

TP ENERGIE n°1 :
ETUDE D'UNE CHAINE ENERGETIQUE
DIMENSIONNEMENT D'UNE MINI EOLIENNE



Rapport au programme :

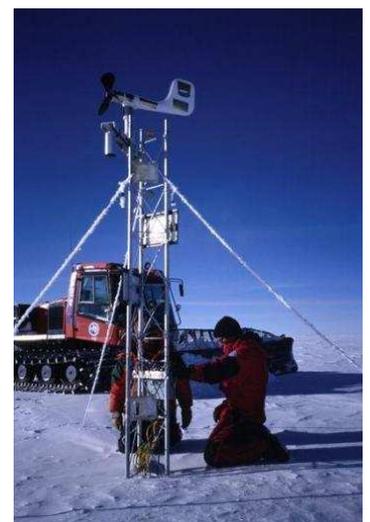
- 1.1 Energie et puissance
 - Bilan énergétique - Chaîne énergétique
 - Rendement (efficacité)
- 1.2 Conversion d'énergie
 - Production de l'énergie électrique
 - Conversion de l'énergie électrique
 - Stockage de l'énergie

C1 : S'approprier	C2 : Analyser	C3 : Réaliser	C4 : Valider	C5 : Communiquer	C6 : Etre autonome et faire preuve d'initiative
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

PRESENTATION

La société "TOUTPARNET" installée dans la région Nord-Pas de Calais développe une multitude de services par internet.

Leur dernier projet est d'implanter en plusieurs lieux de la région, des stations météorologiques qui fourniraient aux abonnés, en temps réel, toutes les informations concernant les conditions climatiques.



PROBLEMATIQUE

Technicien conception dans cette société, vous avez en charge de choisir la source d'énergie électrique nécessaire à l'auto-alimentation de la station.

Après une étude comparative des durées de production du photovoltaïque et de l'éolien dans la région, vous étudierez la chaîne énergétique afin de dimensionner au mieux le dispositif retenu.

APPROPRIATION

1. En vous aidant des tableaux fournis en annexe, justifier le choix de l'éolien.
A quelle grandeur physique fait-on référence en multipliant la puissance produite par la durée de production annuelle ?
2. Quel est le souci posé par l'intermittence de la production ?
Comment pallier à cela ?
3. La solution retenue pour ce problème d'intermittence, est d'utiliser des batteries d'accumulateurs. Celles-ci devront :
 - Etre fonctionnelles hiver comme été ;
 - Accepter un nombre maximal de charges et de décharges ;
 - Occuper le volume le plus faible possible.

Pour quelle technologie opter ?

Les batteries d'accumulateurs devront délivrer 48V continu. Combien d'éléments faut-il associer en série pour cela ?

4. La station météorologique sera constituée :
 - Les instruments de mesure proprement dits (anémomètre, baromètre, pluviomètre, thermomètre ...) consommant une puissance électrique nominale de 250W ;
 - Une unité de supervision, associée à une caméra de surveillance consommant une puissance électrique nominale de 350W ;
 - Une unité de transmission-réception des informations et commandes consommant une puissance électrique nominale de 120W ;
 - Le chargeur et les batteries consommeront une puissance maximale de 300W.

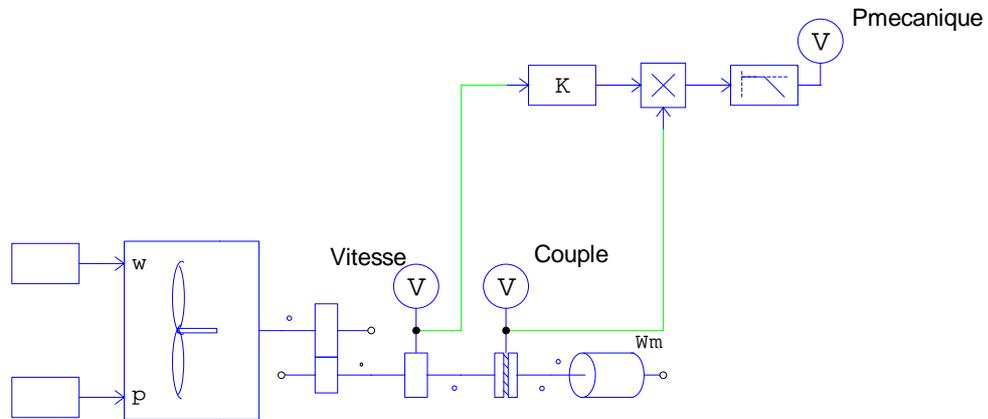
Déterminer la puissance électrique nécessaire au fonctionnement de la station. L'éolienne devra-t-elle fournir cette même puissance ? Justifier votre réponse.

5. Quel dispositif est nécessaire pour alimenter l'ensemble de l'appareillage électrique en courant alternatif en l'absence de vent, et donc à partir des batteries ?
Ce dispositif étant quasi idéal (rendement unitaire), estimer le volume minimal de batterie nécessaire pour faire fonctionner le dispositif complet pendant 4 heures.

