Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2025

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO-CONCEPTION

Durée de l'épreuve : **4 heures**

CORRECTION

PARTIE commune (2,5h) ..... 12 points

Projet de ferme éolienne



Correction

Partie 1 : comment choisir le lieu d'implantation des éoliennes ?

Question 1.1

Voir DR1. D'après l'échelle 1 cm représente 200 m, on trace un cercle de 2,5 cm de rayon centré sur chaque éolienne et on vérifie qu'aucune habitation n'est à l'intérieur de la zone tracée. Les 2 projets respectent la règlementation. Remarque : les tracés peuvent se faire sans compas en traçant le segment le plus court entre chaque éolienne et l'habitation la plus proche.

Question 1.2

Voir DR2

Question 1.3

Les 2 projets respectent la règlementation d'implantation mais le projet N°2 est moins impactant sur l'environnement, il est donc retenu.

Partie 2 : l'augmentation de cette production « verte » permet-elle d'assurer l'équivalent des besoins en énergie électrique des communes environnantes ?

Question 2.1

$E_{produite} = E_{nominale} \times f_c$ avec f_c=0,22 pour l'éolien en région Rhône-Alpes
$= P_{nominale} \times$ Nombre d'heures sur une année $\times f_c$
$=$ 2,4 x 5 x 365 x 24 x 0,22 = 23 126,4 MW·h
$E_{produite}$ = 23 126,4 MW·h

Question 2.2

Nombre de foyers = 23 126,4 / 3,200 = 7 227

Question 2.3

La ferme éolienne est capable de fournir l'énergie nécessaire pour tous les foyers (et même plus) à ses alentours.

Ce projet participe donc à l'augmentation des énergies renouvelables sur la région.

Partie 3 : ce projet est-il économiquement viable ?

Question 3.1

Voir DR3

Question 3.2

Voir DR4

Question 3.3

Pour avoir un seuil de rentabilité, il faut déterminer le point d'intersection entre les 2 droites, dépenses et recettes.
18 000 + 540 x n = 2 500 x n, soit n = 9,2 années.
On observe que le projet est rentable au-delà de 9,2 ans. À cette date les recettes sont supérieures aux dépenses.
Si une réponse est donnée à partir du graphique (9 ans) la réponse est acceptable.

Conclusion : avec une durée de vie de 25 ans, le projet est rentable économiquement.

Partie 4 : les éoliennes choisies conviennent-elles au regard des objectifs de la production visée ?

Question 4.1

Voir DR5

Question 4.2

Voir DR5

Question 4.3

Voir DR5

Question 4.4

Voir DR6

Pv=1000 kW

Question 4.5

Voir DR5

Question 4.6

$\eta = \eta_{pales} \times \eta_{multiplicateur} \times \eta_{génératrice} \times \eta_{convertisseur} \times \eta_{transformateur}$
$\eta = 0,8 \times 0,85 \times 0,9 \times 0,99 \times 0,95 = 0,576$
$\eta = 0,576$

Pour une puissance de 1 MW fournie par le vent, l'énergie produite par une éolienne est :
$E_{produite} = \eta \times E_{vent}$
$E_{produite} = 0,576 \times 1 \times 365 \times 24$
$E_{produite} = 5\ 046$ MW·h

Question 4.7	Avec les 5 éoliennes on obtient une énergie de 5 ×5 046 = 25 230 MW·h ce qui confirme l'estimation du bureau d'études.

Partie 5 : le mât des éoliennes peut-il résister aux actions mécaniques qu'il subit tout en limitant son impact environnemental ?

Question 5.1	Le mât est soumis à de la flexion.
Question 5.2	Voir DR7
Question 5.3	s = Re / σmax = 6,204.108 / 7,056.107 = 8,8 ➔ s = 8,8
Question 5.4	s=3 < 8,8 Le coefficient de sécurité de la structure est largement supérieur à 3. ➔ Le mât est correctement dimensionné.
Question 5.5	Pour optimiser la conception, on pourrait diminuer l'épaisseur du mât, diminuer son diamètre, …. Une nouvelle étude est alors à réaliser.
Question 5.6	$\epsilon = \frac{V_{cyl.} - V_{con.}}{V_{cyl.}} \times 100 = \frac{34,7-27,78}{34,7} \times 100 = \mathbf{20}\ \%$ On a un gain de 20% de matière ➔ Le pilier **environnemental** est concerné car moins de matière première à extraire du sol. ➔ Le pilier **économique** est également concerné car des économies sont faites grâce à ce gain de matière.

Partie 6 : comment surveiller à distance et de façon fiable le fonctionnement des éoliennes ?

Question 6.1	Voir DR8
Question 6.2	Masque -> 256 possibilités => 256 - add réseau - broadcast - 5 éoliennes - 1 serveur -1 routeur = 256 - 9 = 247
Question 6.3	$01101001)_2 = 105)_{10}$ La vitesse réelle est donc 10 fois plus petite que la valeur de l'octet => 10,5 $tr \cdot min^{-1}$
Question 6.4	247 est largement suffisant pour étendre le parc éolien. Le type de donnée est bien choisi car la vitesse max est de 13.2 $tr \cdot min^{-1}$ soit 132 dans la valeur octet < 255.

