

# FORMATION SUR L'ÉLECTRICITÉ

***Jonathan Drouin***

Conseiller Accueil – Direction – Affaires régionales et collectivités

**16 Mai 2023**



# PLAN GÉNÉRAL

## Retour sur notions de base

- Fonctionnement de base d'une centrale
- L'électricité de la centrale à la maison

## Électricité 101

- L'atome et la matière
- Le courant alternatif et le courant continu
- Les conducteurs et les isolants
- Les unités de mesure

## Notions fondamentales

- Magnétisme et électromagnétisme
- Induction

# PLAN GÉNÉRAL

## La production d'électricité

- Le groupe turbine-alternateur
- La régulation fréquence-puissance
- L'équilibrage de la production et de la demande

## Transport et distribution

- Fonctionnement d'un transformateur
- Le triphasé c'est quoi, avantage

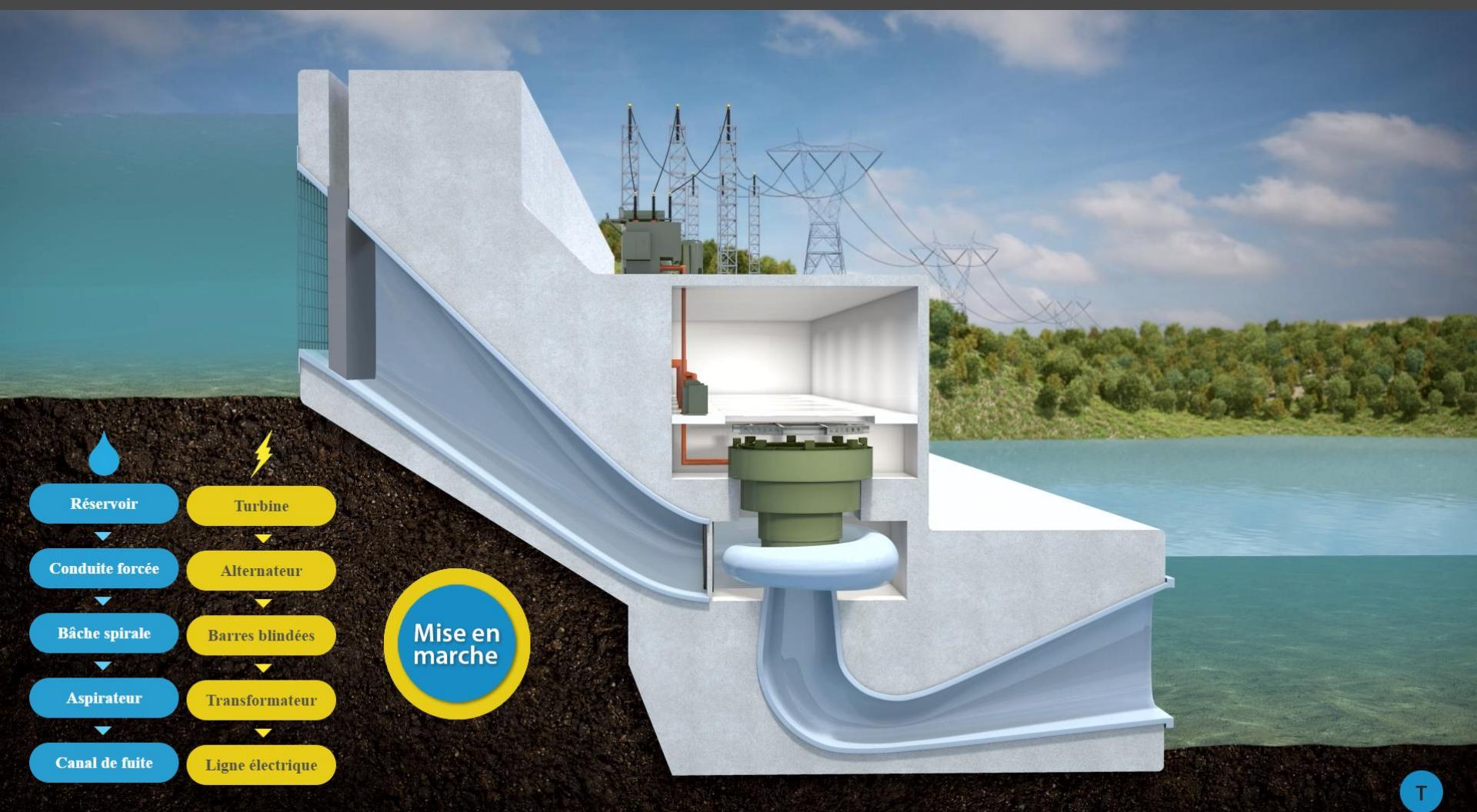
## Gestion des crues

- Centrale au fil de l'eau et centrale à réservoir
- Bassin de drainages et capacité de régulation
- Crues

The background image is an aerial photograph of a wide river valley. In the foreground, a large industrial complex with several long, dark buildings and a tall chimney is situated on a grassy bank. A bridge with multiple arches spans the river. The river itself is a deep blue. In the middle ground, there are more buildings, trees, and fields. The background shows a dense forest and a distant shoreline under a clear sky.

# Électricité 101

Le contexte



## L'électricité de la centrale à la maison





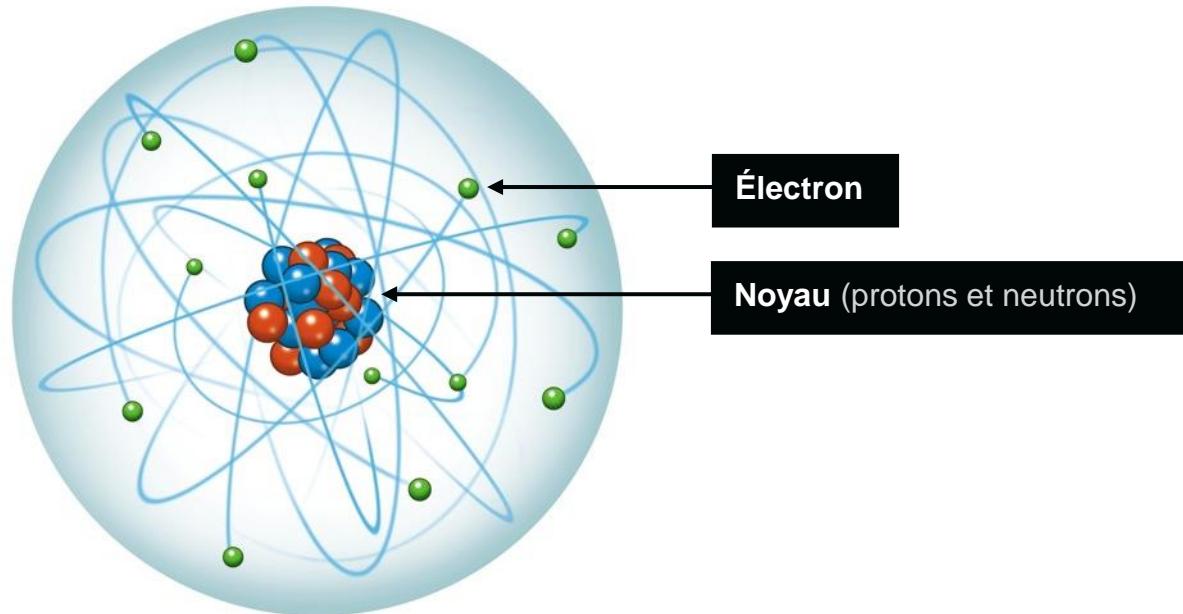
# Notions de bases

Électricité 101

# Atomes et molécules

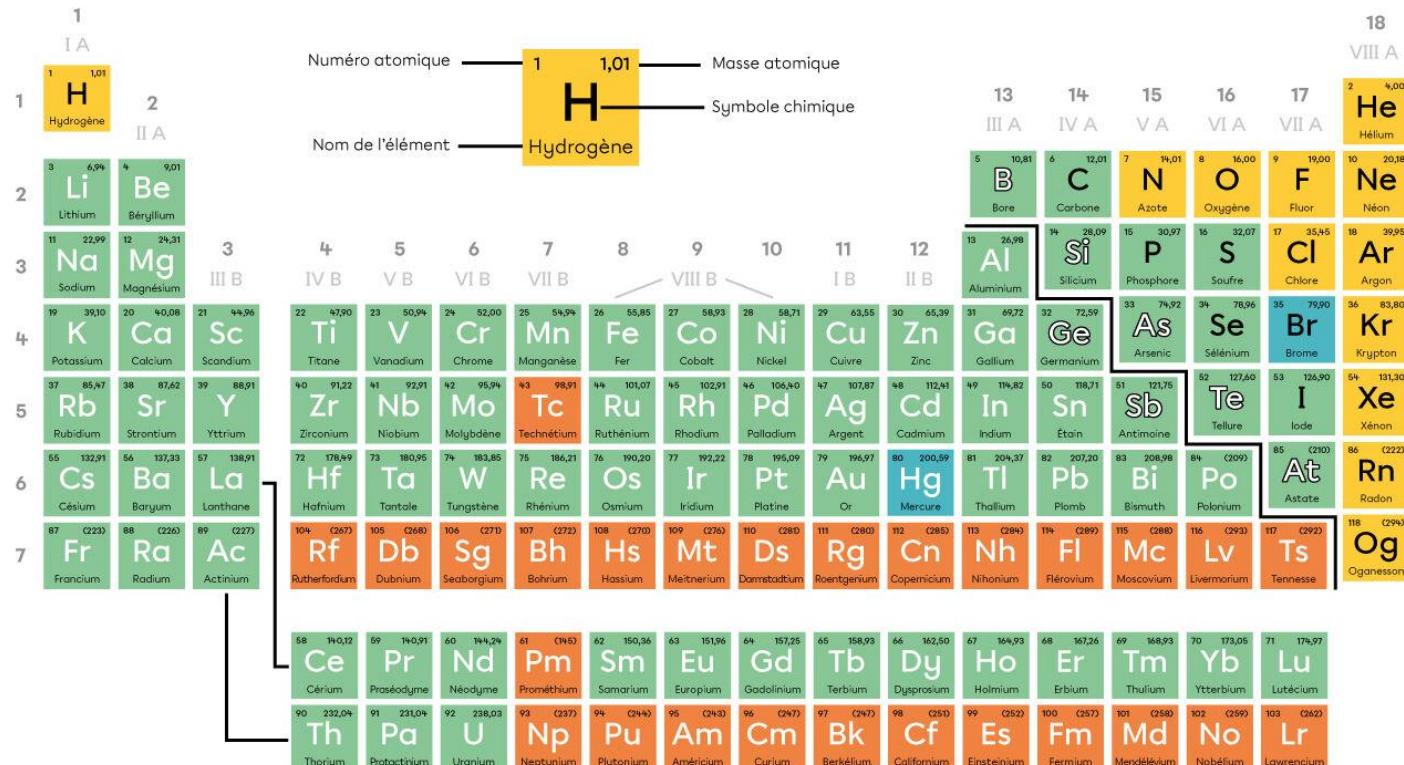
**La matière est composée de molécules dont les éléments de base sont les atomes.**

- L'atome comprend lui-même trois particules élémentaires : les **protons**, les **neutrons** et les **électrons**.



# Atomes et molécules

## Le tableau périodique des éléments



Li Métaux

B Métalloïdes

H Non-métaux

Gazeux

Liquide

Solide

Solide synthétique

alloprof

# Électrons libres

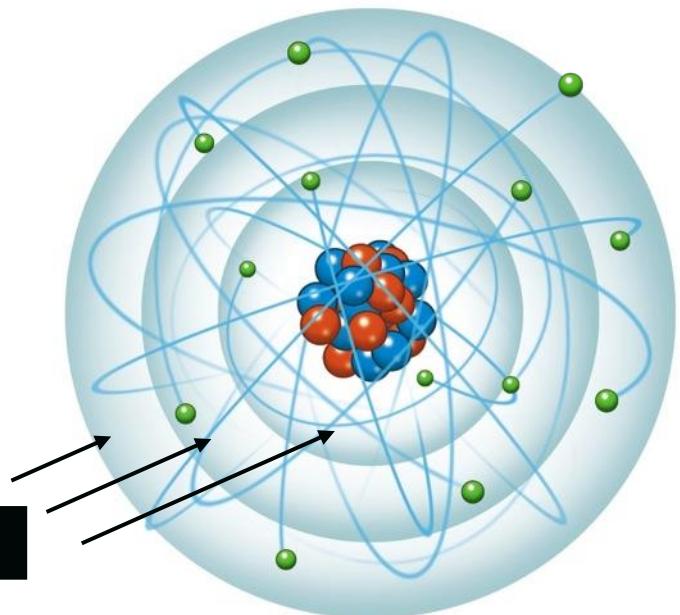
## Ils sont les plus éloignés du noyau.

- Ils peuvent plus facilement quitter leur orbite.
- Ce sont eux qui produisent le courant électrique en se déplaçant d'un atome à un autre sous l'effet d'une force externe.
- Produire un courant électrique, c'est déplacer des électrons déjà présents dans la matière (un fil métallique, par exemple).