ANALYSER

L'étude expérimentale sera faite à partir du logiciel de simulation PSIM. Les schémas des simulations seront partiellement fournis.

1. Afin d'étudier la puissance mécanique délivrée par l'éolienne en fonction de la vitesse du vent et pour une inclinaison optimale des pâles, on utilise le schéma suivant (dossier public/Sciences physiques) :

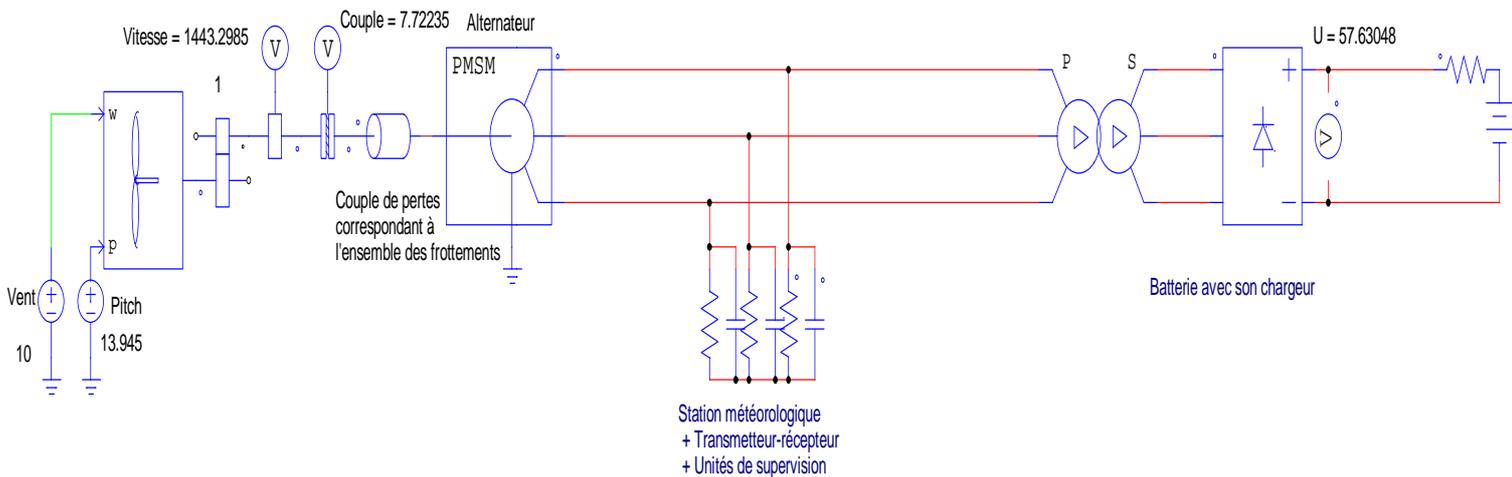


Proposer un protocole pour déterminer la puissance délivrée par l'éolienne en fonction de la vitesse du vent ($0 < v < 25\text{m.s}^{-1}$), la vitesse de rotation étant imposée à 1500tr.min^{-1} et le couple maintenu à sa valeur nominale $C = 19,1\text{Nm}$ en agissant sur l'inclinaison des pâles ($0 < \text{pitch}(p) < 14^\circ$)



Validation enseignant

2. Afin de mesurer le rendement de la chaîne énergétique, on simule celle-ci avec l'éolienne précédemment étudiée, l'inclinaison des pâles étant optimale : .



L'éolienne a été volontairement surdimensionnée, afin que vous puissiez évaluer la puissance mécanique réellement nécessaire.
Que faut-il mesurer pour répondre à la problématique ?

3. Représenter la chaîne énergétique complète du système, la grandeur d'entrée étant la puissance fournie par le vent, la grandeur de sortie étant la puissance électrique fournie à chacun des constituants de l'installation.

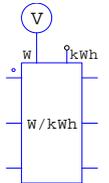
La puissance délivrée par le vent étant donnée par la relation de Betz :

$$P_{\text{vent}} = 0,363.S.v^3$$

S : Surface balayée par les pâles mesurant 3m de diamètre dans notre cas (en m²) ;

v : vitesse du vent en m.s⁻¹, la vitesse de référence sera choisie à 10m.s⁻¹ ;

Quels sont les mesures et/ou les calculs à effectuer pour compléter la chaîne énergétique, en indiquant toutes les puissances intermédiaires qui résultent d'une transformation, et les rendements des différents convertisseurs.



Validation enseignant

REALISER

1. Effectuez les essais permettant de relever la puissance mécanique développée en fonction de la vitesse du vent.
Dressez un tableau de mesures, donnant en fonction de la vitesse du vent, la puissance mécanique développée et l'inclinaison optimale des pâles.
2. A partir du schéma permettant l'étude de la chaîne énergétique, lancer la simulation (cliquer "show probe's value during simulation" dans les blocs de mesure et "run free" dans simulation control) puis modifier le rapport de la gear box pour obtenir une vitesse de rotation de 1500tr.min⁻¹.