DR1 : implantation des éoliennes

Légende utile

▮ ▬ : habitations

o : éolienne

Échelle des plans

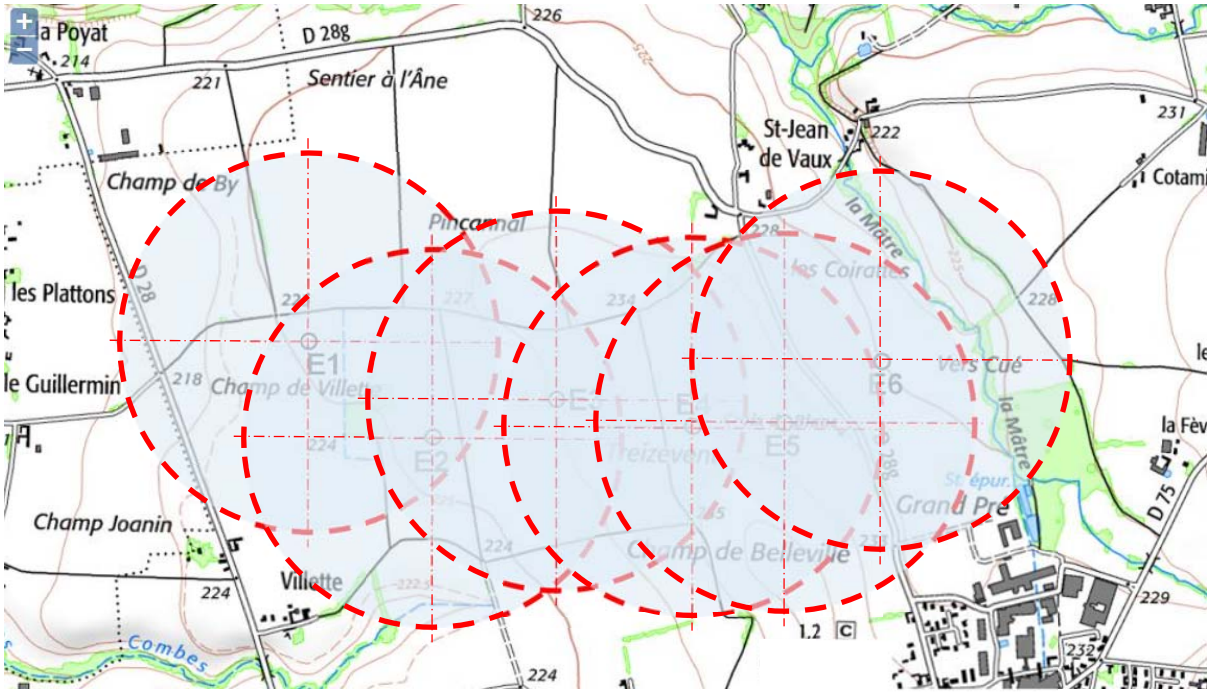
200m

N

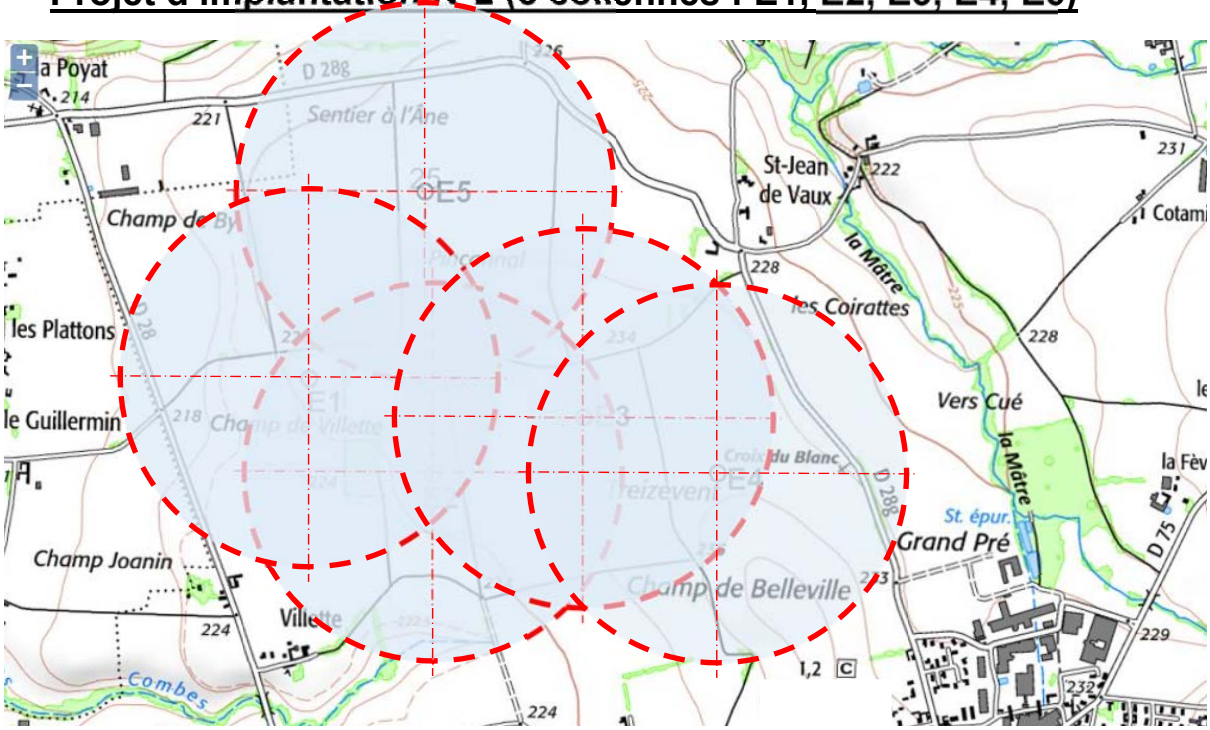
O E

S

Projet d'implantation N°1 (6 éoliennes : E1, E2, E3, E4, E5, E6)



