

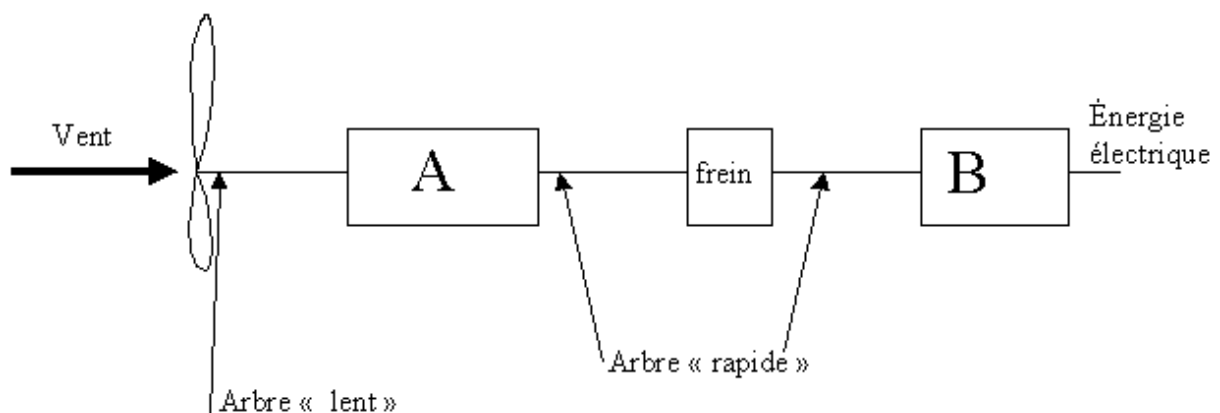
A1 DIMENSIONNEMENT DE L'EOLIENNE

Objectifs de l'étude :

- Déterminer les caractéristiques d'entrée et de sortie de la chaîne de transmission de puissance.
- Exploiter une documentation technique pour dimensionner un composant.
- Tracer et commenter une caractéristique de puissance.

A1.1 ANALYSE DE LA DOCUMENTATION TECHNIQUE

La transmission de puissance entre l'éolienne et la génératrice électrique peut être schématisée de la manière suivante :



D'après les informations fournies dans le descriptif général de l'éolienne, **COMPLÉTER** le schéma proposé en indiquant :

- le nom des éléments A et B,
- les vitesses minimale et maximale du vent en phase de production d'énergie électrique,
- la tension de sortie du générateur,
- la fréquence de rotation de l'arbre rapide pour les conditions nominales de fonctionnement (vitesse de vent de 50 km/h).

A1.2 ETUDE DE LA PUISSANCE MÉCANIQUE D'ENTRÉE

La puissance électrique désirée (puissance nominale utile) est de 660 kW, pour une vitesse de vent de l'ordre de 50km/h.

Le rendement mécanique de l'ensemble (r_m), est estimé à 90% et le rendement de la conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique r_e est estimé à 96%

- ✓ EN **DEDUIRE** la puissance mécanique disponible sur l'arbre lent de l'aérogénérateur.

A1.3 DIMENSIONNEMENT DU DISQUE ÉOLIEN

Des essais en soufflerie permettent de définir, pour un profil de pale considéré et une commande d'asservissement associée, un coefficient de puissance C_p caractéristique de chaque éolienne.

Ce coefficient C_p permet de déterminer la puissance disponible sur l'arbre de l'aérogénérateur par application de la relation suivante, issue de la loi de Betz :

$$P_{\text{mécanique disponible}} = \frac{1}{2} C_p \rho S v^3$$

où :

C_p	=	coefficient de puissance
ρ	=	masse volumique de l'air en $\text{kg.m}^{-3} = 1,225$
S	=	surface du disque éolien en m^2
v	=	vitesse du vent en m.s^{-1}

N.B la surface du disque éolien est la surface circulaire générée par la rotation des pales.

En fonction de la courbe caractéristique de notre éolienne (voir DTA1) :

- ✓ **DETERMINER** la surface que doit avoir le disque éolien qui, sous l'action d'un vent de 50 km/h, permet de disposer de la puissance mécanique nominale calculée précédemment.
- ✓ **CALCULER** le diamètre du disque éolien de l'aérogénérateur.

A1.4 CARACTÉRISTIQUE DE PUISSANCE.

Pour la suite de l'étude, on prendra un diamètre de disque éolien égal à 47 m.

- ✓ **CALCULER** la puissance mécanique disponible pour des vitesses de vent égales à 5 ms^{-1} , 10 ms^{-1} , 15 ms^{-1} , 20 ms^{-1} et 25 ms^{-1} .
- ✓ **TRACER**, à l'aide des valeurs précédentes, le graphe de $P = f(v)$
- ✓ **COMMENTER** l'allure générale de cette caractéristique.
- ✓ **CONCLURE**

A2 ETUDE DE LA TRANSMISSION DE PUISSANCE

Objectifs de l'étude :

- Déterminer les caractéristiques d'un constituant d'une chaîne cinématique
- Valider le choix d'un composant

A2.1 RAPPORT DE TRANSMISSION.

- ✓ **DEDUIRE** des informations contenues dans le document de présentation du principe de fonctionnement de l'éolienne (PR 5) l'ordre de grandeur du rapport de transmission entre l'arbre lent et l'arbre rapide de la génératrice.

A2.2 VALIDATION DU CHOIX DU MULTIPLICATEUR.

La transmission du mouvement entre l'arbre lent, lié aux pales, et l'arbre rapide, lié à la génératrice, est réalisée par un multiplicateur épicycloïdal (voir documentation technique DTA2 – figure 1).

