



TD 1 : Démarrage d'une éolienne

On se propose d'estimer le temps nécessaire à une éolienne pour atteindre sa vitesse de rotation nominale lorsque le vent a une vitesse de 25km/h. On le fait pour une éolienne de grande puissance (2 MW) dont les caractéristiques sont les suivantes :

- ☞ Vitesse de rotation nominale : $N = 15 \text{ tr/min}$
- ☞ Masse de chacune des trois pales : $m_P = 6,5 \text{ t}$
- ☞ Masse du rotor sans les pales : $m_R = 18 \text{ t}$
- ☞ Longueur des pales : $L = 45 \text{ m}$

On donne sur le document joint un écorché de la nacelle de cette éolienne avec sa courbe de puissance nominale en fonction du vent.



Hypothèses et modélisation des pièces en mouvement

On modélise l'ensemble des pièces en rotation par un rotor et trois pales. Cet ensemble est en rotation d'axe Δ horizontal correspondant à l'axe de rotation des pales de l'éolienne.

- ☞ Afin de simplifier le problème, le rotor est assimilé à un cône homogène de masse volumique ρ et dont le rayon à la base est de $R = 1,5 \text{ m}$.
- ☞ Les pales sont elles assimilées à des barres homogènes dont la section est faible devant la longueur.
- ☞ On suppose que le moment par rapport à l'axe Δ de l'action du vent sur les pales est constant quelque soit la vitesse de rotation du rotor.

Lors du démarrage, le rotor n'est pas couplé à la génératrice. Le couple résistant est donc nul.

Travail demandé

1- Montrer que l'expression du moment d'inertie d'un cône homogène par rapport à son axe Δ est :

$$I_{\Delta} = \frac{3}{10} \cdot m \cdot R^2 \quad \text{où } R \text{ est le rayon à la base de ce cône et } m \text{ sa masse.}$$

Rappel : Pour un cône homogène de masse volumique ρ et de hauteur H on a : $m = \frac{1}{3} \pi \cdot \rho \cdot H \cdot R^2$

2- Montrer que le moment d'inertie de l'ensemble des pièces en rotation est de $I_{\Delta} = 1,317 \cdot 10^7 \text{ kg.m}^2$.

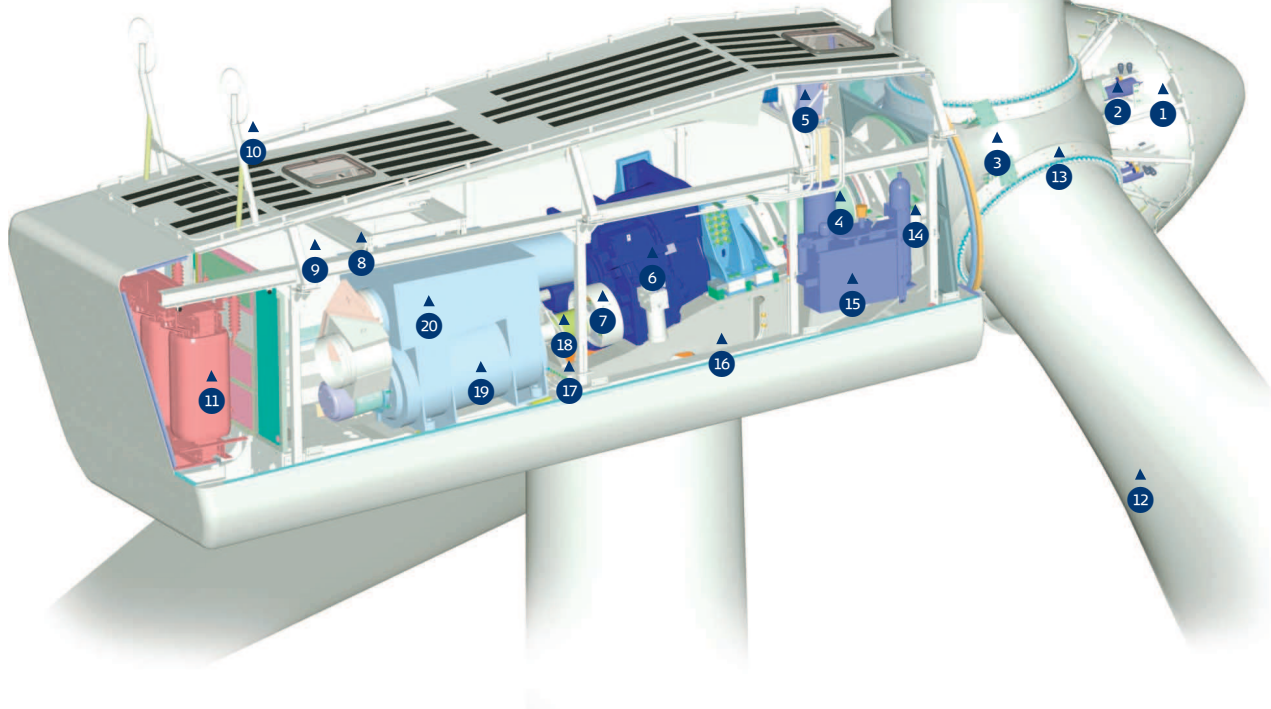
3- En vous aidant de la courbe de puissance du document joint ; Montrer que le moment par rapport à l'axe Δ de l'action du vent sur les pales est d'environ $\mathcal{M}_{\Delta} (\text{vent/pales}) = 350\,000 \text{ N.m}$.