Atome de cuivre

Électron libre

Couches d'électrons



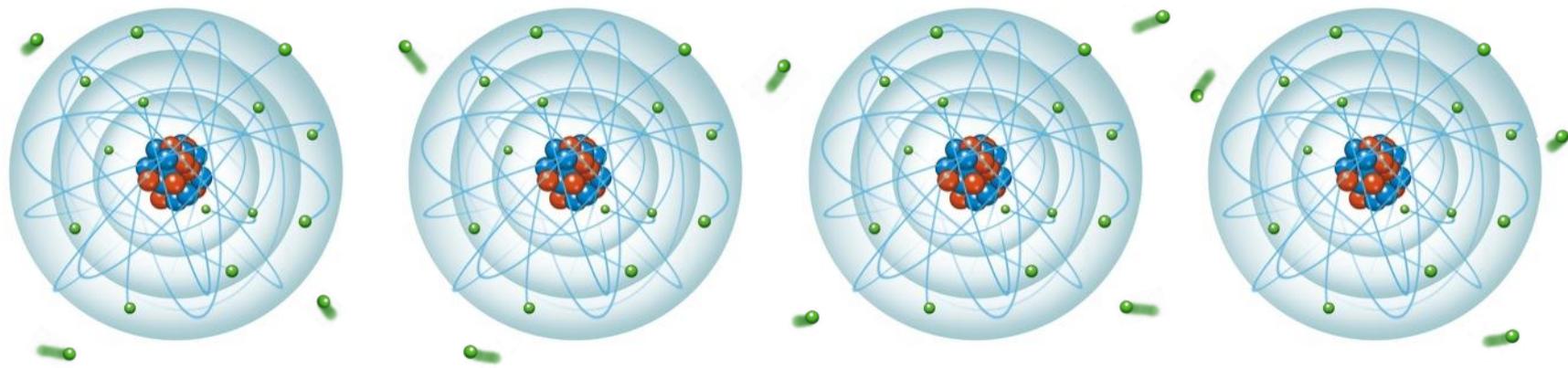
# Le courant électrique

## Le courant électrique correspond au déplacement d'électrons d'un atome à un autre.

- Le courant se mesure comme un débit d'électrons, soit la quantité d'électrons qui franchissent un point donné en un temps donné.
- Ce déplacement d'électrons commence dans l'alternateur d'une centrale d'Hydro-Québec et se propage par le réseau de lignes jusqu'à la maison.
- Le déplacement des électrons est occasionné par :
  - Différence de potentiel (déséquilibre des charges électriques)
    - Réaction chimique (pile)
  - Variation de champ magnétique (alternateur)



# Les atomes et le courant électrique



# 1<sup>re</sup> PARTIE : L'ÉLECTRICITÉ

# Le courant alternatif et le courant continu



## Le courant continu (CC)

**En CC, les électrons circulent toujours dans le même sens, comme l'eau dans un tuyau d'arrosage.**

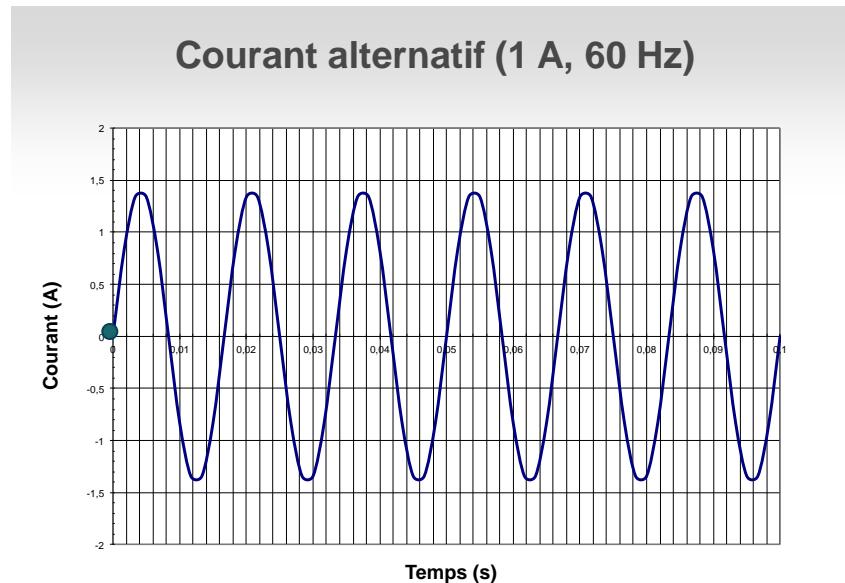
- Les sources de CC les plus familières sont les piles et les accumulateurs.
- On utilise le CC pour les lignes de transport sur de très longues distances, ainsi que pour le métro de Montréal.
- C'est grâce au courant continu qu'on peut synchroniser deux réseaux, et ainsi faire des exportations et des importations d'électricité.



# Le courant alternatif (CA)

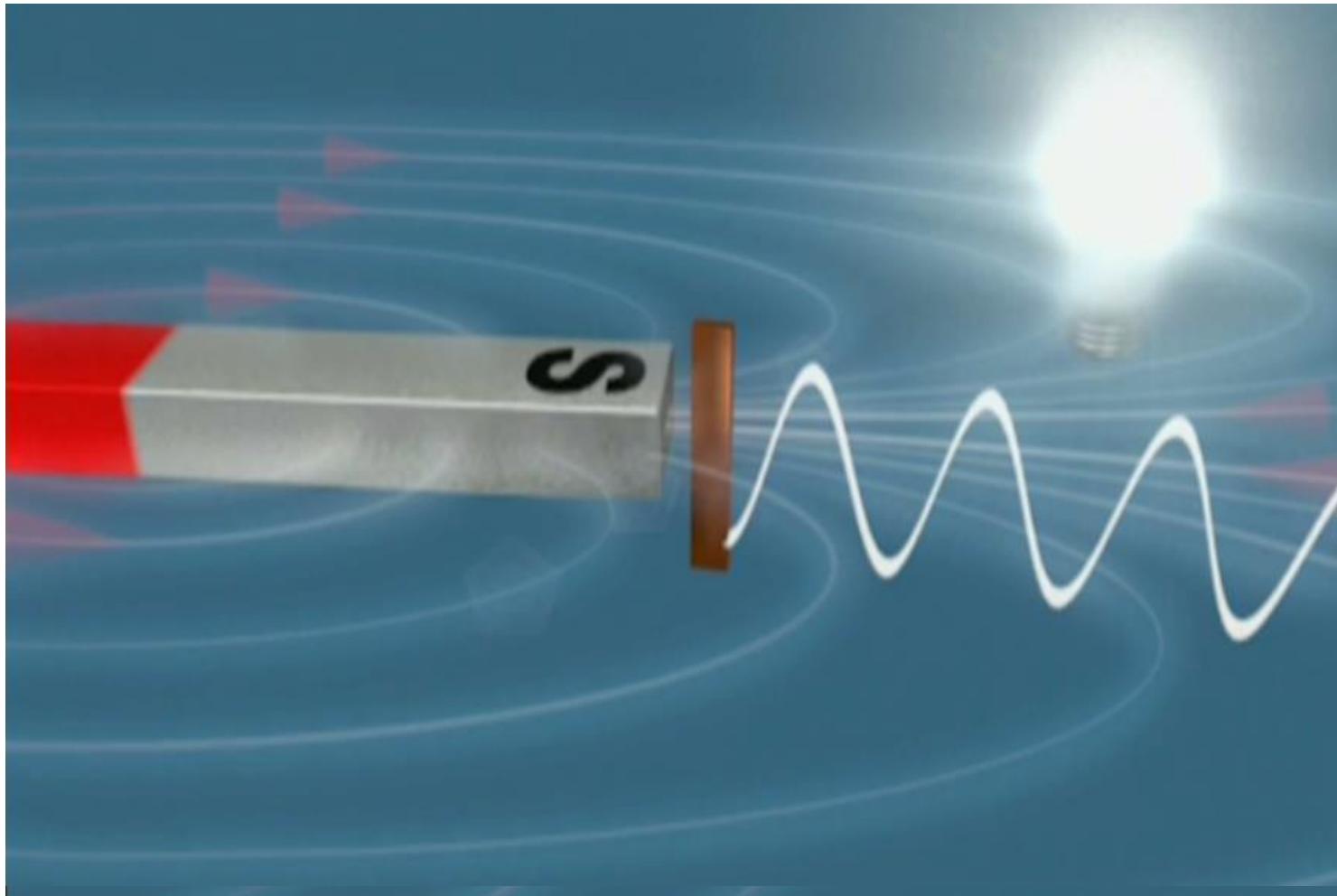
**En CA, le sens de déplacement des électrons s'inverse à une cadence régulière.**

- C'est en courant alternatif qu'Hydro-Québec produit, transporte et distribue l'électricité.



## Le courant alternatif (CA)

Le CA est produit par le mouvement des électroaimants dans les alternateurs



## Le courant alternatif (CA)

### Quelques applications du courant alternatif :

- Transport et distribution de l'électricité
- Transformation de l'électricité (transformateurs, postes)
- Majorité des moteurs industriels
- Haut-parleurs – Transmission de signaux analogiques
- Télécommunications



# 1<sup>re</sup> PARTIE : L'ÉLECTRICITÉ

Les conducteurs et les isolants

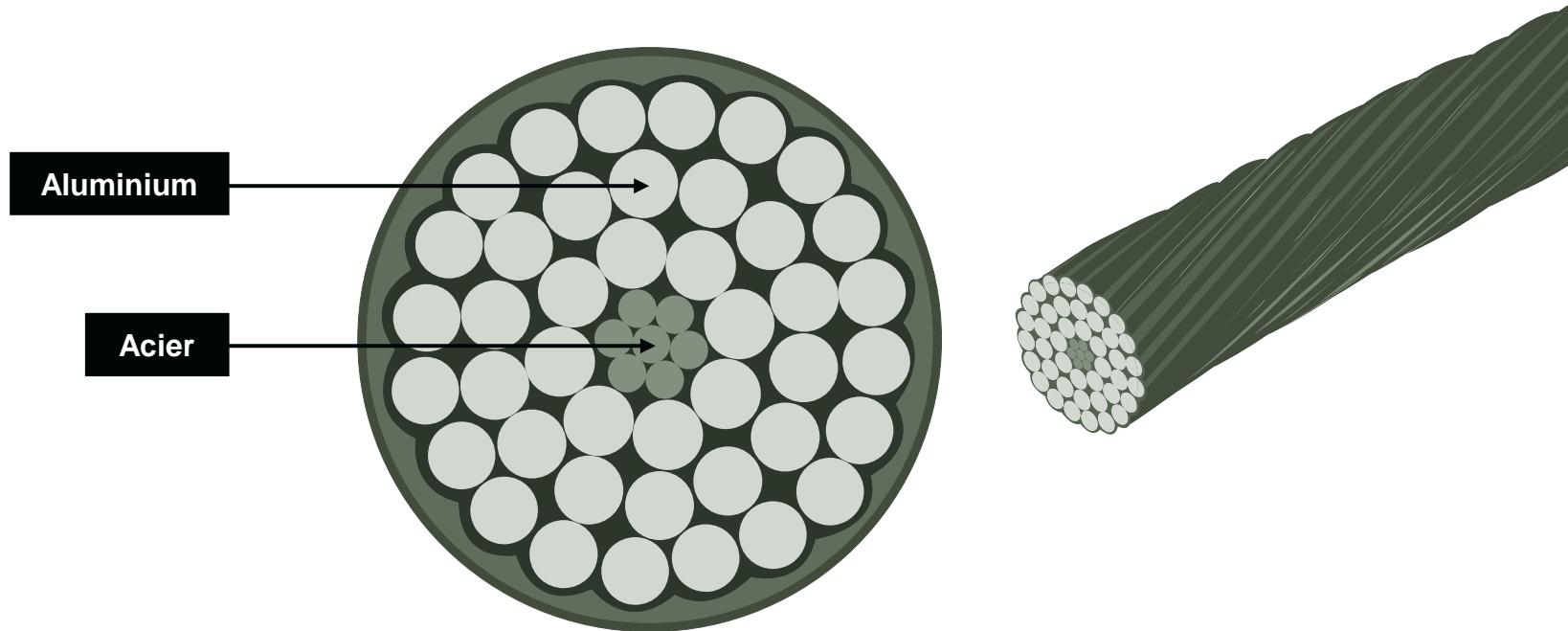
# Matériaux conducteurs et isolants

## Certains matériaux conduisent mieux l'électricité que d'autres.

- La conductibilité est fonction de la structure atomique du matériau.
- Podium des meilleurs conducteurs
  - Argent
  - Cuivre (Utilisé dans les centrales)
  - Or
  - Aluminium (Lignes de transmission)
- Les isolants sont formés de molécules dont les électrons sont stables.
  - Exemples : la porcelaine des isolateurs, l'huile, le verre et le plastique.

## Les conducteurs

- Conducteurs en aluminium-acier pour les lignes de transport
- Conducteurs en cuivre dans les alternateurs et les mises à la terre



# Matériaux conducteurs et isolants

## Classification des matériaux :

Bon conducteurs	Conducteurs résistifs	Isolants
Aluminium	Carbone	Air sec
Argent	Eau salée	Amiante
Bronze	Fer	Caoutchouc
Carbone	Fonte	Coton
Cuivre	Manganine	Huile
Laiton	Molybdène	Mica
Mercure	Nichrome	Papier
Or	Tungstène	Plastique
Tungstène	Zinc	Porcelaine



# 1<sup>re</sup> PARTIE : L'ÉLECTRICITÉ

Les unités et les formules

## Le système international (SI)

# Préfixes

Kilo (k) X 1 000

Méga (M) X 1 000 000

Giga (G) X 1 000 000 000

Téra (T) X 1 000 000 000 000

## Exemples d'équivalence

$$1000 \text{ MW} = 1\,000\,000 \text{ kW}$$

$$11,5 \text{ TWh} = 11,5 \text{ milliards de kWh}$$

# Le système international (SI)

## Exemple

- Exemple : En considérant que la centrale Robert-Bourassa est à production nominale depuis sa mise en service en 1979, combien a-t-elle produit d'énergie jusqu'à aujourd'hui?
  - 37.2 TWh / année
  - 43 années de service
  - $37.2 \text{ TWh / années} \times 43 \text{ années} = 1\,600 \text{ TWh}$
  - Ou encore :
    - 1 600 000 000 000 000 wattheures
    - 1 600 000 000 000 kilowattheures
    - 1 600 000 000 mégawattheures
    - 1 600 000 gigawattheures
  - Ou encore:
    - 1 600 millions de mégawattheures

# Pression, débit et puissance

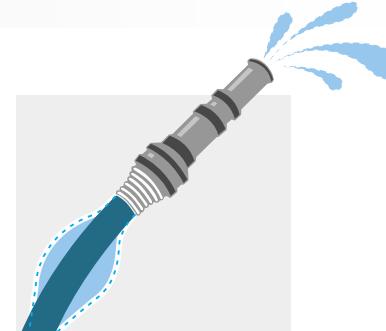
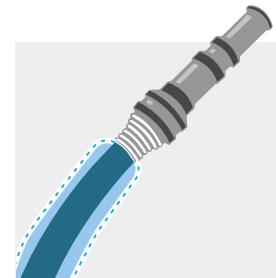
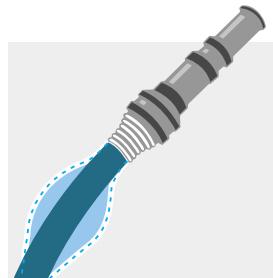
L'analogie avec le tuyau d'arrosage illustre les relations entre les différentes unités de mesure.