Projet d'implantation N°2 (5 éoliennes : E1, E2, E3, E4, E5)



DR2 : analyse des deux projets

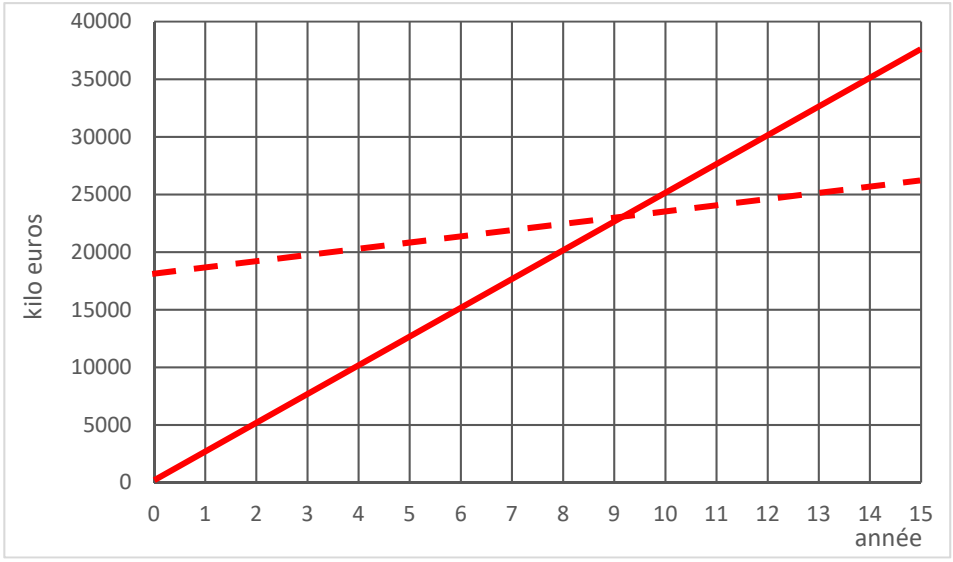
Critères Projet N°1	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C1.5	C1.6	C1.7	**Total**
Pondération	-1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	-3

Critères Projet N°2	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C2.6	C2.7	**Total**
Pondération	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+7

DR3 : dépenses et recettes des 5 éoliennes

Pour la ferme de 5 éoliennes sur 1 an		
Dépenses		**Recettes**
Investissement	Maintenance	25 000 x 100 Soit **2 500 k€**
1500 x 2400 x 5 Soit **18 000 k€**	0,03 x 18 000 Soit **540 k€**	