Remarque : On supposera que cette courbe est donnée pour la vitesse nominale de rotation de l'éolienne et que le rendement global de l'éolienne est de 1.

4- Déterminer $\dot{\omega}$ l'accélération angulaire du rotor lors de la phase de démarrage de l'éolienne. En déduire T la durée de cette phase de démarrage.

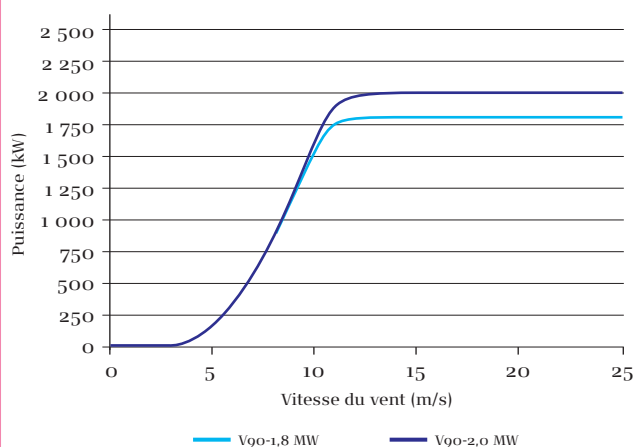


Caractéristiques techniques



- | | | | |
|---|---|------------------------------------|--|
| ① Unité de contrôle du moyeu | ⑥ Multiplicateur | ⑪ Transformateur (6-33 kW) | ⑬ Châssis |
| ② Vérins de pas variable | ⑦ Frein mécanique | ⑫ Pale | ⑰ Réducteurs d'orientation |
| ③ Moyeu | ⑧ Treuil de maintenance | ⑬ Roulement de pale | ⑱ Couplage composite |
| ④ Arbre principal | ⑨ Unité centrale de la nacelle VMP avec convertisseur | ⑭ Système de verrouillage du rotor | ⑲ Générateur OptiSpeed® |
| ⑤ Système de refroidissement de l'huile | ⑩ Anémomètre et girouette ultrasoniques | ⑮ Bloc hydraulique | ⑳ Système de refroidissement du générateur |

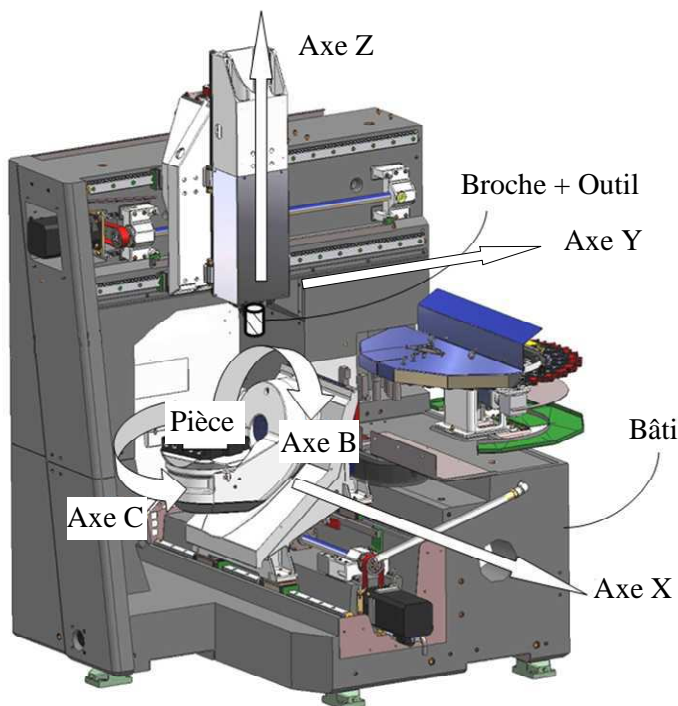
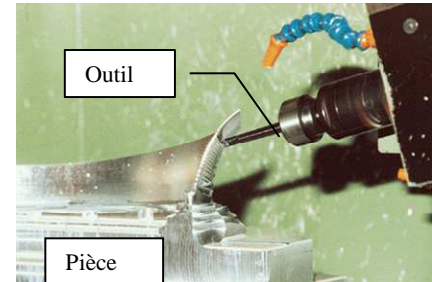
Courbe de puissance V90-1,8 MW et 2,0 MW