Eau

Pression

Débit

Pression x Débit



Électricité

Tension (V)

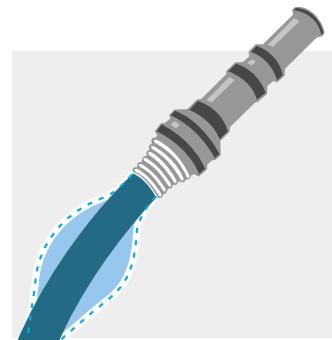
Courant (A)

Tension x Courant = Puissance (W)

## La tension

Elle est mesurée en **volts (V)**.

- C'est la force qui provoque le déplacement des électrons présents dans les conducteurs.
- Dans l'exemple du tuyau d'arrosage, la tension correspond à la pression de l'eau.



## La tension

**3,7V**



**12V**



**120V**

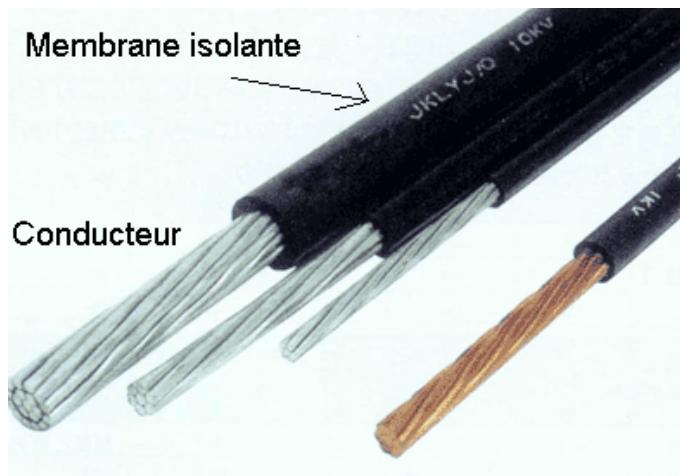


**735 000V**



## La tension justifie l'isolation

- Si l'isolation du conducteur n'est pas suffisante, la tension fera claquer l'isolant, et un arc électrique pourrait se produire.
- Par analogie, si la pression est trop grande et que le tuyau est trop mince, il se brisera et il y aura une fuite d'eau.

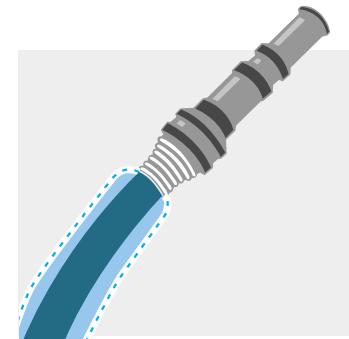


### Claquage d'un isolant (l'air)



## Il est mesuré en ampères (A).

- C'est la quantité d'électrons franchissant un point donné d'un conducteur en un temps donné.
- Dans l'exemple du tuyau d'arrosage, le courant correspond au débit.
- Un courant d'un ampère équivaut au déplacement d'un Coulomb (unité de charge) par seconde.
- Un Coulomb (C) correspond à  $6.2 \times 10^{18}$  électrons! C'est énorme! C'est 6 200 000 000 000 000 électrons!! Si chacun de ces électrons correspondait à un grain de riz, et sachant qu'on peut mettre 200 grains de riz dans 5 mL, un Coulomb correspondait à un convoi de 14 000 000 camions, soit 9.6 fois le tour de la terre!!! Et on parle ici d'un seul Coulomb!



## La section des conducteurs

**Le courant détermine la section (grosseur) du conducteur.**

En règle générale, plus le **courant** est élevé, plus le conducteur doit être gros (penser au tuyau d'arrosage ou d'incendie).

Tuyau d'arrosage



Tuyau d'incendie



## La puissance

### Elle est mesurée en watts (W).

C'est la quantité d'énergie produite, consommée ou transportée à un instant donné.

- Puissance = Tension x Intensité
- $P = U \times I$
- $W = V \times A$
- Exemple :  $100 \text{ W} = 1 \text{ V} \times 100 \text{ A}$   
 $10 \text{ V} \times 10 \text{ A}$   
 $20 \text{ V} \times 5 \text{ A}$   
...

### La puissance électrique expliquée par analogie avec le tuyau d'arrosage

- Peu de **pression** et peu de débit : peu de puissance
- Beaucoup de **pression** et peu de débit : puissance moyenne
- Peu de **pression** et beaucoup de débit : puissance moyenne
- Beaucoup de **pression** et beaucoup de débit : beaucoup de puissance

## La puissance – Analogie

Pendant ce temps, à Oppin:



## Le courant – Équivalences

$$P = U \times I \rightarrow I = P/U$$



$$13 \text{ W à 120 V} = 0,11 \text{ A}$$



$$100 \text{ W à 120V} = 0,83 \text{ A}$$



$$1\,600 \text{ W à 120V} = 13,33 \text{ A}$$

**Elle est mesurée en **wattheures (Wh)**. D'autres unités sont aussi utilisées.**

Elle correspond à une puissance consommée pendant un temps donné.

• Exemple :  $1\ 000\ \text{Wh} = 1\ \text{kWh} = 1\ 000\ \text{W} \times 1\ \text{h}$

$$100\ \text{W} \times 10\ \text{h}$$

$$50\ \text{W} \times 20\ \text{h}$$

$$E = P \times t$$

• Exemple : L'aménagement Robert-Bourassa, à la Baie-James, produit annuellement **37.2 milliards de kilowattheures**. Cela veut dire, pour un micro-ondes de **1000 W** :

÷ 24 h/j

÷ 365 j/an

$37\ 200\ 000\ 000\ \text{kWh} / 1\ \text{kW} = 37\ 200\ 000\ 000\ \text{heures} = 1\ 550\ 000\ 000\ \text{jours} = 4\ 250\ 000\ \text{années}$

En une année, l'aménagement Robert-Bourassa produit donc assez d'énergie pour faire fonctionner un micro-ondes de **1000 W** pendant **4,2 millions d'années!**

# L'énergie – Équivalences

$$P \times t = E$$



13 W pendant 77 h = 1 001 Wh = 1 kWh



100 W pendant 10 h = 1 000 Wh = 1 kWh



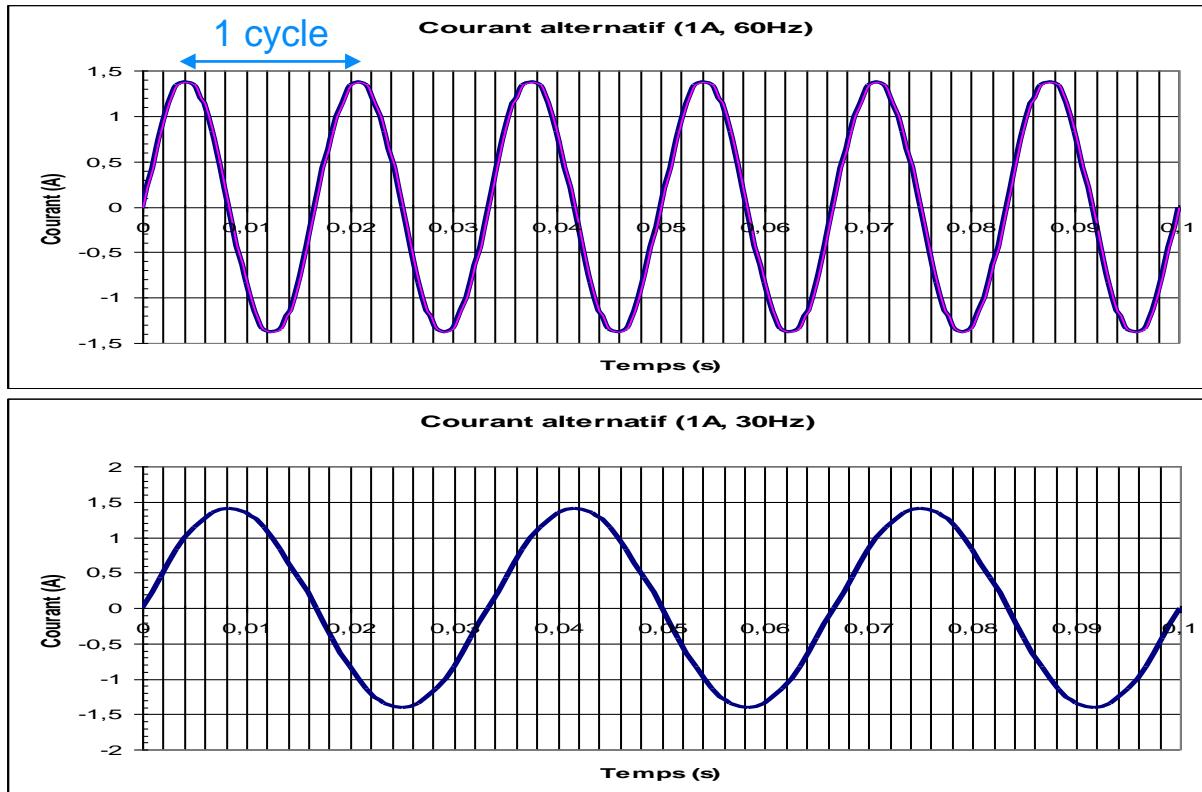
ou 0,625 h

1 600 W pendant 37,5 min = 1 000 Wh = 1 kWh

# La fréquence

Elle est mesurée en hertz (Hz).

- Caractéristique du courant alternatif, elle correspond à la cadence d'oscillation du courant.
- 1 Hz = une oscillation par seconde.



# La résistance

**On peut assimiler la résistance d'un conducteur à la facilité avec laquelle le courant circule dans celui-ci.**

La résistance d'un conducteur est fonction de trois paramètres :

- Sa longueur (L) ;
- Sa section (S) ;
- Sa résistivité (r).



- Pour le cuivre:  $r = 0,000000017 \Omega\text{m}$
- Pour l'aluminium:  $r = 0,000000027 \Omega\text{m}$

Si:  $S = 0,0004 \text{ m}^2$  (fil de 2,25 cm de diamètre)  
 $L = 100 \text{ km}$

Pour le fil de cuivre:  $R = 4,25 \Omega$

Pour le fil d'aluminium:  $R = 6,75 \Omega$

### Comment calculer les ampères sur une ligne de transport:

- Ligne 735kV, 2200MW
- $P = U \times I$
- Donc  $I = P / U$
- Donc  $2\,200\,000\,000\,W / 735\,000\,V = 2293$  Ampères
- Pour avoir le courant par phase on doit diviser par racine carré de 3
- 1728 ampère.
  
- Les pertes en joules ( échauffement )
- Puissance perdues = Résistance X intensité du courant au carré.
- $P = R \times I \times I$
- Si la résistance par phase sur 1000km de ligne est de 50 ohms
- $P = 50 \times 1728 \times 1728 = 150\,MW$  ou environ 7%

## QUESTION :

---

**Pourquoi élève-t-on la tension  
à la sortie des centrales ?**

## Pertes en joules:

- Ce qu'il faut retenir, c'est que les pertes sont équivalentes au carré du nombre d'ampères ou de l'intensité du courant électrique.
- Règle générale, si double les ampères, on multiplie par 4 les pertes.
- Si on augmente la tension de 315 kV à 735 kV
- $2\ 200\ \text{MW} / 315\ \text{kV} / \sqrt{3} = 4\ 032\ \text{A}$   $\longrightarrow$  Pertes de  $50\ \Omega \times (4\ 032\ \text{A})^2 = 812\ \text{MW}$
- $2\ 200\ \text{MW} / 735\ \text{kV} / \sqrt{3} = 1\ 728\ \text{A}$   $\longrightarrow$  Pertes de  $50\ \Omega \times (1\ 728\ \text{A})^2 = 150\ \text{MW}$
- Si on diminue de moitié la puissance transité par la ligne
- $1\ 100\text{MW} / 735\ \text{kV} / \sqrt{3} = 785\ \text{A}$  = la moitié des ampères.
- Les pertes seront maintenant de:
- $50\ \Omega \times 785\ \text{A} \times 785\ \text{A} = 30\ \text{MW}$  au lieu de 150.

**L'électricité peut être caractérisée et mesurée.**

**Grandeurs et unités usuelles :**

- La tension : mesurée en volts (V)
- Le courant : mesuré en ampères (A)
- La puissance : mesurée en watts (W)
- L'énergie : mesurée en wattheures (Wh)
- La fréquence : mesurée en hertz (Hz)
- La résistance : mesurée en Ohm ( $\Omega$ )

### Plusieurs lois et formules décrivent l'électricité :

#### La plus utilisée : La loi d'Ohm

- La loi d'Ohm stipule que la chute de tension entre deux points d'un circuit correspond au produit du courant circulant dans cette branche du circuit et de la résistance totale de cette même branche.
- $U=RI$

Par exemple, si dans une branche d'un circuit circule un courant de 10 A, et que la résistance est de  $24 \Omega$ , alors la chute de tension aux bornes de cette branche est de  $10 \times 24 = 240$  V.

En d'autres mots, si ce circuit est en fait un élément chauffant (calorifère), et qu'il a besoin d'un courant de 10 A pour chauffer, on doit le connecter à une source de 240 V.