Ce multiplicateur (figure 1) est composé :

- d'un *arbre 1* « dit arbre lent » lié aux pales (planétaire d'entrée) ;
- d'un *satellite 2* ;
- d'un *arbre 3* « dit arbre rapide » lié à la génératrice (porte-satellite) ;
- d'un *planétaire 0* lié au carter.

Sur la figure 1, on peut lire les liaisons suivantes :

- pivot entre l'arbre 1 et l'arbre 3 ;
- pivot entre l'arbre 3 et le carter 0 coaxial avec le précédent ;
- pivot entre le satellite 2 et le porte-satellite 3.

A2.2.1 Calcul du rapport de multiplication

La détermination du rapport d'un multiplicateur épicycloïdal ne peut pas être réalisée directement, en appliquant la relation correspondant aux transmissions par engrenages à axes fixes. Pour ce type de transmission, le calcul s'effectue en deux étapes distinctes :

- La première étape consiste à effectuer les calculs dans un repère d'observation selon lequel les axes des pivots sont fixes.
- La seconde étape consiste à retranscrire le résultat ainsi obtenu dans un repère lié au carter.

Application :

- ✓ **CALCULER** le rapport de transmission $\omega_{0/3} / \omega_{1/3}$. Le repère d'observation dans lequel les axes des pivots sont fixes est le **repère lié à 3** (voir documentation technique DTA2 / figure 2).
- ✓ En **DEDUIRE** le rapport de multiplication dans le repère lié au carter 0 ($\omega_{3/0} / \omega_{1/0}$) en appliquant les relations de composition des vitesses angulaires pour des axes parallèles :

$$\begin{aligned}\omega_{1/3} &= \omega_{1/0} + \omega_{0/3} = \omega_{1/0} - \omega_{3/0} \\ \omega_{0/3} &= -\omega_{3/0}\end{aligned}$$

A2.2.2 Interprétation des résultats

- ✓ **INDIQUER** si l'arbre 3 et l'arbre 1 tournent dans le même sens ou en sens inverse. **JUSTIFIER** votre réponse.
- ✓ La fréquence de rotation de la génératrice est fixée à 1515 tr.min^{-1} . **DEDUIRE** des calculs précédents la fréquence de rotation réelle des pales en utilisant un tel multiplicateur.
- ✓ **Conclure** sur l'adaptation du multiplicateur à l'utilisation.

A3 ETUDE DU DEMARRAGE

Objectifs de l'étude :

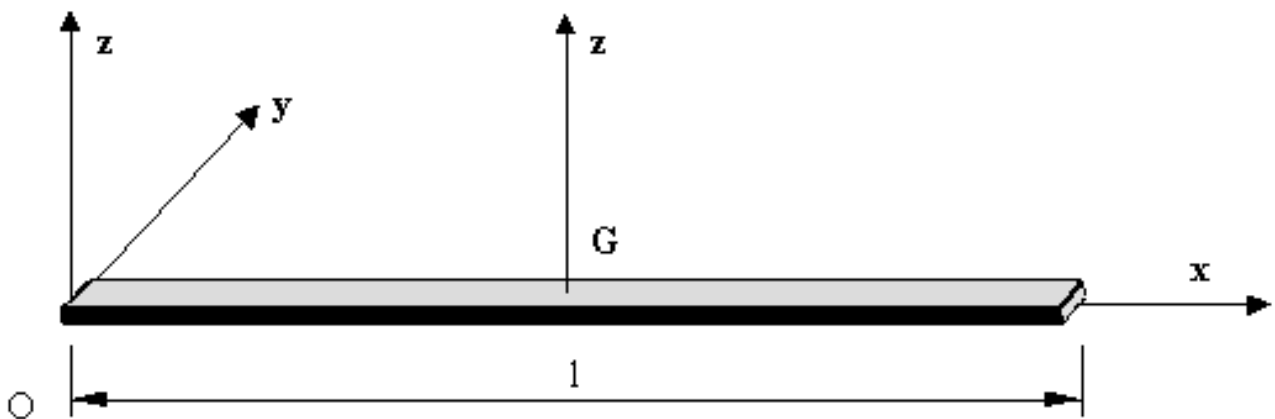
- Déterminer le comportement de l'éolienne lors de son démarrage

Pendant cette phase on fait l'hypothèse que l'arbre lent de l'aérogénérateur est soumis de part le vent à un couple constant de 2000 Nm, qu'il n'est pas couplé au réseau EDF et que les résistances passives sont équivalentes à 200 Nm.

A3.1 DÉTERMINATION DE L'INERTIE DU ROTOR.

Chaque pale est assimilée à une barre homogène, de section constante, de longueur l et de masse $m = 2000$ kg. Le disque éolien est de diamètre 47 m.

On rappelle que pour une barre homogène on a :



avec :

$$I_{Gz} = \frac{Ml^2}{12} \quad \text{et} \quad I_{Oz} = \frac{Ml^2}{3}$$

- ✓ **DETERMINER** l'inertie de chaque pale par rapport à l'axe de rotation de l'arbre « lent ».
- ✓ **CALCULER** l'inertie totale du rotor par rapport à son axe, en négligeant l'inertie du moyeu.

A3.2 DÉTERMINATION DE LA DURÉE DU DÉMARRAGE

- ✓ **DETERMINER** l'accélération angulaire de l'axe « lent » dans les conditions imposées.
- ✓ **CALCULER** le temps mis par l'éolienne pour atteindre, depuis l'arrêt, la vitesse de couplage au réseau (29 tr.min^{-1}).