

**ÉOLIENNE**

**Marcel Lacroix**

**Université de Sherbrooke**

# Cap Chat en Gaspésie



# White tails



# L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

- 1. Forme d'énergie issue du vent.**
- 2. Vent: mouvement de l'air atmosphérique produit par le rayonnement solaire non uniforme à la surface de la terre.**
- 3. Il y a 5500 ans, les sumériens utilisaient déjà l'énergie éolienne pour naviguer...**
- 4. Les égyptiens semblent avoir inventé le moulin à vent il y a plus de 2000 ans...**

# L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

5. Le moulin à vent a été au moyen âge et à la renaissance ce que la machine à vapeur a été à la révolution industrielle au 18ème siècle.

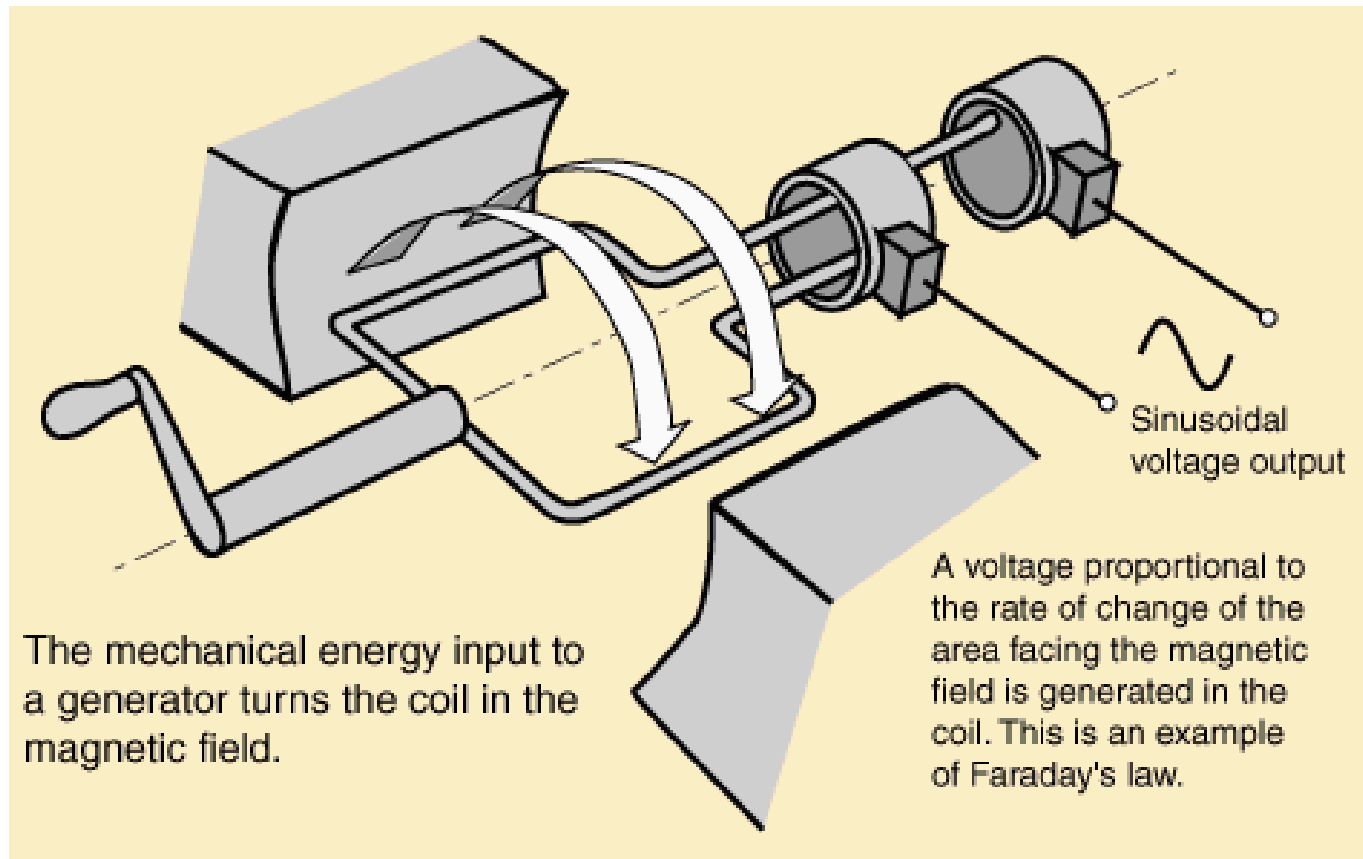


**La rivière Zaan  
de Claude Monet**

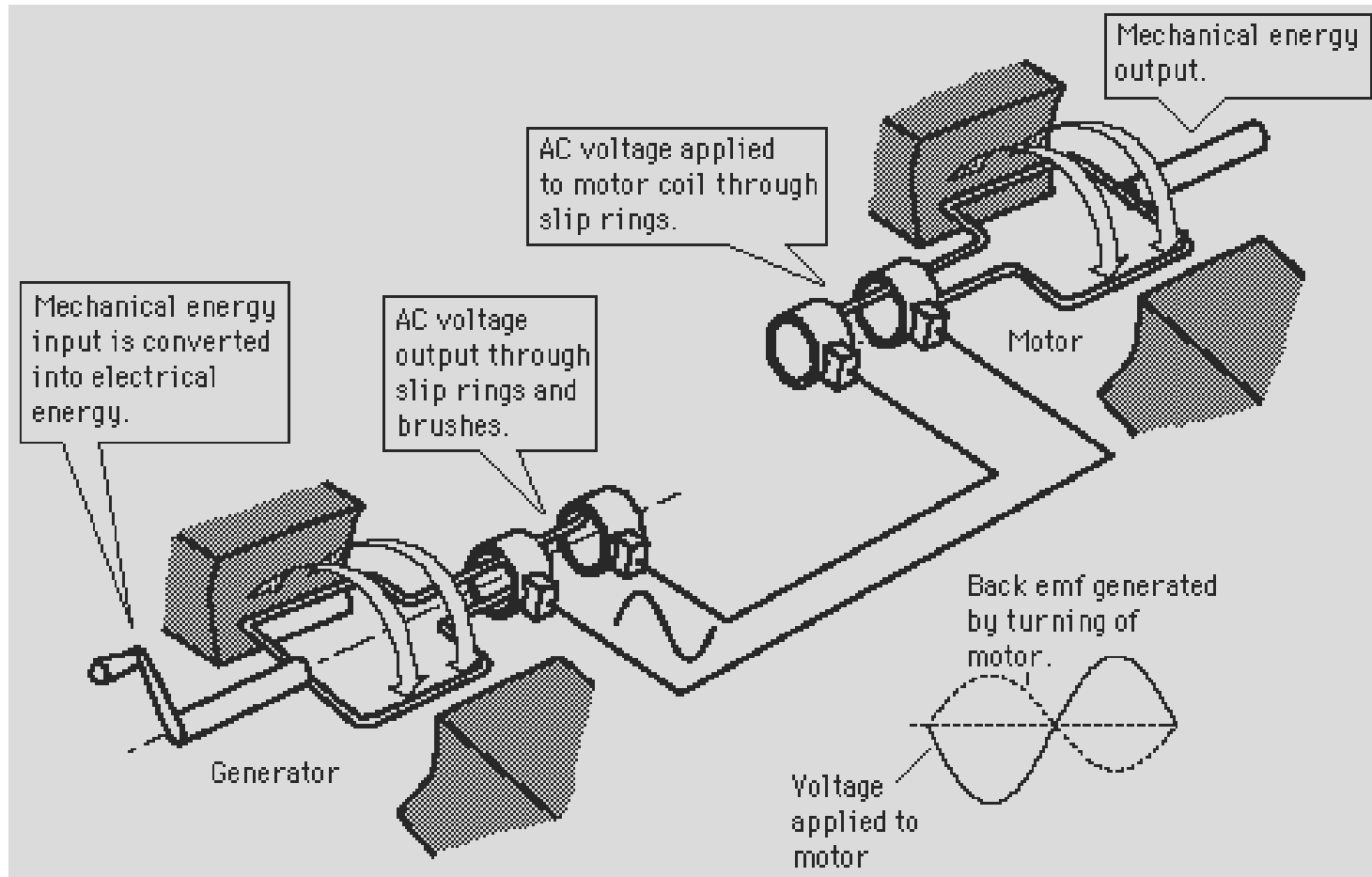
# ÉLECTRICITÉ: PRODUCTION

- 6. L'électricité est produite en suivant le principe de Faraday: une boucle tourne sur elle-même dans un champ magnétique et génère un courant électrique dans cette même boucle.**