Effectuez les essais permettant de répondre à la problématique, c'est à dire chiffrer la puissance mécanique nécessaire, puis compléter la chaîne énergétique.

VALIDER, COMMUNIQUER

1. Donner la vitesse du vent à partir de laquelle l'éolien développe sa puissance mécanique nominale.
Que faire, si la vitesse du vent est inférieure à ce seuil pendant plus de 4 heures ?
2. Donner le rendement global de l'installation, et la puissance mécanique nécessaire pour le fonctionnement de l'appareillage complet.

Ci-dessous, sont fournies les caractéristiques de quelques modèles d'éolienne fabriquée par NHEOLIS. Proposer, en argumentant, un choix d'éolienne.

	PUISSANCE GENERATRICE (W)	VITESSE DE ROTATION DES PALES (tr.min ⁻¹)	VITESSE DE ROTATION DE L'ARBRE (tr.min ⁻¹)	DIAMETRE DU ROTOR (m)	TEMPERATURE DE FONCTIONNEMENT (°C)	TYPE DE FREIN	PRIX H.T
NH1000	1000	480	1200	1,5	-20 à 60°C	MECANIQUE	7200€
NH1500	1500	600	1500	2,4	-20 à 60°C	ELECTROMAGNETIQUE	8400€
NHT1300	1300	600	1000	2.2	-5 à 40°C	MECANIQUE	8100€
NHT1800	1800	600	1500	2.5	-5 à 40°C	ELECTROMAGNETIQUE	9300€



ANNEXE

NOMBRE D'HEURES DE PRODUCTION ANNUELLE EQUIVALENT PUISSANCE NOMINALE

	Nucléaire	Éolien à terre	Éolien en mer	Photo-voltaïque (*)	Centrale à gaz	Centrale à charbon
Heures de fonctionnement dans l'année équivalent puissance nominale	7 000	2 000	3 000	1 000	7 000	7 000

(*) Bien entendu ce coefficient de 1 000 heures/an est susceptible de fortes variations en fonction de la région. Dans le sud de la France, on sera plutôt à 1 200 – 1 300 heures, et à 2 000 heures en Californie.

Sources : Bilan énergétique, calculs des auteurs

COMPARAISON PUISSANCE-PRODUCTION : nucléaire, éolien, photovoltaïque

Année 2011	Nucléaire	Part nucléaire (%)	Éolien	Part éolien (%)	Photo-voltaïque	Part PHOTOVOLTAÏQUE (%)
Puissance installée (MW) (moyenne sur l'année)	63 000	88,7 %	6 000	8,5 %	2 000	2,8 %
Production 2011 (TWh)	442.4	96,9 %	12.2	2.7 %	2	0.4 %

	Plomb	Ni/Cd	Ni/MH	ZEBRA	Li phosphate	Li ion	Li polymère
Energie spécifique (Wh/kg)*	30-50	45-80	60-110	120	120-140	150-190	150-190
Densité d'énergie (Wh/litre)*	75-120	80-150	220-330	180	190-220	220-330	220-330
Puissance en pointe (W/kg)	Jusqu'à 700		Jusqu'à 900	200	Jusqu'à 800	Jusqu'à 1500	Jusqu'à 250
Nombre de cycle (charge/décharge)	400-600(1) 1200(2)	2000	1500	800	>2000	500-1000	200-300
Autodécharge par mois	5%	20%	30%	12 % par jour	5%	10%	10%
Tension nominale d'un élément	2V	1,2V	1,2V	2,6 V	3,2V	3,6V	3,7V
Gamme de température de fonctionnement	-20°C à 60°C	-40°C à 60°C	-20°C à 60°C	- 40°C à 50°C	0°C à 45°C (charge) -20°C à 60°C (décharge)	-20°C à 60°C	0°C à 60°C
Avantages	Faible coût	Fiabilité Performances à froid	Très bonne densité d'énergie	Très bonne densité d'énergie Bonne cyclabilité	Très bonne densité d'énergie, sécurité, coût, cyclabilité	Excellente énergie et puissance	Batteries minces possibles
Inconvénients	Faible énergie Mort subite	Relativement basse énergie Toxicité	Coût des matériaux de base Comportement en température	Puissance limitée Auto-consommation	Charge à basse T°	Sécurité des gros éléments Coût	Performances à froid Coût
Coûts Indicatifs (€/kWh) ⁽³⁾	200 à 250 ⁽¹⁾ 200 ⁽²⁾	600	1500 à 2000	800 à 900	1000 à 1800	2000	1500 à 2000

* Les chiffres extrêmes des fourchettes correspondent à des tailles différentes d'éléments (les gros éléments ayant en général des énergies plus élevées) ou à des conceptions pour des applications différentes.

(1) étanche; (2) tubulaire; (3) pour les volumes actuels de production