TD 2 : Chargeur d'outils de MOCN

L'usinage est une opération de transformation d'un produit par enlèvement de matière. Cette opération est à la base de la fabrication de produits dans les industries mécaniques. On appelle le moyen de production associé à une opération d'usinage une machine outil ou un centre d'usinage. La génération d'une surface par enlèvement de matière est obtenue grâce à différents outils munis d'au moins une arête coupante.

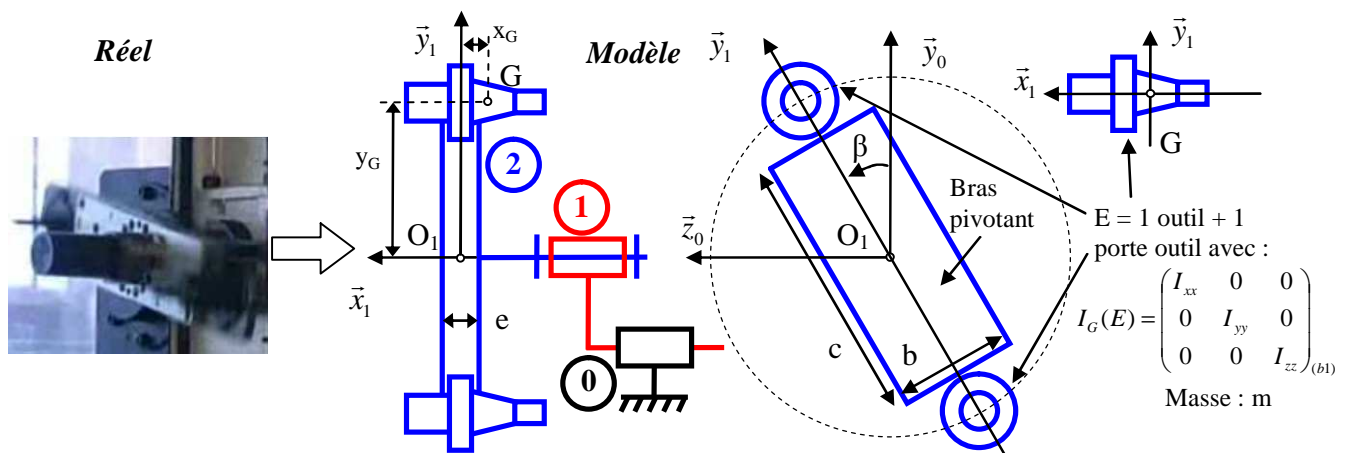


Un chargeur d'outils est un système permettant de charger automatiquement l'outil utile stocké dans un magasin sur la broche pour une phase d'usinage donnée. Les différentes formes de pièces sont ensuite obtenues par des translations et des rotations de l'outil par rapport à la pièce à usiner.



Exemple de pièce complexe obtenue par usinage

On s'intéresse donc au chargeur d'outils équipant la machine outils dont on donne une description structurale ainsi qu'une modèle cinématique. Pour déterminer le couple moteur et résoudre les problèmes d'équilibrage, il est nécessaire de déterminer la matrice d'inertie de l'ensemble tournant 2.