# PRINCIPE DE FARADAY (1791-1867)



# MÉCANIQUE-ÉLECTRIQUE-MÉCANIQUE





# COMMENT TOURNE-T-ON LA BOUCLE?

**7. La boucle est fixée à un arbre qui tourne...**

**8. ...et l'arbre est solidaire de l'axe d'une turbine...**

**-hydraulique (centrale hydraulique);**

**-à vapeur (centrale thermique/nucléaire);**

**-à gaz (réacteur d'avion);**

**-à air (éolienne).**

# ÉOLIENNE À AXE HORIZONTAL



**Alternateur, engrenages,  
système électrique et de  
contrôle montés au  
sommet;**

**robuste;**

**Puissances ~ 50-3000kW.**

# AXE VERTICAL: DARRIEUS



**Alternateur, engrenage, système électrique et de contrôle montés au sol;**

**Toujours orientée avec le vent;**

**Système simple, pales légères, vulnérables;**

**Faibles puissances: <50kW.**

# PUISSANCE ÉLECTRIQUE PRODUITE

(masse volumique)

(rendements)

$$P_{\text{électrique}} = \eta_{\text{turbine}} \cdot \eta_{\text{boîte}} \cdot \eta_{\text{alternateur}}$$

$$\frac{1}{2} \rho A v^3$$

(surface balayée) (vitesse)



# PUISSANCE ÉLECTRIQUE

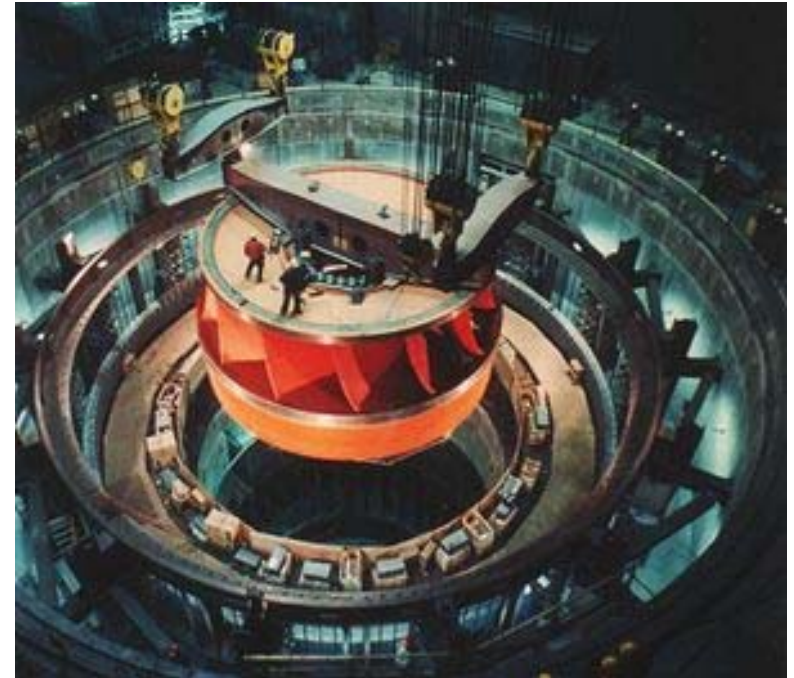
<b>Masse volumique air</b>	<b>Masse volumique eau</b>
<b><math>\sim 1 \text{ kg/m}^3</math></b>	<b><math>\sim 1000 \text{ kg/m}^3</math></b>

- **L'air est 1000 fois plus léger que l'eau!**
- **Rendement global de l'éolienne:  $\sim 30\%$ .**
- **Conséquences: les grandes dimensions nécessaires des éoliennes...**

# Dimensions éolienne vs turbine hydraulique



**(P=750 kW; Tour=100 m (20 étages);  
Rotor: 70 m diamètre)**



**(P=750 MW; Rotor: 6 m diamètre)**

# Dimensions des éoliennes

<b>Puissance électrique (kW)</b>	<b>Diamètre rotor (m)</b>	<b>Hauteur tour (m)</b>
<b>750</b>	<b>~ 47</b>	<b>~ 56</b>
<b>1 500</b>	<b>~ 66</b>	<b>~ 79</b>
<b>3 000</b>	<b>~ 93</b>	<b>~ 112</b>
<b>5 000</b>	<b>~ 120</b>	<b>~ 144</b>