Plusieurs lois et formules décrivent l'électricité :

Résumé des lois et équations :

**TENSION = RÉSISTANCE X COURANT**  
 $U = R \times I$

**PUISANCE = TENSION X COURANT**  
 $P = U \times I$

**ÉNERGIE = PUISSANCE X TEMPS**  
 $E = P \times t$

# NOTIONS FONDAMENTALES

Électromagnétisme et induction

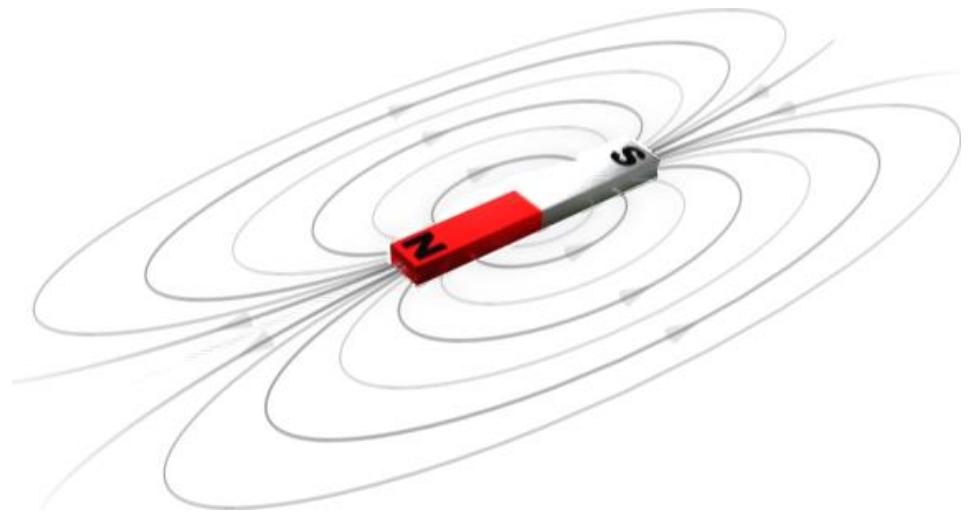
# Électromagnétisme

**Deux grandes lois (Ampère et Faraday) décrivent 4 principes en magnétisme (Nous nous intéressons plus à trois d'entre eux) :**

- Principe 1: Création d'un champ magnétique par un courant
- Principe 2: Force exercée sur un courant placé dans un champ magnétique
- Principe 3: Déplacement d'un conducteur dans un champ magnétique, induction d'une tension
- Principe 4: Variation du champ magnétique à l'intérieur d'une boucle, induction d'une tension
  
- A retenir: pour avoir induction de courant, un conducteur doit être soumis à une **variation de l'intensité de champ magnétique**

# Magnétisme

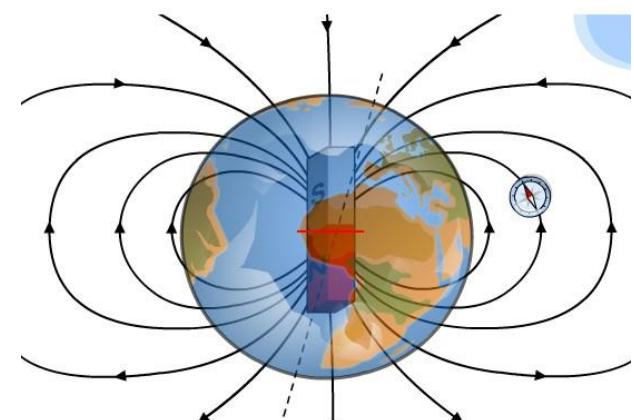
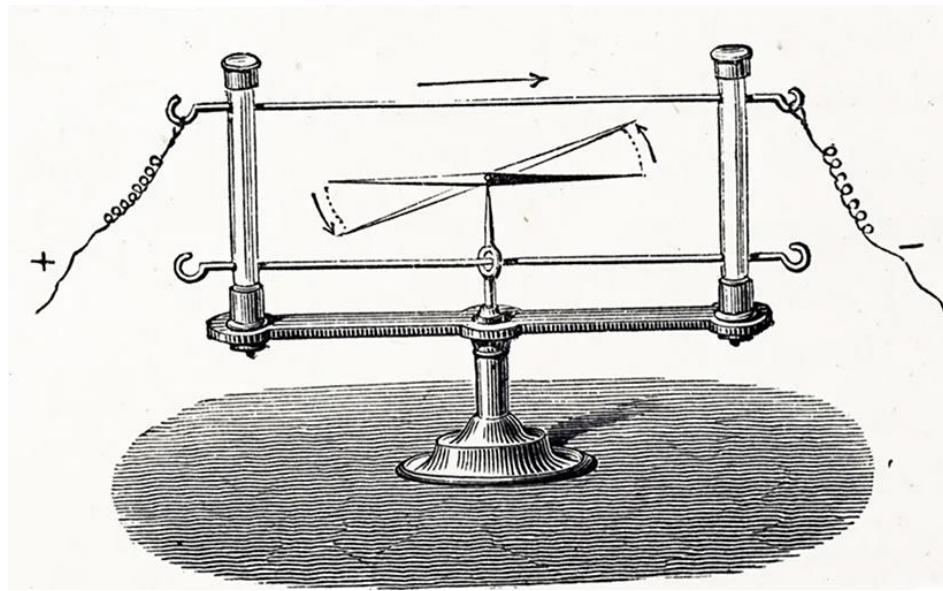
- Aimant naturel : Minéral qui interagie avec les matériaux l'entourant, en les repoussant ou les attirant.



- On peut recréer l'effet d'un aimant naturel grâce à l'électricité

# Magnétisme

**Observation: Si on déplace une boussole le long d'un fil parcouru par un courant, on observe que l'aiguille s'oriente toujours perpendiculairement à celui-ci, tout comme une boussole s'oriente toujours perpendiculairement aux lignes du champ magnétique terrestre.**



# Électromagnétisme

**Électromagnétisme : Un courant circulant dans un conducteur induit un champ magnétique autour de celui-ci**

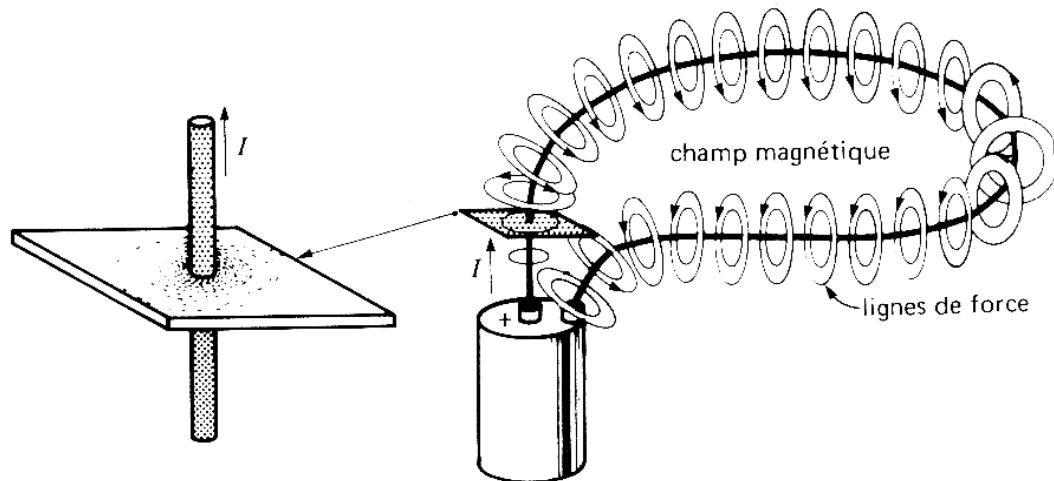
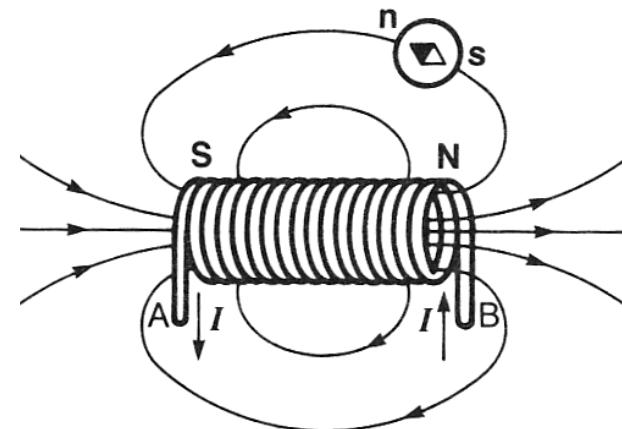
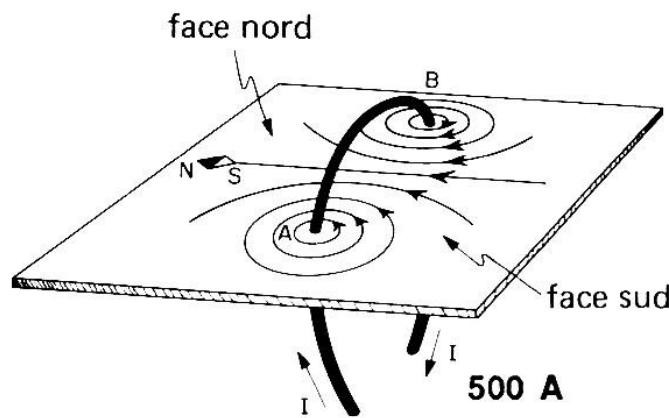
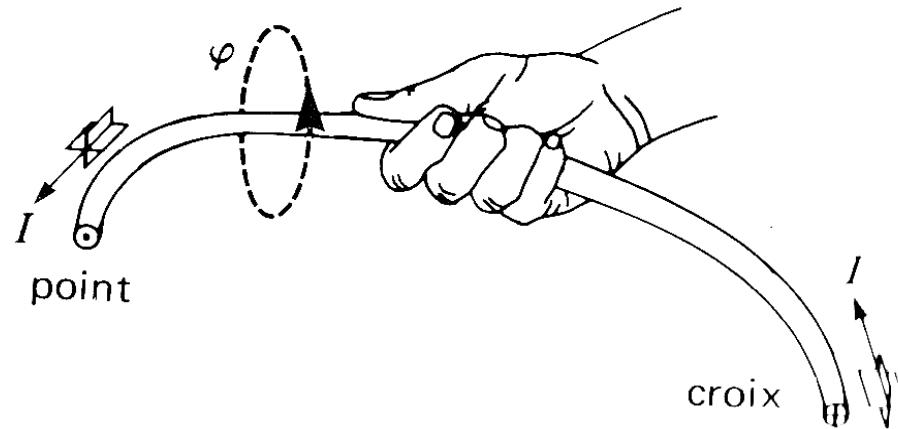


Figure 13-2

Les lignes de force autour d'un conducteur forment des cercles fermés. La nature de ce champ magnétique est révélée par la limaille de fer.

# Électromagnétisme

On peut diriger et concentrer ce champ magnétique :



# Solénoïde

**On appelle solénoïde un enroulement de fils en hélice formant une bobine longue.**

- Tout comme pour l'aimant naturel, on appelle pôle Nord l'extrémité du solénoïde par laquelle les lignes de force du champ magnétique sortent, et pôle Sud l'extrémité par laquelle elles entrent

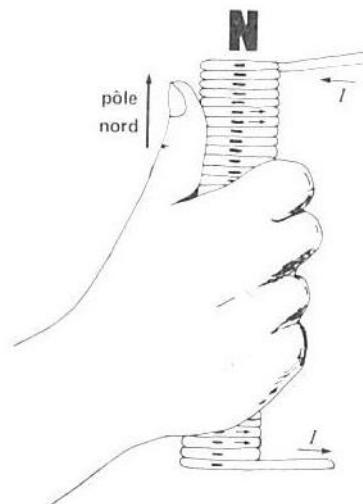


Figure 13-14  
Méthode simple pour trouver le pôle nord d'un solénoïde.

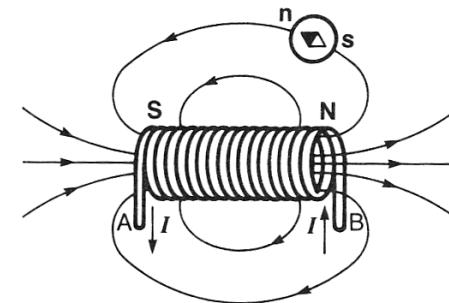
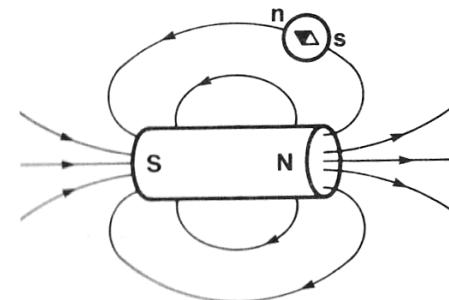


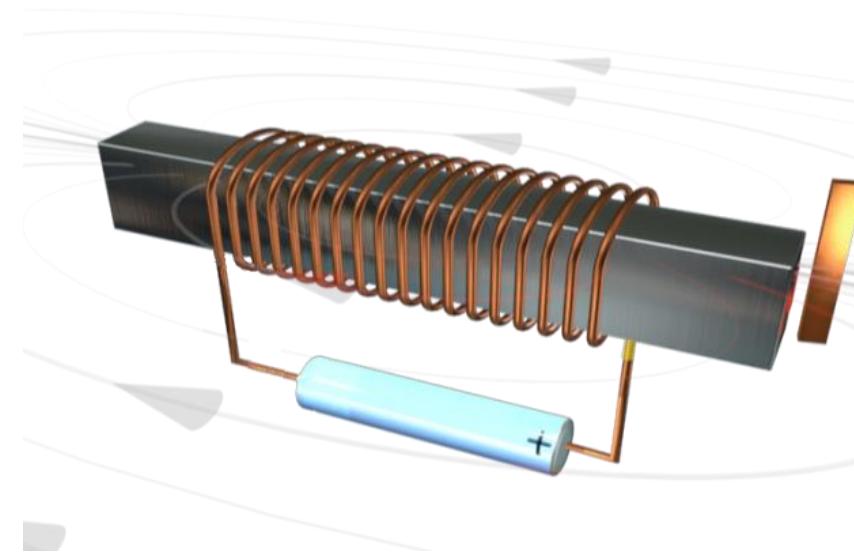
Figure 13-12  
Champ magnétique créé par un solénoïde.