DR4 : viabilité financière



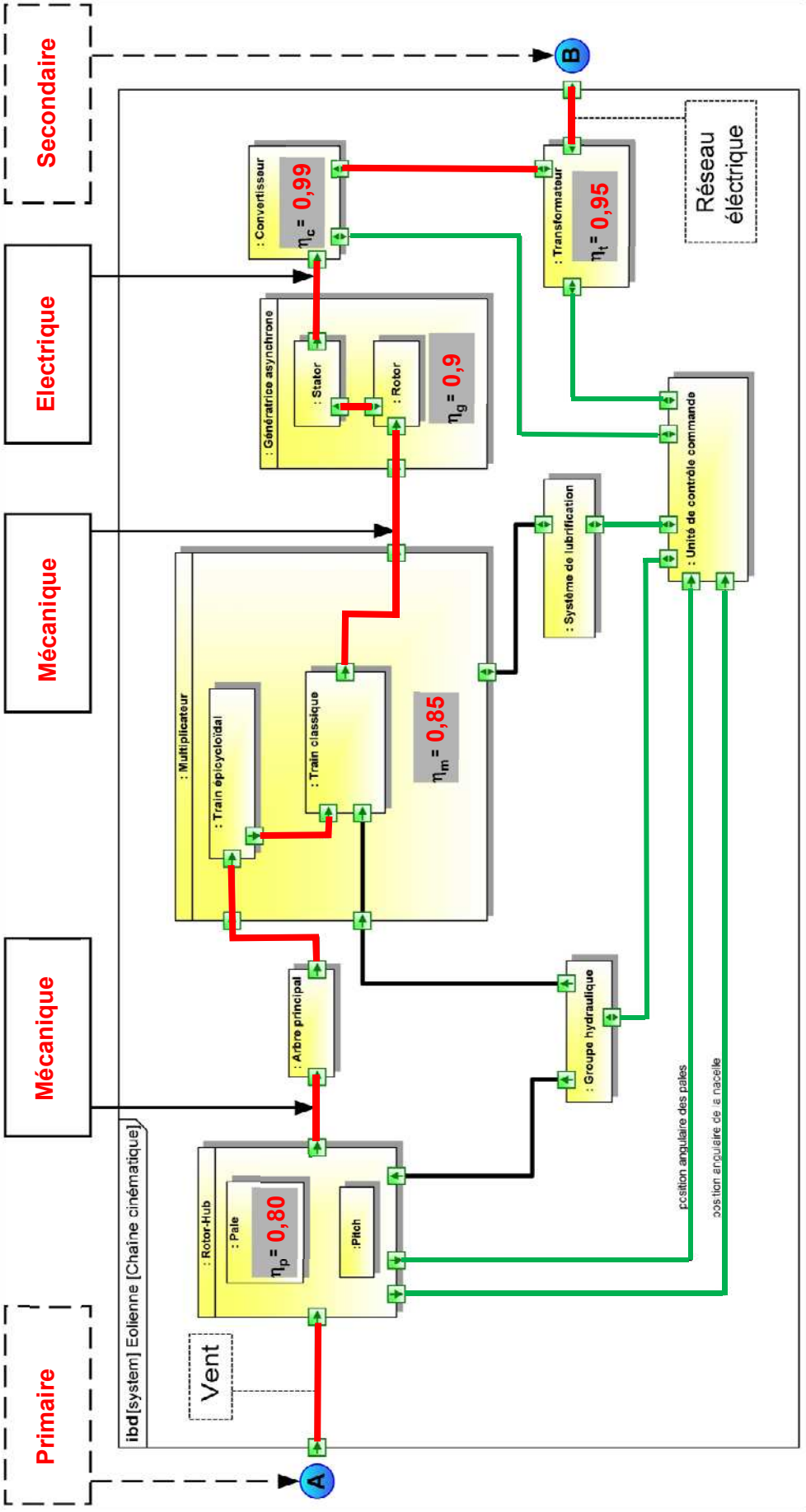
1 k€ = 1 000 €

Légende

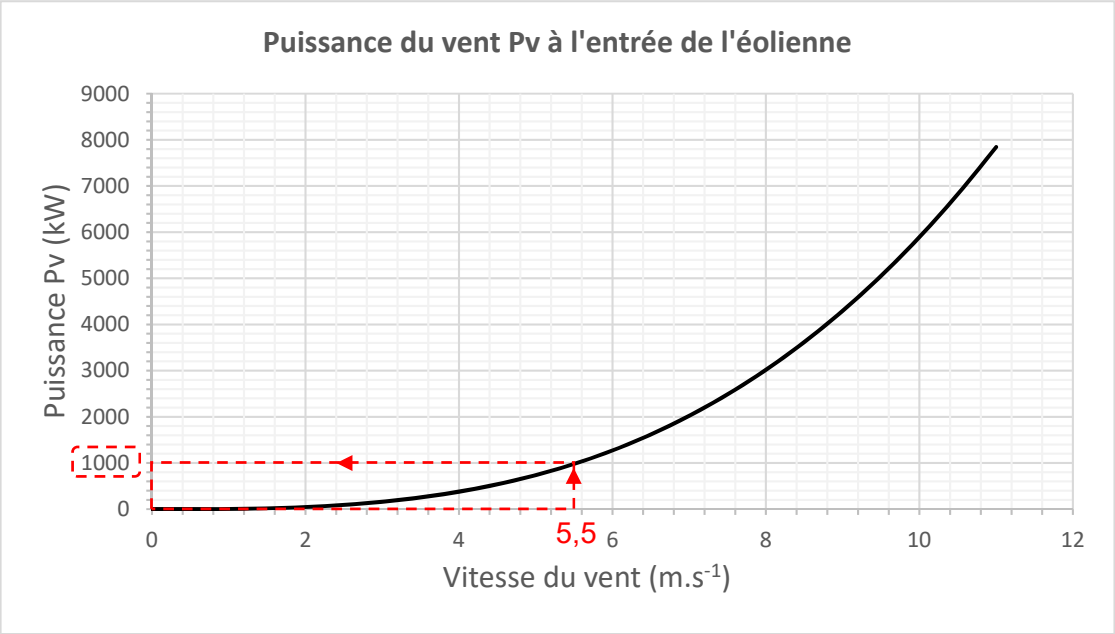
Recettes :

Dépenses :

DR5 : diagramme des blocs internes (ibd)