# Exemple

**Puissance électrique débitée par une éolienne dont le rotor de 12 m de diamètre est alimenté par un vent de 36 km/h. Le rendement global est 30%.**



$$P_{\text{électrique}} = (0,3) \cdot \frac{1}{2} \cdot (1,18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) \cdot \pi \cdot \left(\frac{12\text{m}}{2}\right)^2 \cdot \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^3 = 20\text{kW}$$

**Alimentation électrique d'une maison au Québec:  
120 Volt et 200 Ampères soit 24 kW**



# **Éolienne: Avantages**

- 1. Le vent est une source d'énergie propre. C'est de l'énergie solaire cinétique.**
- 2. Éolienne: une des sources d'énergie renouvelable qui présente le moins de problèmes techniques, économiques et environnementaux.**
- 3. Petites unités modulaires.**
- 4. Coûts d'investissements modestes comparés à ceux des centrales hydrauliques, thermiques et nucléaires.**

# Éolienne: Inconvénients (ou défis)

- 1. Masse volumique de l'air petite (air  $\sim 1\text{kg/m}^3$ ; eau  $\sim 1000\text{kg/m}^3$ ) et rendement de l'éolienne faible (éolienne  $\sim 30\%$  versus turbine hydraulique  $>90\%$ ): puissance électrique débitée modeste.**
- 2. Multiplication des groupes turbine/alternateur et raccordement au réseau électrique.**
- 3. Variations intermittentes et imprévisibles de la vitesse et de la direction du vent. L'éolienne ne produit pas d'électricité lorsque  $v < 15\text{ km/h}$  et  $v > 80\text{ km/h}$ .**
- 4. Fluctuations intempestives de la tension électrique.**

# Éolienne: Inconvénients (ou défis)

5. **Exposition aux affres du climat: pluie, neige, verglas.**
6. **Maintenance constante, durée de vie limitée (~ 15 ans) et démantèlement (démontage de l'éolienne et des équipements et arasement des fondations).**
7. **Aménagement de parcs éoliens: encombrement (~ 0,5 W/m<sup>2</sup>) et esthétique.**
8. **Nuisance sonore.**
9. **Oiseaux.**
10. **Pollution visuelle.**

# Énergie éolienne au Québec

- **Capacité d'intégration de ~ 4000 MW d'énergie éolienne au réseau électrique d'ici 2015 soit ~ 10% de la puissance de production totale d'électricité.**

# **Inconvénients propres au Québec: Encadrement insuffisant face aux enjeux d'aménagement du territoire**

- 1. Appels d'offres: le projet le moins coûteux pour le producteur d'électricité n'est pas forcément le plus rentable pour la société.**
- 2. Opacité des négociations des droits fonciers entre promoteurs et propriétaires terriens.**
- 3. Absence de garantie à propos du démantèlement et de la remise en état des sites après exploitation.**

# **Inconvénients propres au Québec: Encadrement insuffisant face aux enjeux d'aménagement du territoire**

- 4. Absence de normes provinciales à propos de l'aménagement des parcs d'éoliennes.**
- 5. Absence de données sur l'impact environnemental des grands parcs éoliens.**
- 6. Absence de concertation entre les promoteurs et les populations locales à propos de la conception, la construction, de l'aménagement et de l'exploitation des parcs éoliens.**

# **Inconvénients propres au Québec: Encadrement insuffisant face aux enjeux d'aménagement du territoire**

- 7. Absence de règlements municipaux pour gérer l'intégration paysagère des éoliennes.**
- 8. Disparité dans les redevances versées aux municipalités et aux propriétaires terriens.**

# **Inconvénients propres au Québec: Encadrement insuffisant face aux enjeux d'aménagement du territoire**

- 9. Coût de production de l'électricité éolienne ~ 0,084\$/kWh; coût d'achat de l'électricité sur le marché Nord Américain pendant les périodes creuses ~ 0,023 \$/kWh!**



# San Jacinto, Californie



c 1998 Pilot Getaways

# Vulnérabilité aux vents $> 80\text{km/h}$