# Électroaimant

**L'électroaimant agit de la même façon qu'un aimant naturel, mais on peut la contrôler.**

- Enroulement de fils, généralement autour d'un noyau ferromagnétique
- Courant circulant dans le bobinage

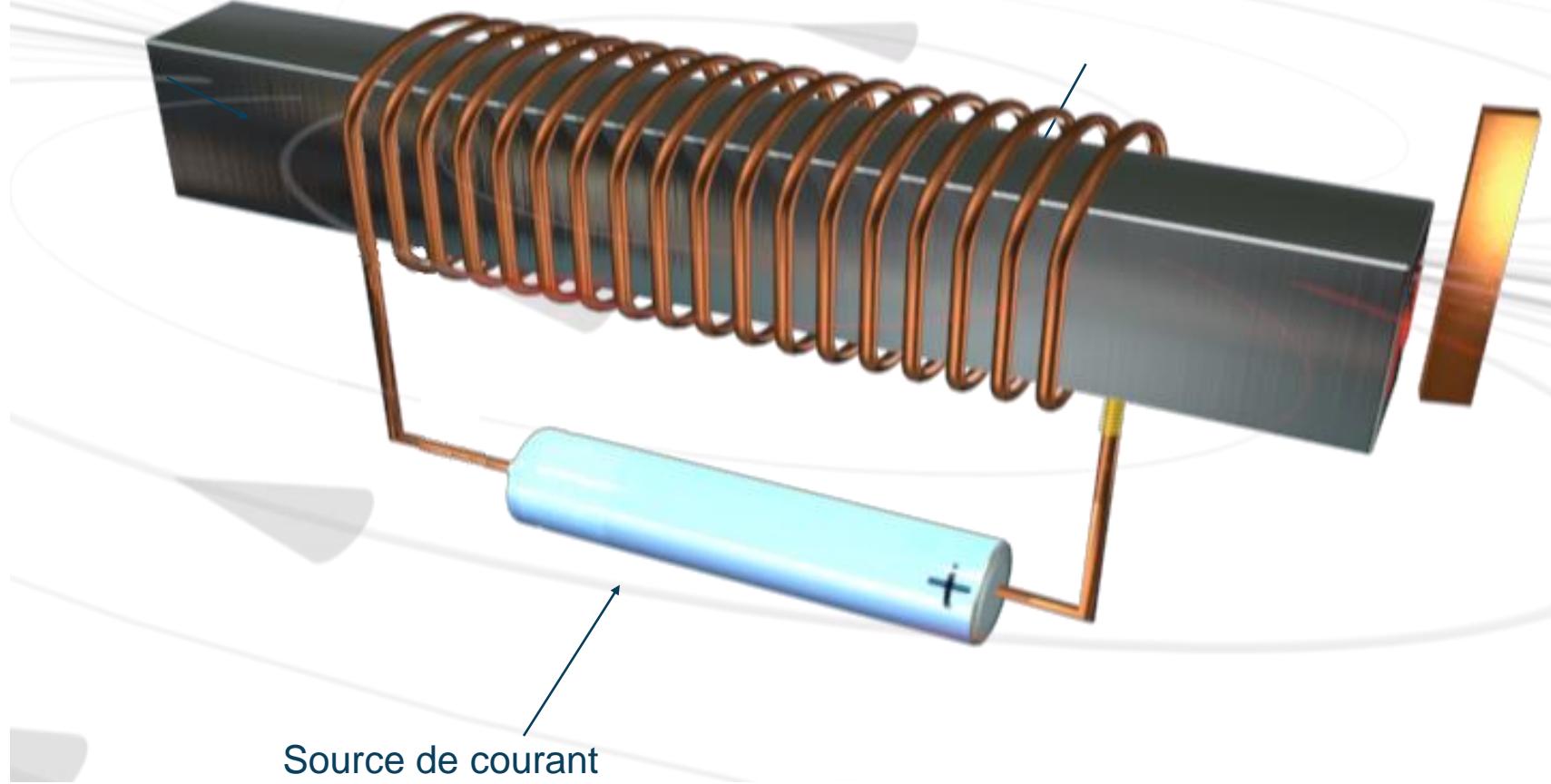


# Électroaimant

Noyau de fer

Enroulement de fils

Source de courant



# Induction

## Lorsqu'on déplace un aimant

- Les principes de base 3 et 4 mentionnent :
  - Déplacement d'un conducteur dans un champ magnétique, induction d'une tension
  - Variation du champ magnétique à l'intérieur d'une boucle, induction d'une tension
- Dans un alternateur, les aimants de déplacent

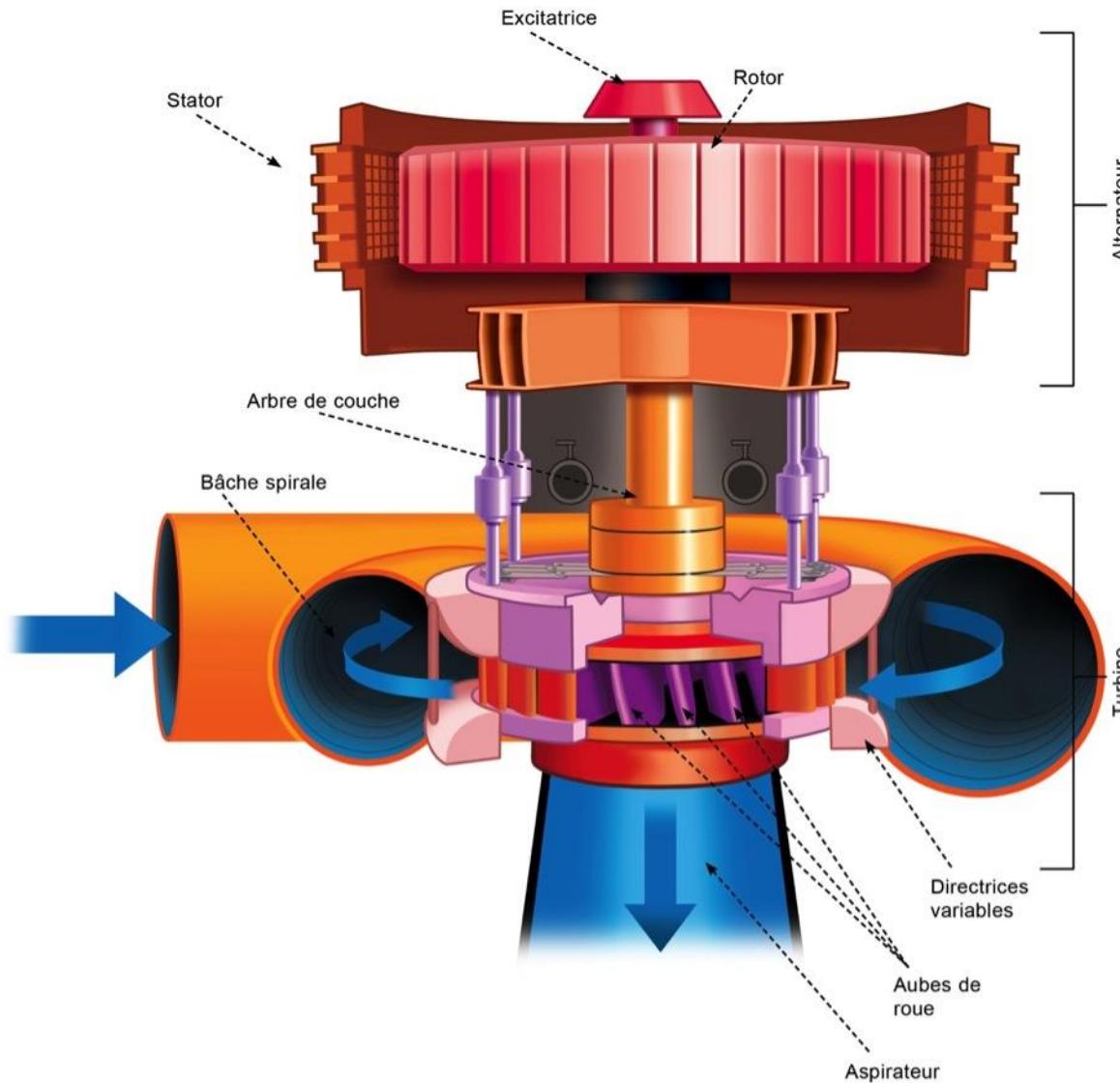


A photograph of a waterfall, likely Niagara Falls, showing the Horseshoe Falls. In the background, the Canadian side of the falls is visible with a bridge and a tall, white, cylindrical lighthouse. The water is turbulent and white, crashing against the rocks. The sky is clear and blue.

# APPLICATION DES NOTIONS

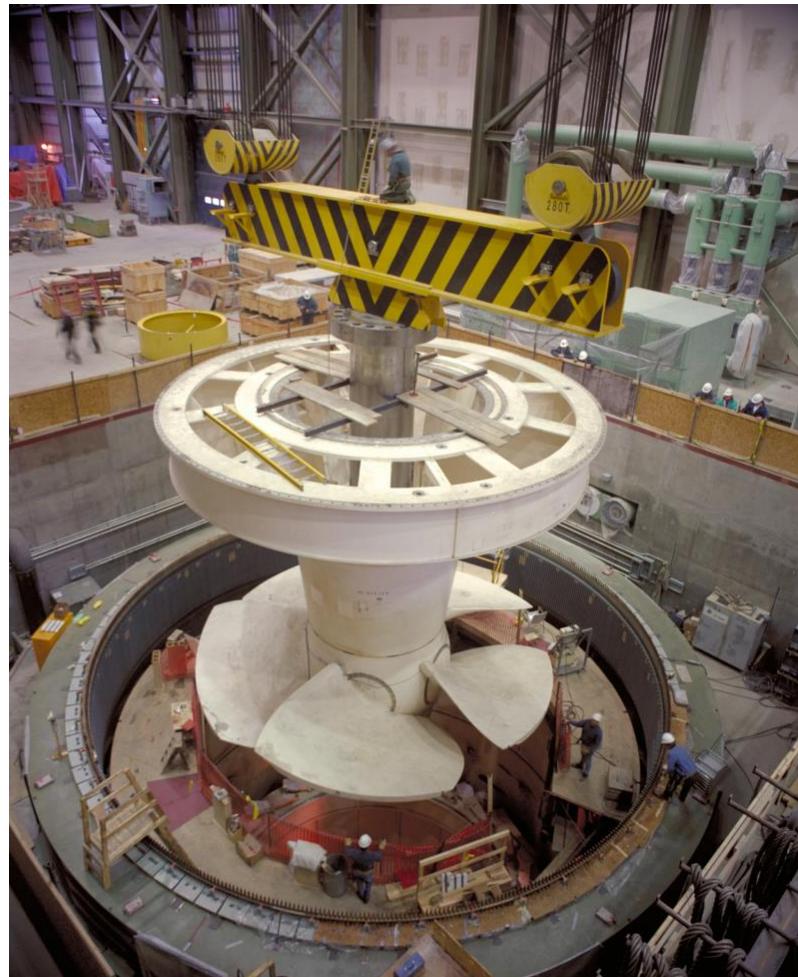
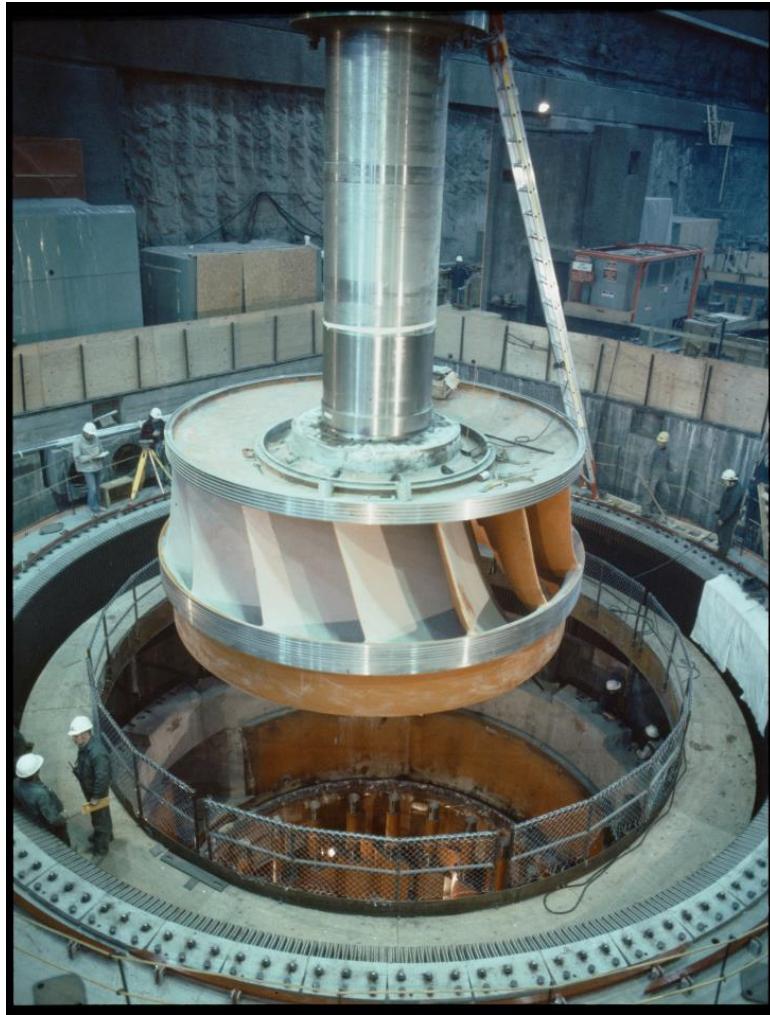
La production d'électricité

