

## 1. Introduction, rappels

### Repères et fondements :

Pour subvenir à ses besoins (agriculture, chasse, transport), l'homme utilisait au début le travail développé par ses forces musculaires ou celles des animaux, comme il exploitait l'énergie cinétique des vents (chars à voiles, navigation) dans l'exploration du monde et dans les guerres. Mais la nature de l'énergie et ses caractéristiques demeuraient mystérieuses et inconnues. Ce n'est qu'avec le développement des mathématiques (calculs), l'engagement d'hommes d'affaires et la passion de certains ingénieurs pour la science et l'expérimentation, que des mécanismes ingénieux pour résoudre des problèmes complexes de transmission des mouvements et des forces (drainage et pompage des eaux, fabrication du papier, broyage des huiles, travail du bois) ont été brevetés. L'efficacité et le rendement des outils et des machines ont pu ainsi être nettement améliorés. La découverte de la combustion du charbon a permis d'exploiter la chaleur produite pour la transformer en travail mécanique. Les premières machines à vapeur font leur apparition entraînant un essor économique sans précédent. Avec elles, les théories avancent et la nature de l'énergie est mieux comprise : la force, le travail, la chaleur, sont interchangeable. Le 1<sup>er</sup> principe de la thermodynamique sur la conservation de l'énergie, stipule que l'énergie ne peut être ni détruite ni créée, elle se transforme et qu'on ne peut pas récupérer d'un combustible plus d'énergie (travail) qu'il n'en renferme. Le second principe vient limiter les rendements des machines : il y a toujours des pertes. En même temps, fin du XVII<sup>ème</sup>, des explorateurs fascinés par les phénomènes électriques naturels (éclairs, substances) découvrent la génération d'électricité par la raie torpille (poisson) et en analysent le mécanisme de production. La pile de Volta (1820) est calquée sur la forme des organes électriques (électrocytes) de ce poisson. Oui, mais pourquoi faire ? Il fallait attendre une génération avec la multiplication d'événements politiques et économiques (compétition, navigation, guerres) et le développement des besoins surtout celui de la circulation de l'information pour voir apparaître des applications de l'électricité dans le domaine de la production d'énergie. L'expérience d'Oersted (circuit avec pile en présence d'une boussole 1800) suivi des expériences d'Ampère (solénoïde=aimant, attraction répulsion des courants) ont permis de mettre en évidence la nature électrique du magnétisme, la notion de courant électrique (intensité) est introduite pour la première fois. M Faraday (1831) découvre le phénomène inverse : l'induction. Les principes de base de fonctionnement des machines sont fondés. Ainsi, les interactions entre courants électriques et champs magnétiques peuvent donner naissance à des mouvements mécaniques et réciproquement.

Voir clips vidéos démonstratifs (CNRS, disponibles sur Youtube) : [Ampère et l'histoire de l'électricité](#), [Faraday créer de l'électricité avec le magnétisme](#), [Produire du mouvement avec un courant électrique](#), [Le moteur électrique, un cul-de-sac technique](#), [Des expériences de Galvani à la pile de Volta](#)

Voir aussi le documentaire TV de Arte : [La fabuleuse histoire de la science, 4. qu'est ce que l'énergie.](#)

### Lois de base (Cours d'électricité, à revoir) :

Un courant électrique crée un champ magnétique (Biot-Savart)

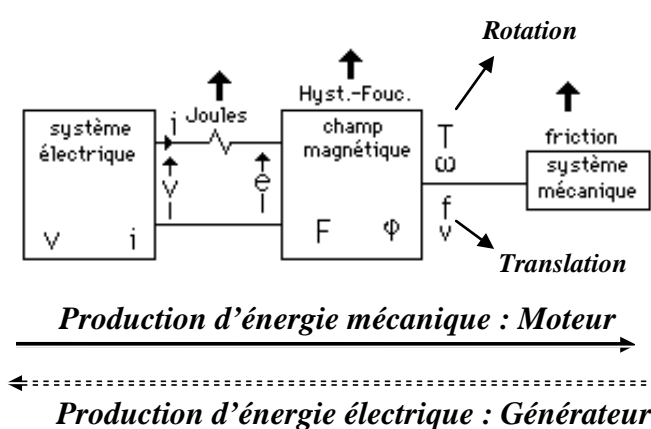
Un champ magnétique agit sur un courant (Force de Laplace)

Une variation de flux du champ crée une tension électrique induite (Lenz)

Les lignes de champ qui s'opposent se repoussent et inversement (ne se superposent que si elles sont dans la même direction)

Certains matériaux magnétiques augmentent les effets d'induction (ferromagnétisme)

### Schéma général d'écoulement d'énergie dans les conversions électromécaniques



#### Puissances mises en jeu

Source électrique (moteur)  $P_s = VI$  (ou  $VI \cos \phi$  en alt)

Pertes de ligne :  $P_{Jl} = \text{Joule}$

Alimentation moteur  $P_a = EI$

Pertes magnétiques  $P_m$  (Hystérésis, courants de Foucault) dans la carcasse magnétique

Pertes Joule dans le moteur  $P_{Jm}$  et pertes thermiques  $P_{th}$

Puissance EM produite :  $P_e = T\omega$  (rot.) ;  $Fv$  (transl.)