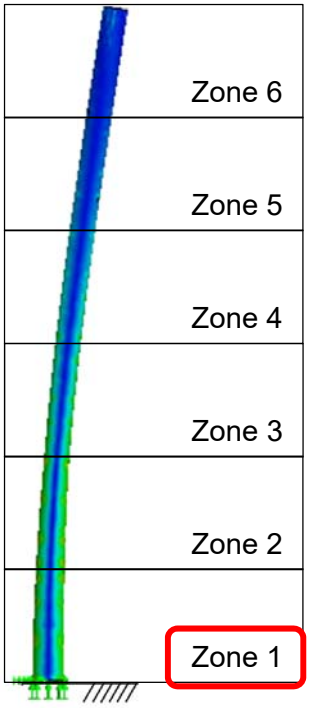
DR6 : courbe de puissance du vent

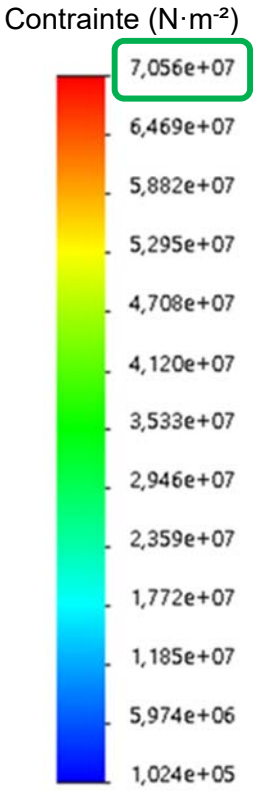


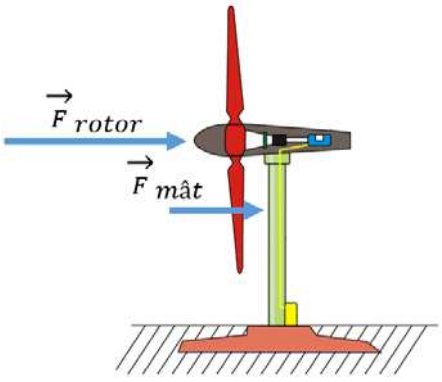
DR7 : résistance du mât seul

Zone la plus sollicitée

Simulation du mât isolé

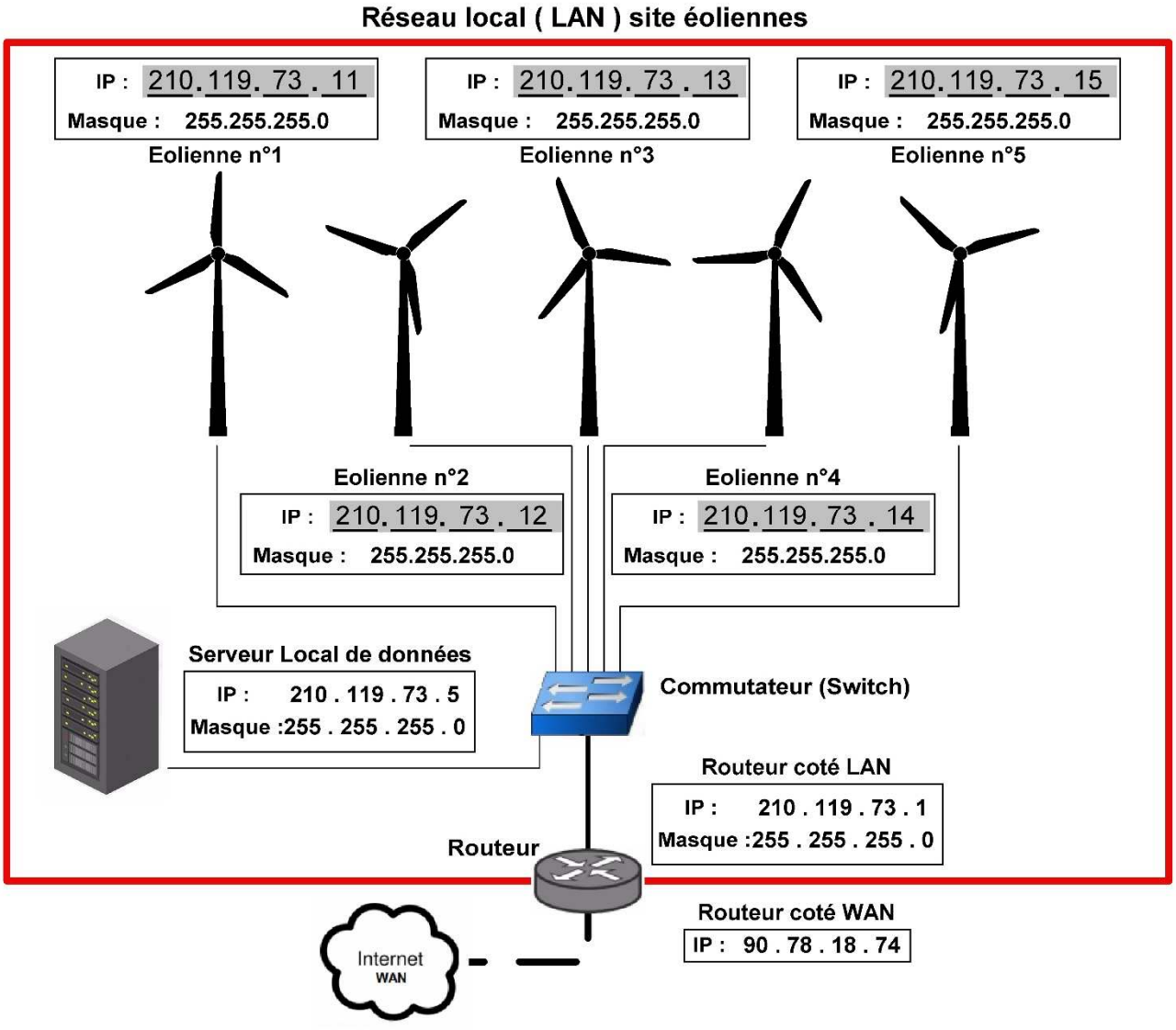






→ Limite élastique du matériau du mât : 6,204e+08 (N·m-2)

DR8 : réseau local (LAN) site d'éoliennes



PARTIE enseignement spécifique (1,5h) ..... 8 points

INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO-CONCEPTION

Projet de ferme éolienne



Correction

Travail demandé

<u>PARTIE A</u> : La vitesse de rotation du rotor est-elle conforme aux données du bureau d'études ?

Question A.1

- Risque structure : force centrifuge élevée et rupture de la structure
- Acoustique : nuisances sonores
- Autres propositions cohérentes (vibrations importantes, fissures …)

Question A.2

Sur DTS1 le constructeur indique une vitesse nominale de vent de 11 $m.s^{-1}$. Sur le graphique, à cette vitesse, la puissance générée est bien maximale (Voir DRS1).

$\omega_{maxi} = \pi$ x N / 30 donc π x 13,2 / 30 $\approx$1,38 $rad \cdot s^{-1}$

Question A.3

Mouvement de rotation de centre O. $T_{M \in pale/nacelle}$: cercle de centre O et de rayon OM avec OM=R=$\varnothing_{rotor}$/2 soit 116.8/2=58,4m (Voir DRS2).