# Le groupe turbine-alternateur



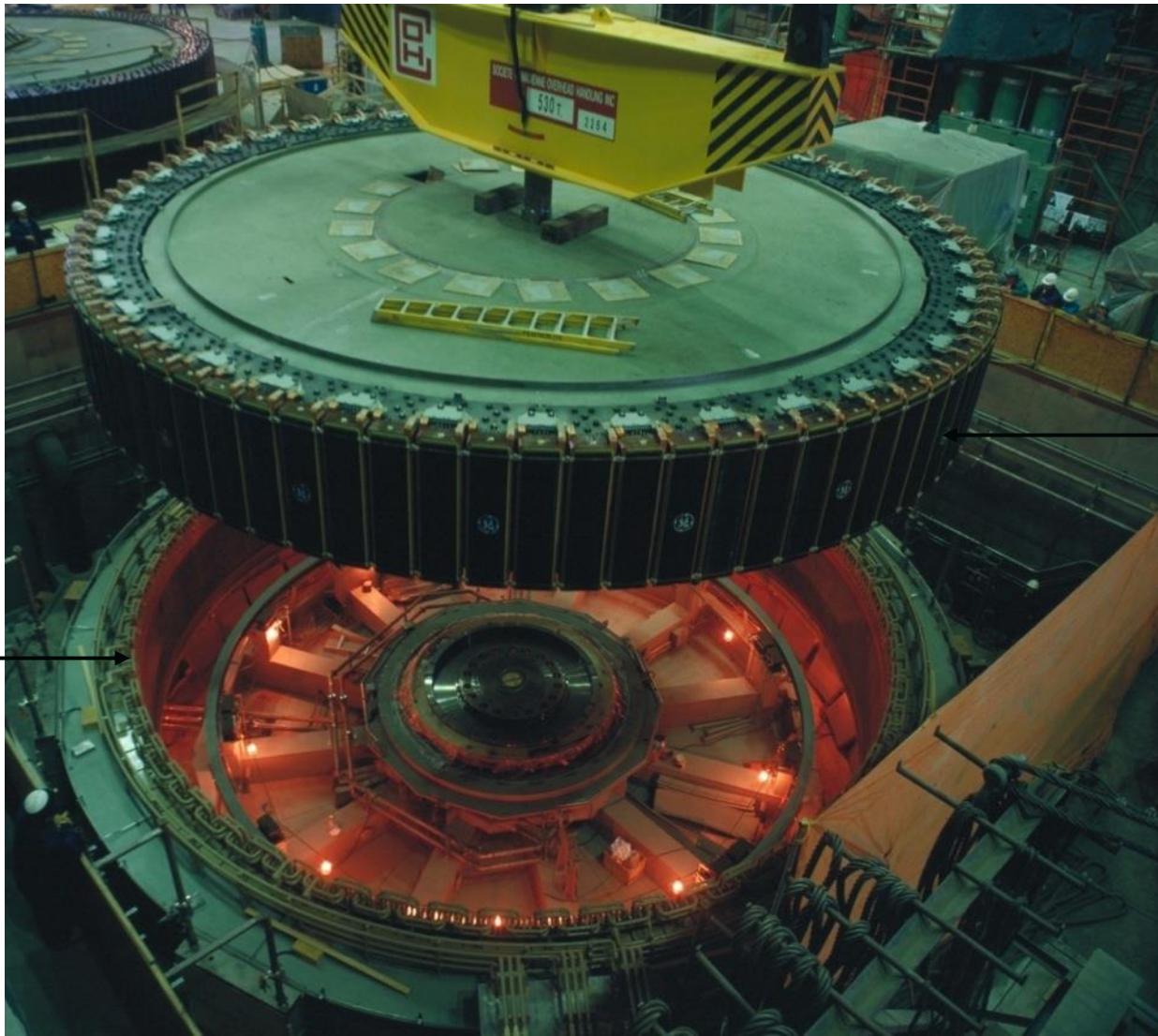
# Les roues d'eau

## Francis



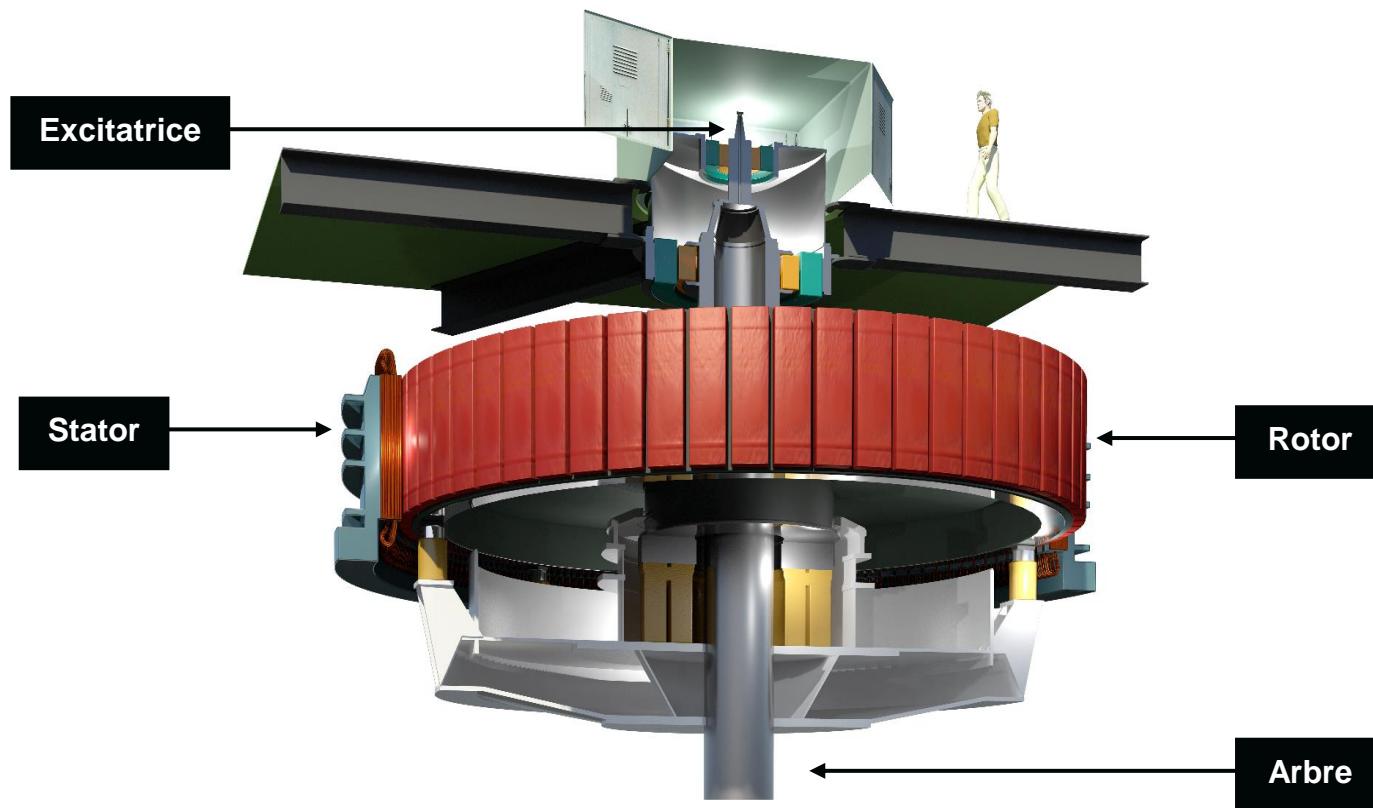
## Kaplan

# L'alternateur



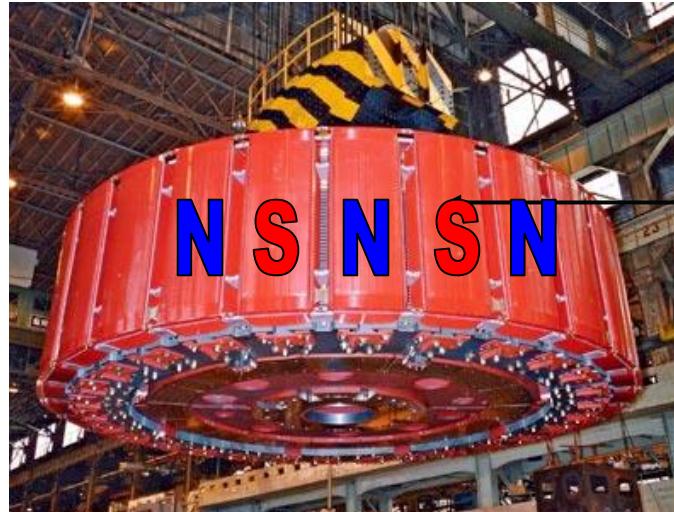
# L'alternateur

**Le rotor, composé de paires de pôles, tourne à l'intérieur du stator, composé de barres de cuivre, faisant varier le champ magnétique dans celui-ci.**



## Principe de fonctionnement

- Les électroaimants sont disposés sur le rotor avec leurs pôles alternés.
- Le champ magnétique de ces électroaimants crée la force qui fait bouger les électrons dans le stator, et la rotation du rotor crée la variation du champ magnétique nécessaire à la production d'électricité.
- Il faut deux pôles, un nord et un sud, pour chaque cycle. Il y a donc 120 pôles d'aimants qui doivent passer devant chaque barre de cuivre, à chaque seconde, pour que le courant respecte la fréquence de 60 Hz



Rotor

## La puissance de l'alternateur

- Deux facteurs influencent la puissance d'une centrale
  - La hauteur de chute
  - Le débit de l'eau
- La hauteur de chute influence directement la vitesse de rotation, et par le fait même le nombre de pôle sur le rotor.

Centrale	Hauteur de chute	Vitesse de rotation	Nombre de pôle
SM3	330 m	257,1 RPM	28
Toulnustouc	164 m	200 RPM	36
Manic-5	150 m	180 RPM	40
Robert- Bourassa	137,5 m	133,33 RPM	54
Manic-2	70 m	120 RPM	60
EM-1	63 m	105,9 RPM	68
EM-1-A	63 m	100 RPM	72
LG-1	27 m	85,7 RPM	84
Beauharnois	24 m	75 RPM	96

# La vitesse de rotation

## 60 Hz, tout le temps

- Afin de garder une fréquence de 60 Hz dans toutes ses installations, et d'ainsi garder le réseau synchronisé, Hydro-Québec doit s'assurer que la vitesse de rotation des rotors assure le passage de 120 pôles devant chaque barre de cuivre, à chaque seconde.
- Le calcul est toutefois très simple : La fréquence (f) correspond au produit du nombre de pôles par la vitesse de rotation, exprimée en tours par secondes.

$$f = n \times v$$

- Ainsi, si on prend l'exemple de la centrale Jean-Lesage :  
60 pôles sur le rotor X 2 tours/secondes = 120 pôles/secondes = 60 Hz
- De la même façon, avec la centrale Manic-5 :  
40 pôles sur le rotor X 3 tours/secondes = 120 pôles/secondes = 60 Hz
- Et avec la centrale Robert-Bourassa :  
54 pôles sur le rotor X 2.2221 tours/secondes = 120 pôles/secondes = 60 Hz

# La vitesse de rotation

## Tableau des vitesses possibles

Nb de pôles	Vitesse (rpm)	Nb de pôles	Vitesse (rpm)	Nb de pôles	Vitesse (rpm)
2	3600	42	171,4	82	87,8
4	1800	44	163,6	84	85,7
6	1200	46	156,5	86	83,7
8	900	48	150	88	81,8
10	720	50	144	90	80
12	600	52	138,5	92	78,3
14	514,3	54	133,3	94	76,6
16	450	56	128,6	96	75
18	400	58	124,1	98	73,5
20	360	60	120	100	72
22	327,3	62	116,1	102	70,6
24	300	64	112,5	104	69,2
26	276,9	66	109,1	106	67,9
28	257,1	68	105,9	108	66,7
30	240	70	102,9	110	65,5
32	225	72	100	112	64,3
34	211,8	74	97,3	114	63,2
36	200	76	94,7	116	62,1
38	189,5	78	92,3	118	61,0
40	180	80	90	120	60

# La vitesse de rotation

## Tous les alternateurs doivent tourner à la même vitesse

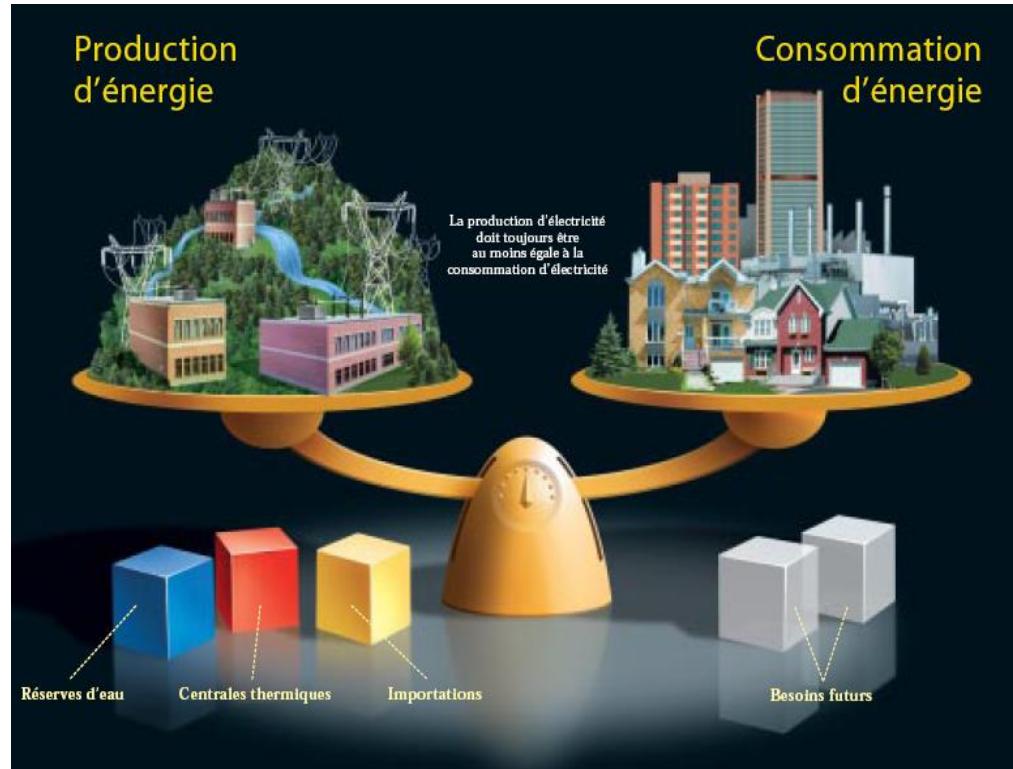
- Les alternateurs du réseau ne peuvent pas tourner plus ou moins vite.
- En d'autres mots, l'alternateur est « barré » sur la fréquence de 60 Hz. Cette fréquence est imposée par les autres alternateurs connectés sur le réseau.
- Analogie : Imaginez qu'un train utilise 3 locomotives. Toutes les locomotives doivent rouler à la même vitesse. Si une locomotive roule moins vite, elle devient une charge pour les deux autres, et si elle roule plus vite, elle est freinée par les deux autres. Dans le même sens, si un alternateur ralentit, il devient une charge sur le réseau.