Pertes mécaniques  $P_f$  : frottement, ventilation

F : Force magnétomotrice (production du flux)

$P_u$  : Puissance utilisée (utile)

Bilan (fct. moteur) :

$$P_s = P_{Jl} + P_m + P_{Jm} + P_{th} + P_f + P_u$$

Rendement

$$\eta = \frac{P_u}{P_s} = \frac{P_s - \text{Pertes}}{P_s}$$

## Principes de base (plan du cours)

**Fonctionnement moteur** : Plusieurs moyens pour obtenir une action mécanique (force ou couple). Citons-en les plus usuels :

1. Un conducteur parcouru par  $I$  et placé dans un champ magnétique constant est soumis à une force, deux conducteurs identiques placés en regard seront soumis à un couple (moteur à CC)
2. Un circuit fermé (enroulement) placé dans un champ magnétique tournant (produit par un système de courants alternatifs) est entraîné en rotation (moteur asynchrone)
3. Un aimant placé dans un champ magnétique tournant est soumis à un couple (moteur synchrone) qui l'entraîne en rotation.
4. Interaction entre aimants ou électroaimants (moteur à réluctance, moteur pas à pas)

Autres moyens de production d'énergie mécanique : thermique (moteurs à combustion), matériaux piézoélectriques (vibrations, moteurs linéaires), capacitif (micromoteurs électrostatiques)

**Fonctionnement Générateur** : La tension est induite dans un circuit (enroulement) traversé par un flux variable obtenu à partir de la mise en mouvement de pièces électromagnétiques (énergie cinétique).

Deux configurations de base : l'enroulement est mis en rotation (énergie mécanique) dans le champ constant produit par un aimant (génératrice à CC), enroulement immobile comportant plusieurs bobines dans le champ tournant produit par un aimant (ou électroaimant) en rotation (génératrice asynchrone, alternateur). Autres variantes.

Autres moyens de production de l'énergie électrique : à partir d'énergie thermique (photovoltaïque, thermocouples), énergie chimique (piles)

### Références conseillées :

[www.lcfst.c.la](http://www.lcfst.c.la), documentation du cours et TD. J Diouri

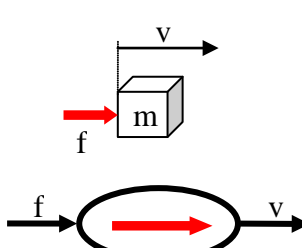
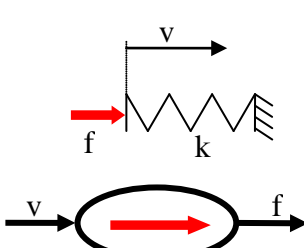
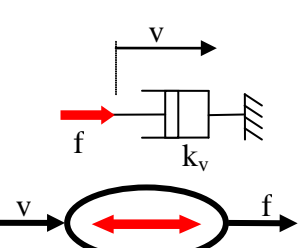
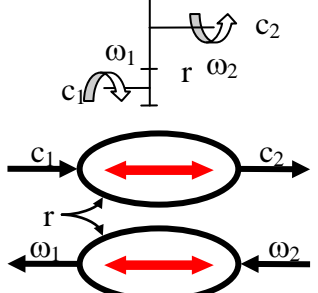
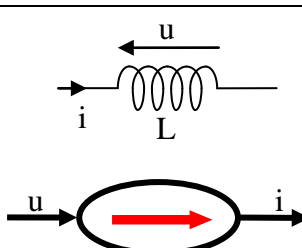
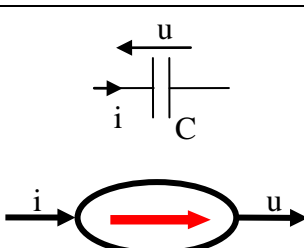
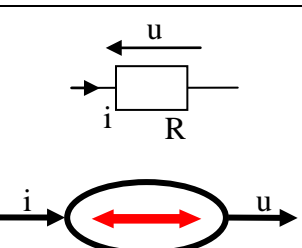
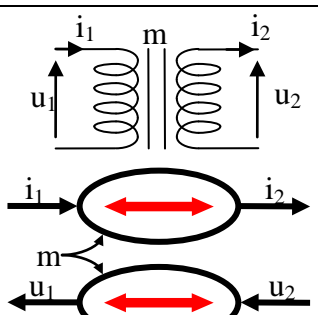
Principes d'électrotechnique, M Marty

Electrotechnique, Théodore Wildi

Exercices et problèmes d'électrotechnique, Luc Lasne, Col Sciences Sup

Machines électriques, cours et problèmes Claude Chevasseau

## Analogie électrique=mécanique

		Accumulateurs	Dissipateurs	Coupleurs
		Energie cinétique	Energie potentielle	
Processeurs mécaniques	Masse en translation	Ressort	Amortisseur	Engrenage
				
	$m \frac{dv}{dt} = f \quad Ec = \frac{1}{2} mv^2$	$\frac{1}{k} \frac{df}{dt} = v \quad Ep = \frac{1}{2} \frac{1}{k} f^2$	$f = k_v v$	$c_2 = r c_1 \quad \omega_2 = \frac{1}{r} \omega_1$
Processeurs électriques	Bobine	Condensateur	Résistance	Transformateur
				
	$L \frac{di}{dt} = u \quad Ec = \frac{1}{2} Li^2$	$C \frac{du}{dt} = i \quad Ep = \frac{1}{2} Cu^2$	$u = Ri$	$u_1 = m u_2 \quad i_1 = \frac{1}{m} i_2$