Question A.4

V_t = R x ω_{maxi} donc 58,4x1,38 $\approx$ 80,6$m \cdot s^{-1}$.
Soit un vecteur de 4cm vers la droite, perpendiculaire au rayon OM (voir DRS2).
V_t =80,6x3,6$\approx$ 290 $km \cdot h^{-1}$

Question A.5

$\lambda = \frac{80,6}{20} \approx 4$

Question A.6

$V_t \approx$ 290 $km \cdot h^{-1}$ < 300 $km \cdot h^{-1}$
$\lambda \approx 4 > 3$ (éolienne de type rapide)
La vitesse de rotation est donc conforme aux précisions du bureau d'études.

<u>PARTIE B</u> : Les composants hydrauliques du dispositif de calage sont-ils correctement dimensionnés ?

Comment garantir une plage de réglage de 90° ?

Question B.1

- Vitesse de démarrage : 3 $m.s^{-1}$ vent faible donc $\beta = 0°$
- Vitesse de coupure : 20 $m.s^{-1}$ vent fort donc $\beta = 90°$ (ou $\beta \geq 90°$)

Question B.2

Voir DRS3

Question B.3	Voir DRS4, trajectoire du point B = arcs de cercle, la construction peut se faire sans compas, CD=CD'. Distance DB constante, on reporte la longueur DB à partir de D' les poins A, B et D reste toujours alignés, on obtient donc B' Mis à part la précision de la construction, aucune autre position de D' et B' ne sera acceptée.
Question B.4	Mesure de BD-B'D' : 7,2 – 2,6= 4,6cm + mise à l'échelle 4,6 x 20 = 92 cm ou toute autre proposition cohérente…
Question B.5	La case de la ligne 06 de la référence du vérin donne la course en mm soit 950mm, Il faut une course mini de 920mm pour garantir une plage de réglage de 90°mini, 950>920, le vérin choisi permet donc de garantir la plage de réglage.

L'effort du vérin est-il suffisant pour régler la position de la pale ?

Question B.6	Voir DRS5
Question B.7	La case de la ligne 04 de la référence du vérin donne le ∅piston=100mm La case de la ligne 05 de la référence du vérin donne le ∅tige=70mm $S = \pi \times R^2$ ou $\pi \times D^2/4$ $S_1 = \pi \times 50^2 \approx 7854$ mm^2 $S_2 = (\pi \times 50^2) - (\pi \times 35^2) \approx 4005$ mm^2
Question B.8	$F = p \times S$ avec p en MPa et S en mm^2, 250 bars = 25 MPa $F_2 = 25 \times 4005 = 100125$ N 100125 N > 80 kN Il n'est pas nécessaire de calculer F_1, il sera forcément plus grand que F_2 car $S_1 > S_2$ et la pression p reste la même.
Question B.9	Le vérin choisi correspond bien à la course nécessaire de 920mm < 950 mm. L'effort demandé est d'environ 100kN ce qui est bien inférieure à la valeur max donnée par le constructeur.

<u>PARTIE C</u> : La liaison moyeu/pale résiste-t-elle à l'effort axial ?

Question C.1	m_{pale} = 8,3T soit 8300kg $P = m_{pale} \times g$, $P = 8300 \times 9,81 = 81423$ N Voir DRS6.

Question C.2

$F_{cent} = 8300 \times 15,4 \times 1,38^2 \approx 243420$ N ($\pi.N/30 = 1,38$)
Voir DRS6.