# Une question d'équilibre

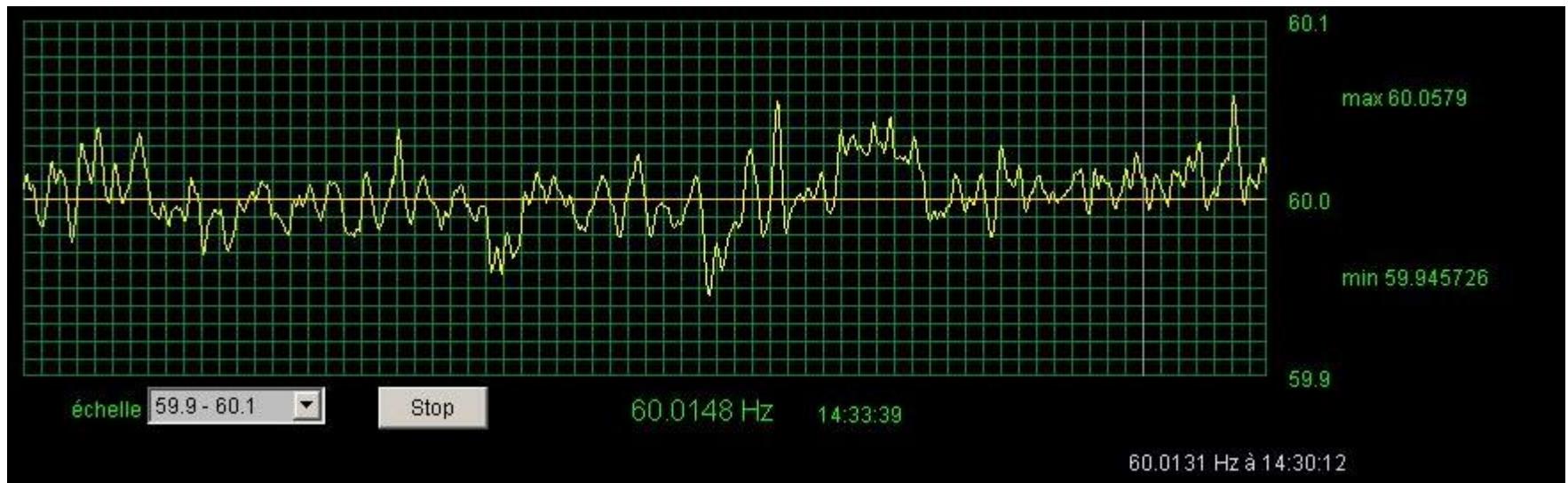
## RFP – Régulation Fréquence Puissance.

- On ne peut pas consommer plus ou moins d'électricité que ce qui est produit au même moment. L'inverse est aussi vrai. En d'autres mots, les lignes électriques ne permettent pas d'accumuler d'électricité.



## Une question d'équilibre

**Dans le réseau, la consommation varie ponctuellement au cours de la journée.**



## Une question d'équilibre

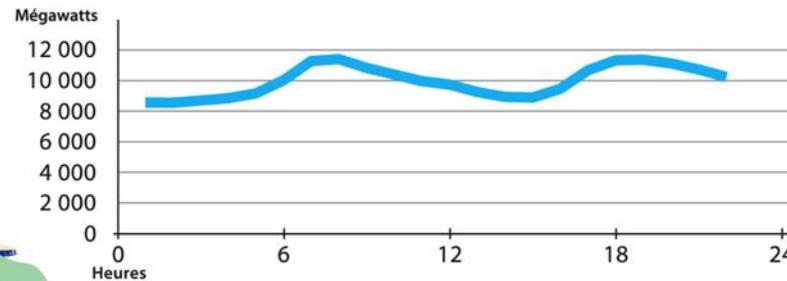


## Une question d'équilibre

**Dans le réseau, la consommation varie ponctuellement au cours de la journée.**

Les fluctuations quotidiennes de la demande d'électricité en 2008

Clientèles résidentielles – consommation moyenne en hiver

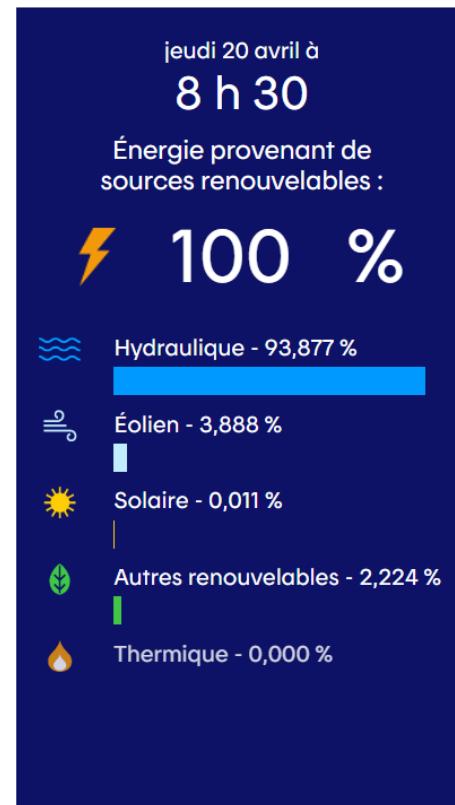


- La puissance fournie par les centrales varie instantanément en fonction de la demande.

# Une question d'équilibre

**Dans le réseau, la consommation varie ponctuellement au cours de la journée.**

L'approvisionnement du réseau principal en temps réel

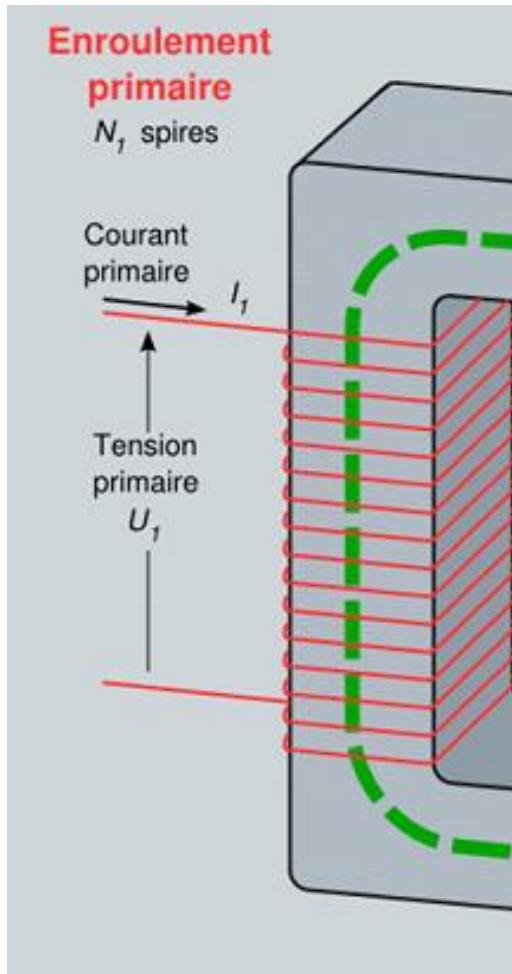




Transport de l'électricité

Le transformateur

## Le fonctionnement du transformateur – Flux magnétique

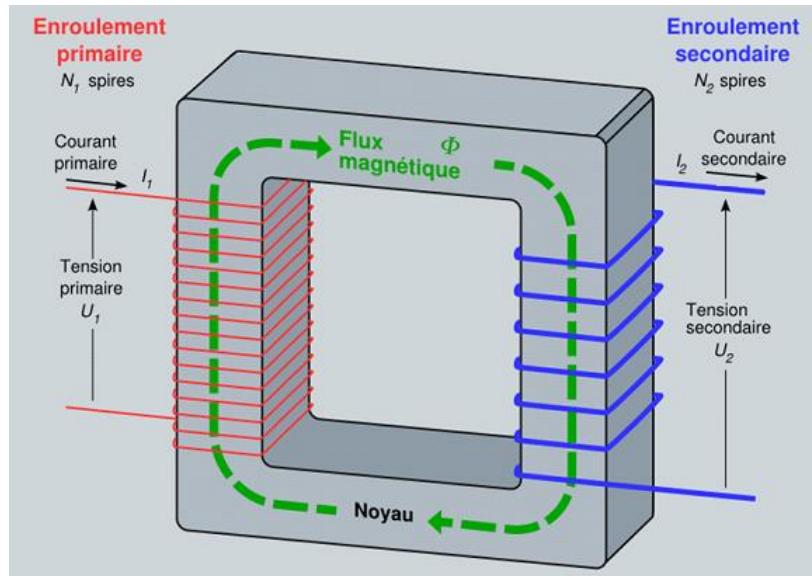


# Le transformateur

## 60 Hz, tout le temps

ENTRÉE

SORTIE



- $N$  corresponds au nombre de tours des enroulements
  - Si  $N_{\text{ primaire}} > N_{\text{ secondaire}}$ , la tension au secondaire sera plus petite que la tension au primaire
  - Si  $N_{\text{ primaire}} < N_{\text{ secondaire}}$ , la tension au secondaire sera plus grande que la tension au primaire

# Le transformateur

Ancien transformateur auxiliaire  
à Beauharnois



Transformateur de distribution



A photograph of a tall, light-colored electricity pylon standing in a green field. The pylon has a crossbar at the top and a vertical line running down its center. In the background, there are two tall, green cylindrical chimneys emitting white smoke, and a large industrial building. The sky is blue with some white clouds.

# Transport de l'électricité

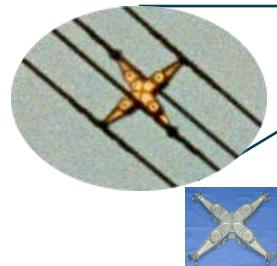
Le courant triphasé

# Le courant triphasé

## Le transport

- Le courant triphasé circule sur trois lignes. C'est donc pourquoi chaque ligne comporte trois faisceaux de conducteurs.

- Lignes de transport



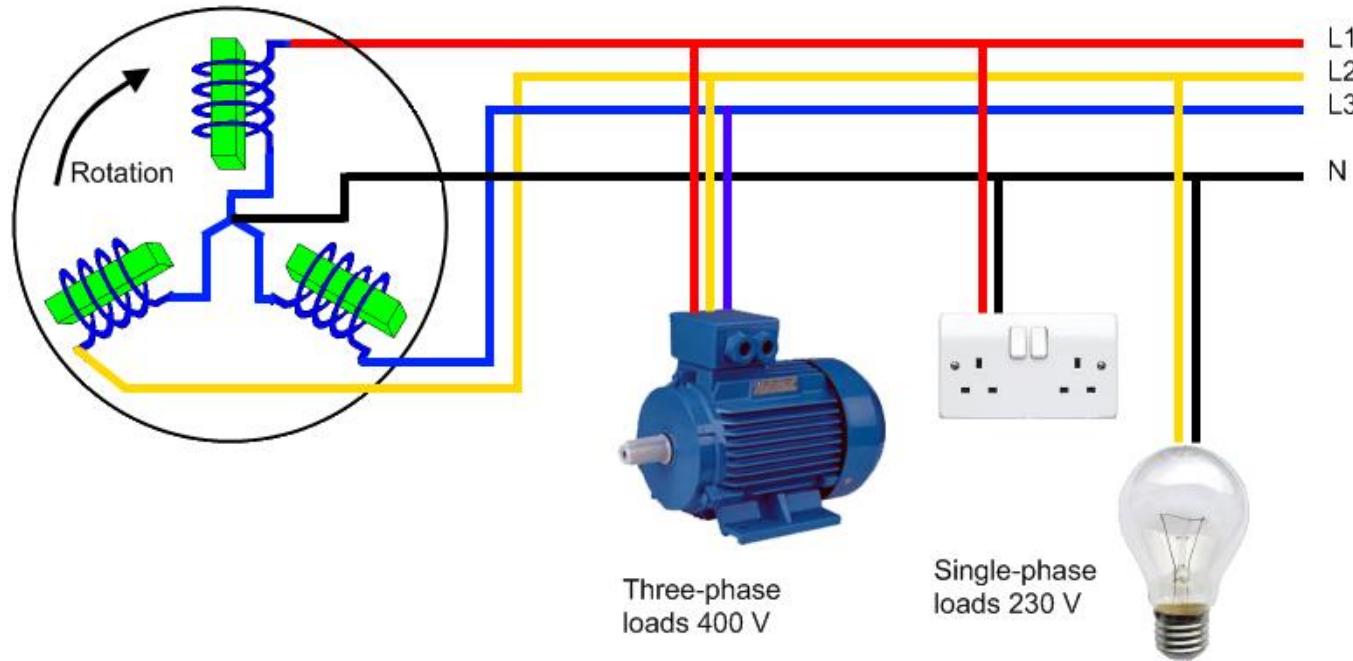
- Lignes de distribution



# Le courant triphasé

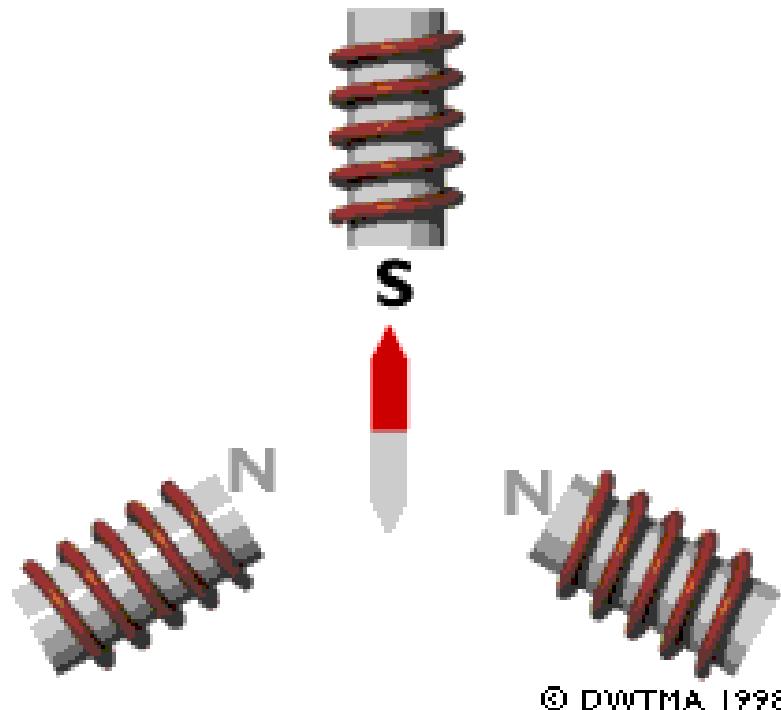
## Un standard

- Au Québec, tout comme dans le monde, le courant triphasé est un standard.
- En effet, pour une même puissance, les appareils triphasés sont moins coûteux et plus petits que les monophasés.