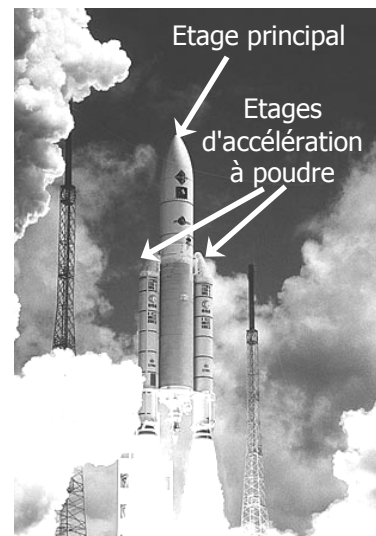
Q.1. Déterminer la matrice d'inertie de l'ensemble 2 lorsque le bras est équipé de 2 outils montés symétriquement.

Q.2. Déterminer la matrice d'inertie de l'ensemble 2 lorsque le bras n'est équipé que d'un seul outil.

TD 3 : Propriétés inertielles d'un lanceur spatial

On s'intéresse aux propriétés inertielles du lanceur spatial Ariane 5. Le lanceur est constitué d'un étage principal dans lequel sont installés les satellites et de deux étages d'accélération à poudre qui assurent 90% de la propulsion durant les deux premières minutes du vol. Pour élaborer les lois de pilotage automatique assurant le suivi de la trajectoire désirée, les concepteurs doivent déterminer les propriétés inertielles du lanceur. Dans ce problème, cette phase est conduite de façon simplifiée à un instant donné du vol et pour l'ensemble du lanceur (étage principal et ses deux étages d'accélération à poudre). La modélisation proposée est la suivante :

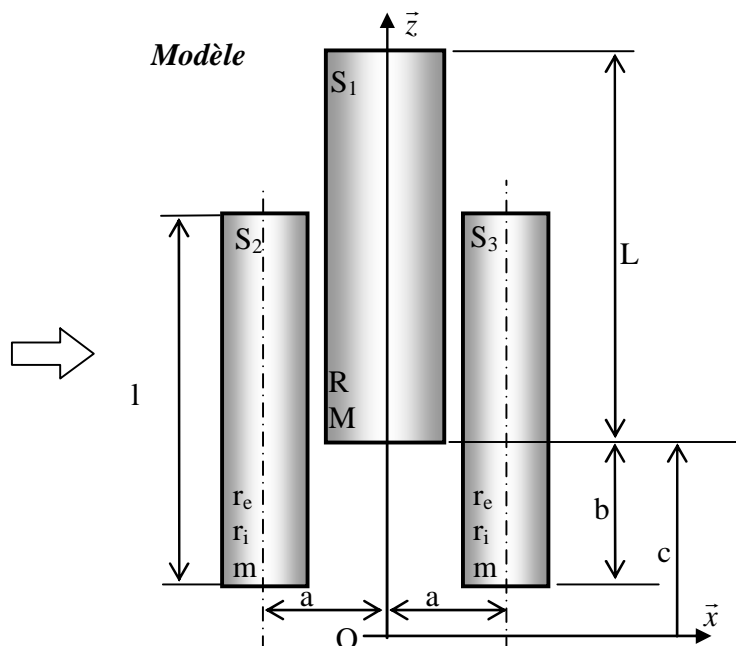
- l'étage principal (solide S_1) est assimilé à un cylindre homogène de masse M , de longueur L et de rayon R ,
- chacun des deux étages d'accélération à poudre (solide S_2 et solide S_3) est assimilé à un cylindre creux et homogène de masse m , de longueur l , de rayon intérieur r_i et de rayon extérieur r_e .



Réel



Modèle



Q.1. Déterminer la position dans le repère $R(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ des centres d'inertie G_1 , G_2 et G_3 des solides S_1 , S_2 et S_3 .

Q.2. Donner la forme des matrices d'inertie des solides 1, 2 et 3 exprimées dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ et à leurs centres de gravité respectifs.

Q.3. Déterminer la masse totale du lanceur M_t et la position dans le repère R du centre d'inertie $G_t(x_{G_t}, y_{G_t}, z_{G_t})$ de l'ensemble du lanceur constitué des solides 1, 2 et 3.

Q.4. Déterminer la matrice d'inertie de l'ensemble du lanceur exprimée dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ et au point G_t .

Q.5. Compte tenu de la combustion, les propriétés inertielles évoluent dans le temps. Quelle modélisation pourrait être utilisée pour rendre compte ce phénomène ?