Question C.3

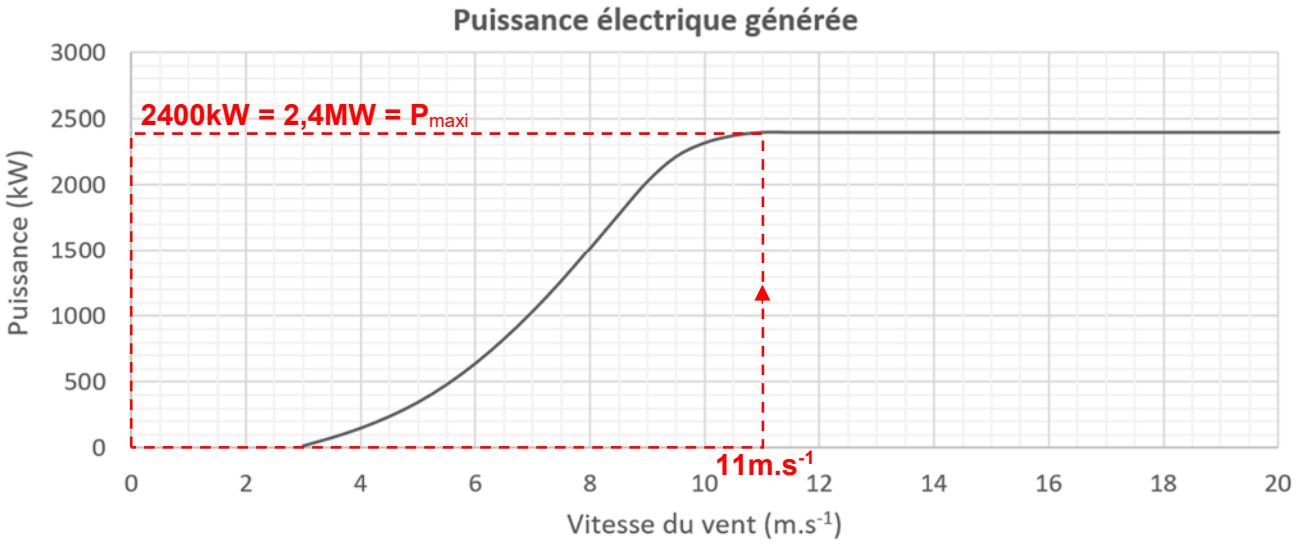
DRS6

En position 1 (pale basse), l'effort axial $\vec{E}_{moyeu/pale}$ sera le plus important car le poids et la force centrifuge s'ajoutent :
$\vec{E}_{moyeu/pale} = -(\vec{P}_{pale} + \vec{F}_{cent})$
$\vec{E}_{moyeu/pale} = -(81423 + 243420).\vec{x}$
$\vec{E}_{moyeu/pale} = -(324843).\vec{x}$

Question C.4

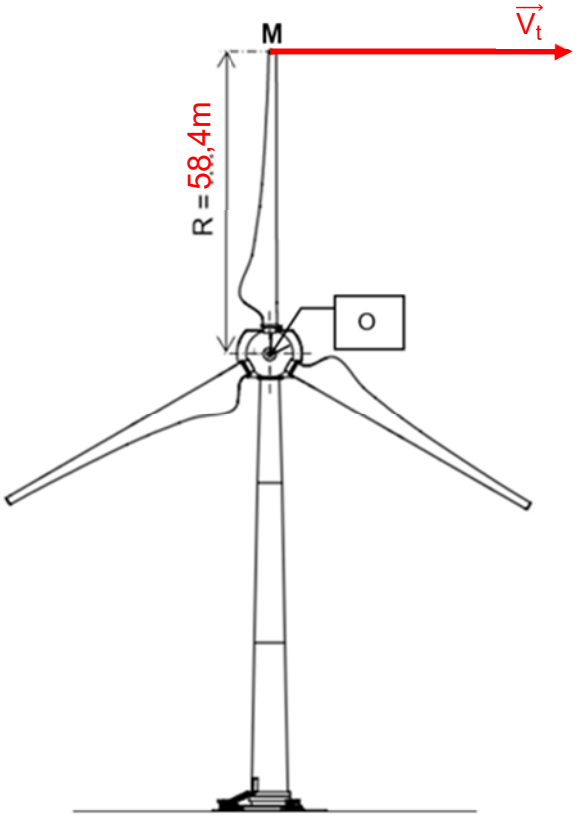
324,843 kN < 1000 kN, la liaison résiste donc à l'effort axial.
$s = 1000 / 324,843$
Le coefficient de sécurité pris en compte par le bureau d'études est donc $s \approx 3$