# Le courant triphasé

## La production



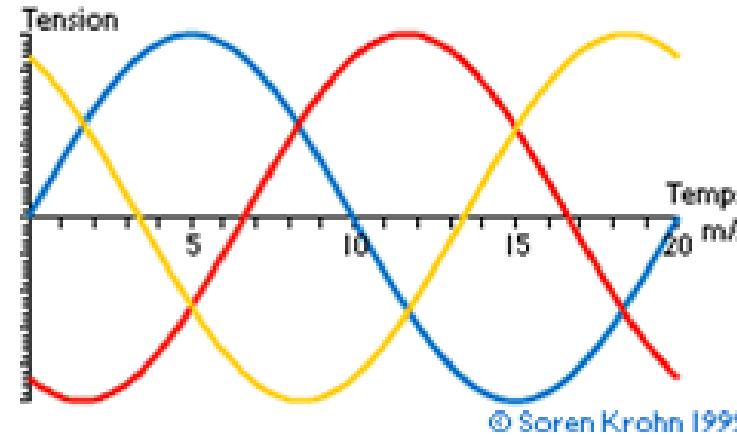
© DWTMA 1998

# Le courant triphasé

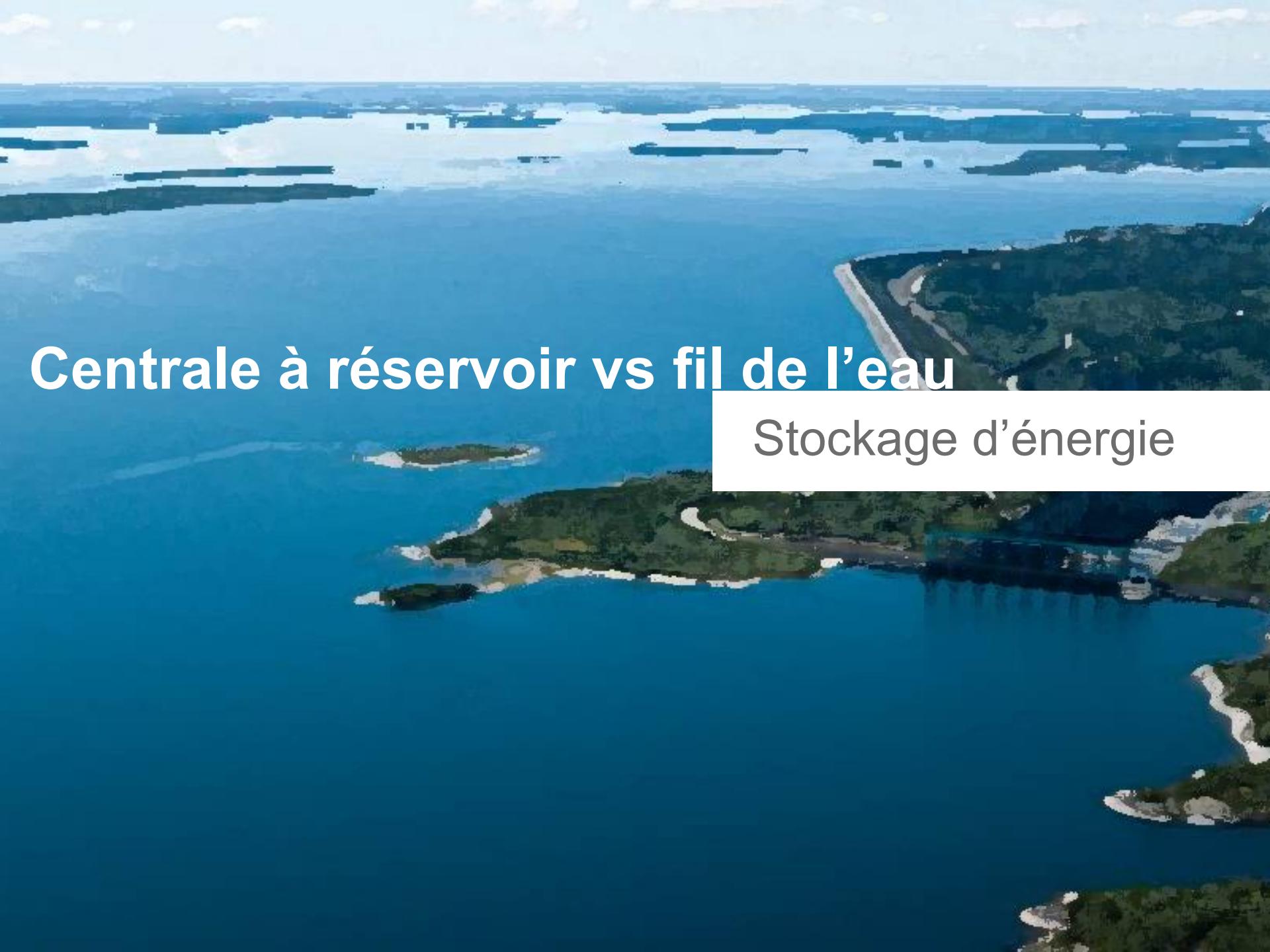
## Le fonctionnement

- Le courant triphasé circule sur trois lignes, ayant toutes la même tension maximale et la même fréquence.
- Les ondes des trois lignes sont toutefois décalées de  $120^\circ$ . En d'autres mots, à 60 Hz, le pic du signal B est atteint 5 ms après celui de la ligne A, et celui de la ligne C est atteint 5 ms après celui de la ligne B.

**3 phases = 3 fils qui ne se touchent pas**



- Avantages :
  - Pour une même puissance, nécessite deux fois moins de conducteurs qu'en monophasé
  - Diminution des CÉM

An aerial photograph of a large, deep blue reservoir. The water is calm, with several small, green, tree-covered islands scattered across it. In the upper right quadrant, a long, low dam extends into the water, with a small white building on top. The surrounding land is a mix of green vegetation and brown, rocky terrain. The sky is a clear, pale blue with a few wispy white clouds.

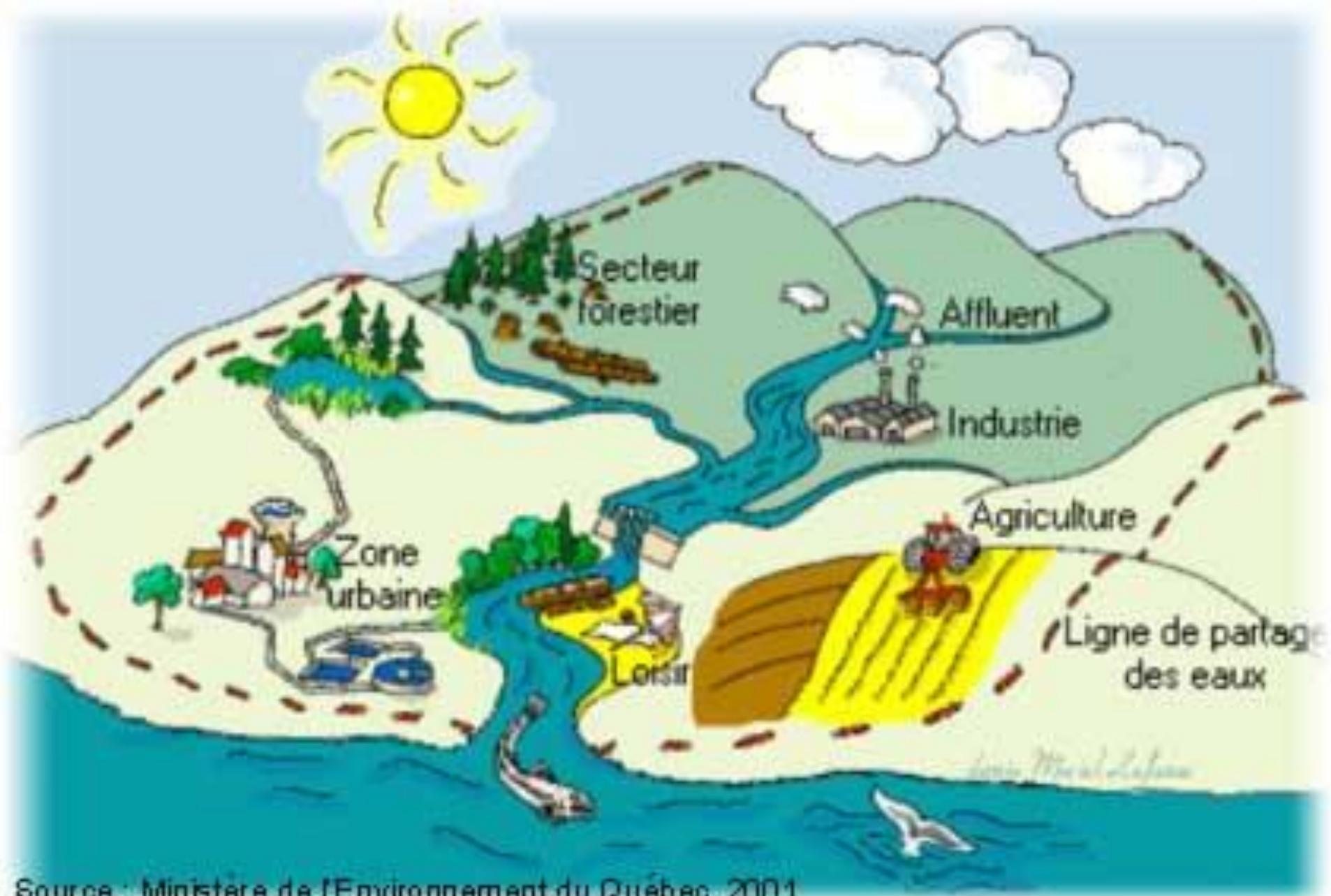
# Centrale à réservoir vs fil de l'eau

Stockage d'énergie









Source : Ministère de l'Environnement du Québec, 2001

## Gestion des bassins versants

- La **rivière des Outaouais** est le principal tributaire du fleuve Saint-Laurent. Son **bassin versant** s'étend en amont du lac des Deux Montagnes sur une superficie de 146 334 km<sup>2</sup>, dont 92 203 km<sup>2</sup> (65 %) se trouvent au Québec et le reste (35 %) en Ontario

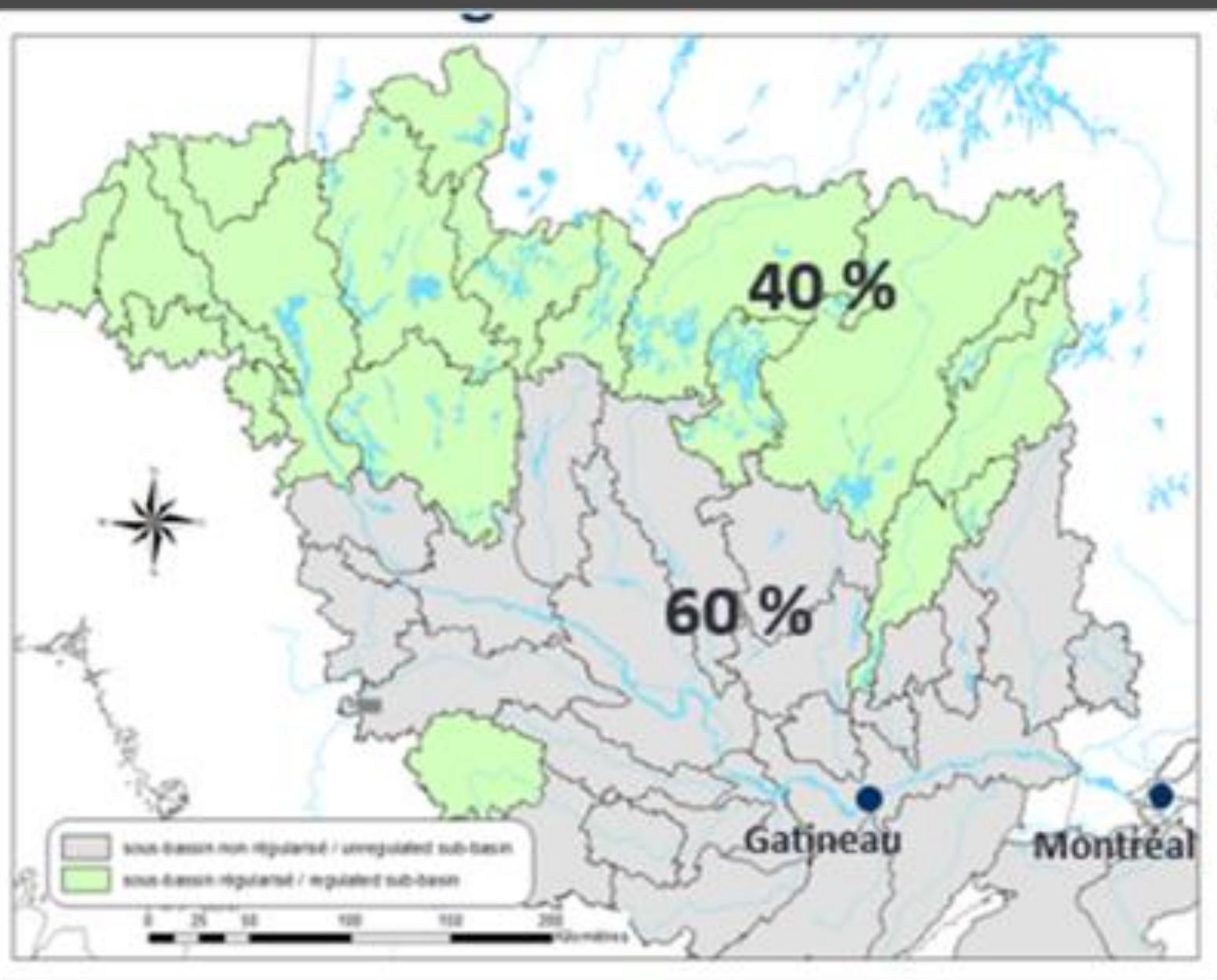
- Angleterre: 130 279 km<sup>2</sup>

- Gestion des crues

- Site intéressant

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Crue\\_centennale](https://fr.wikipedia.org/wiki/Crue_centennale)







Des questions ?

*Jonathan Drouin*

*Drouin.jonathan3@hydroquebec.com*