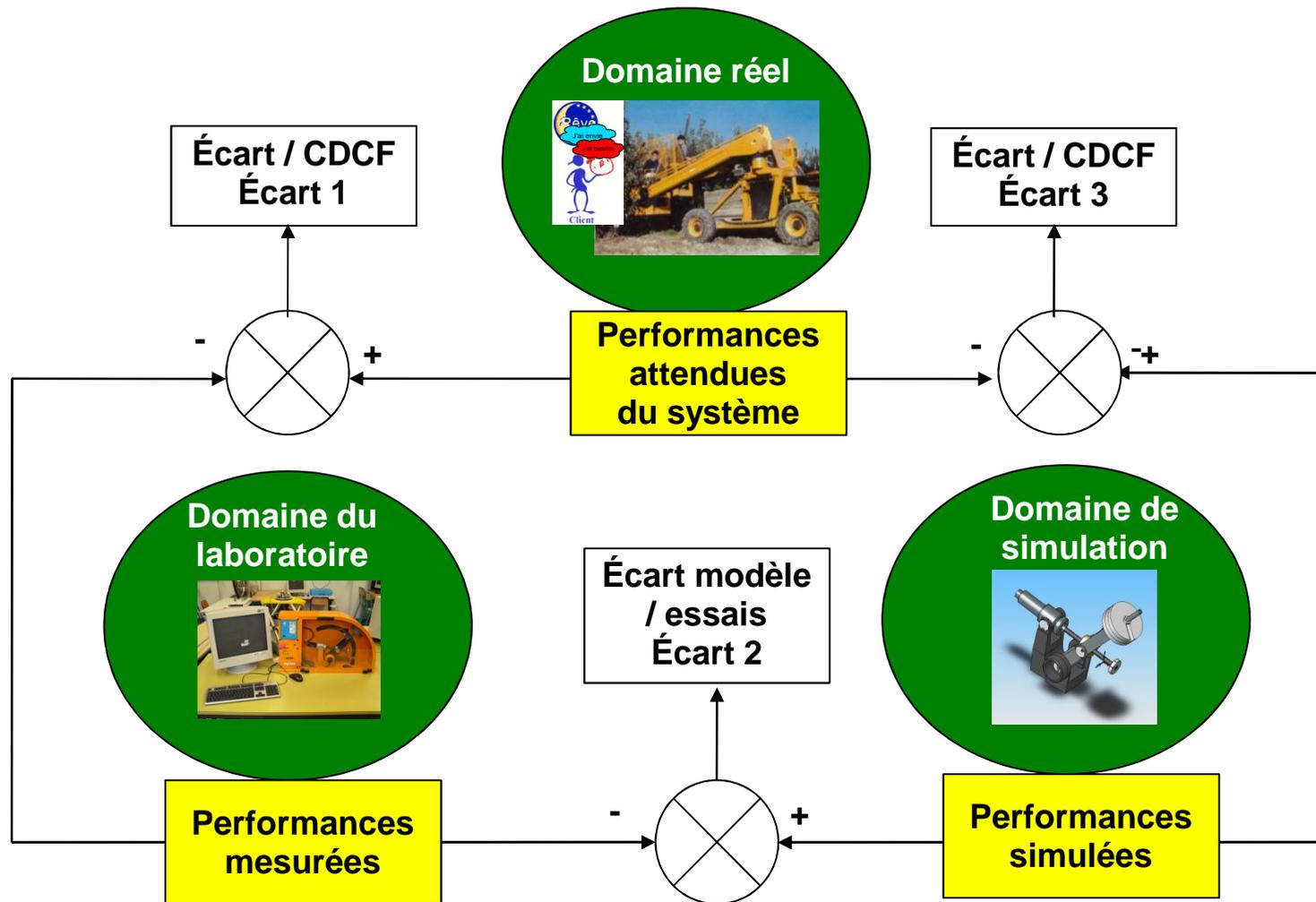
**Maîtrise des démarches et méthodes, transposables d'un domaine à l'autre, pour appréhender des produits et/ou des situations complexes**

**Sciences industrielles pour l'ingénieur**

**Pour acquérir ces compétences, l'approche disciplinaire qui prévalait jusque-là doit laisser la place à l'approche d'analyse fonctionnelle des systèmes organisée autour :**

- d'activités de travaux pratiques qui ne sont pas des applications de cours, mais servent au contraire à développer une opérationnalité effective sur les compétences précitées ;**

- de cours magistraux qui ne sont plus des finalités mais qui servent de point d'appui aux activités de travaux pratiques et de travaux dirigés qui s'appuient toujours sur des systèmes complexes.**



**Les Sciences Industrielles pour l'Ingénieur permettent d'aborder la complexité des systèmes grâce à l'approche fonctionnelle.**

**Les Sciences Industrielles pour l'Ingénieur développent chez les étudiants les compétences pour s'inscrire dans la démarche ingénieur.**

**En Sciences Industrielles pour l'Ingénieur , les compétences traduisent la maîtrise de Connaissances disciplinaires, de Capacités à les utiliser et de Comportements à mettre en œuvre dans un contexte nouveau.**

**L'important est la démarche ingénieur, pas les savoirs disciplinaires**

*Si tu conduis une machine (ou un groupe) occupe-toi de l'accélérateur ; il y aura toujours quelqu'un pour s'occuper du frein.*