DRS1 : courbe de puissance générée

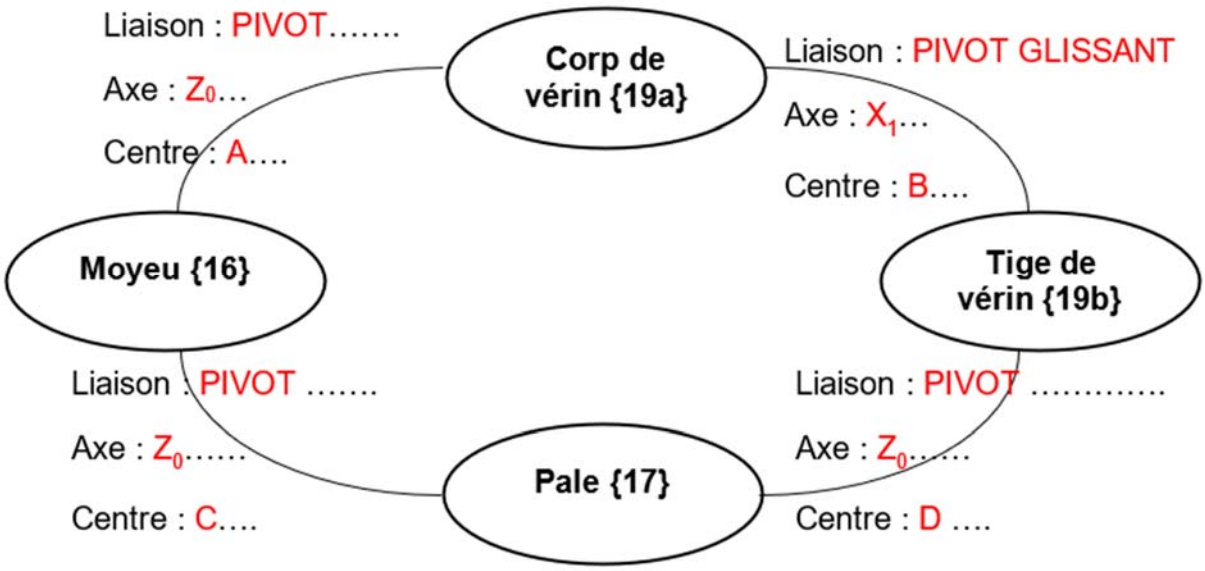


DRS2 : étude du mouvement du rotor

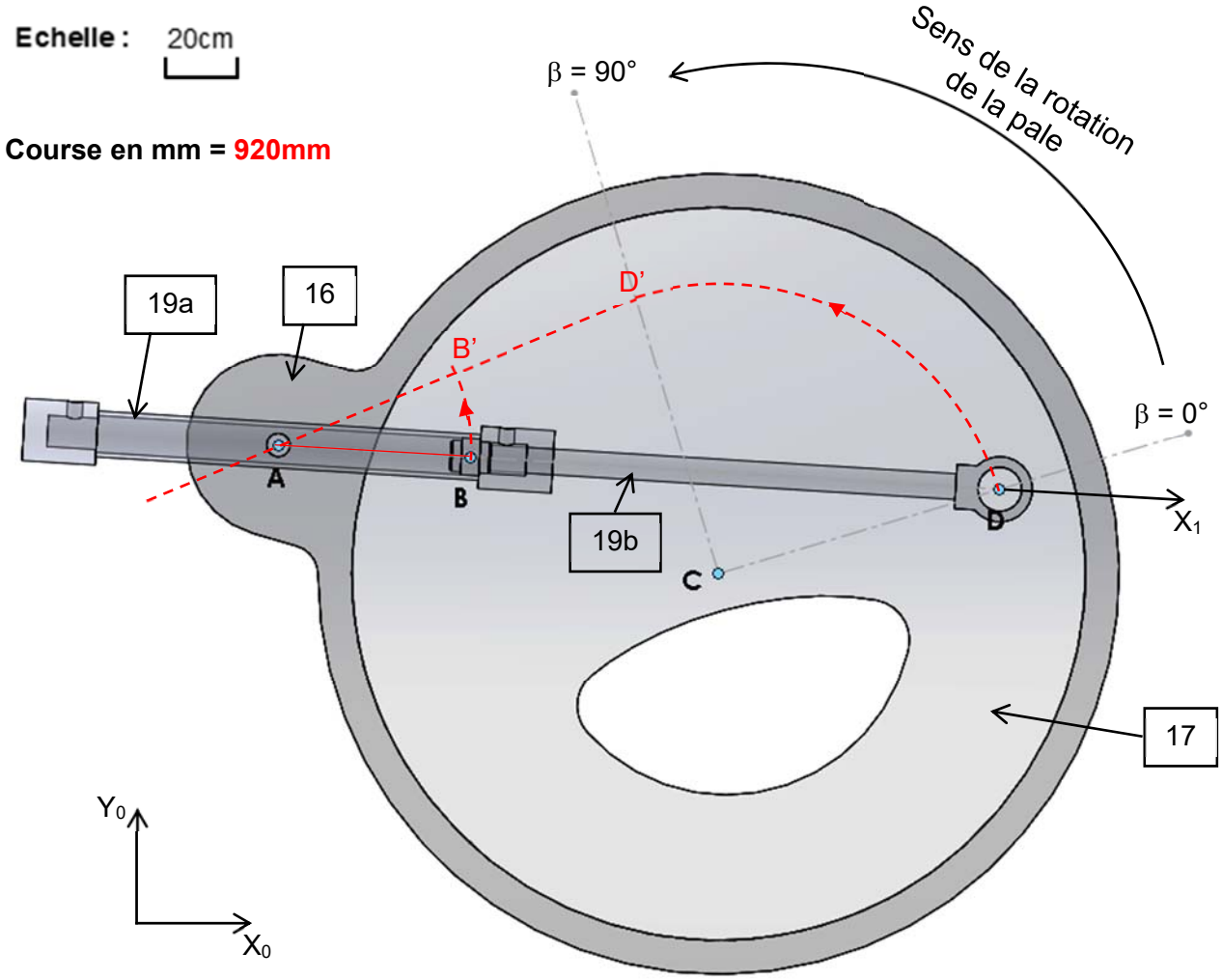
Echelle des vitesses :
1 cm → 20 m·s^{-1}
Sens de rotation du rotor :
sens horaire
Point O :
centre de rotation du rotor



DRS3 : graphe des liaisons du pitch control

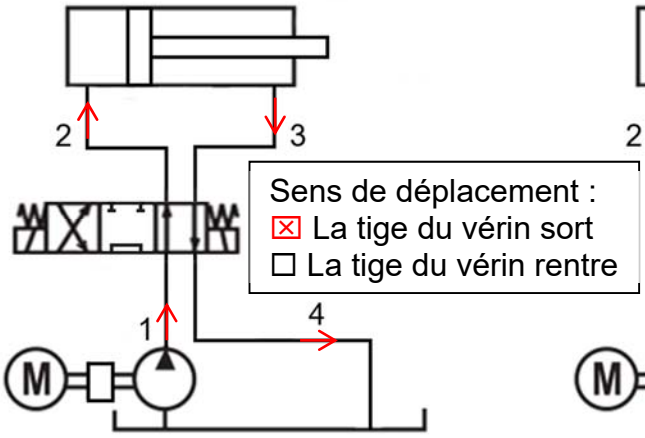


DRS4 : mise en plan, positions du vérin hydraulique du pitch control



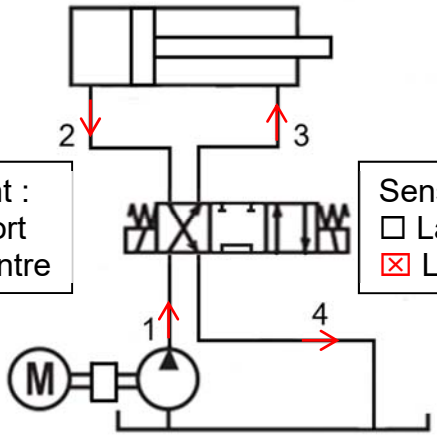
DRS5 : positions du distributeur et flux hydraulique

Position N°1



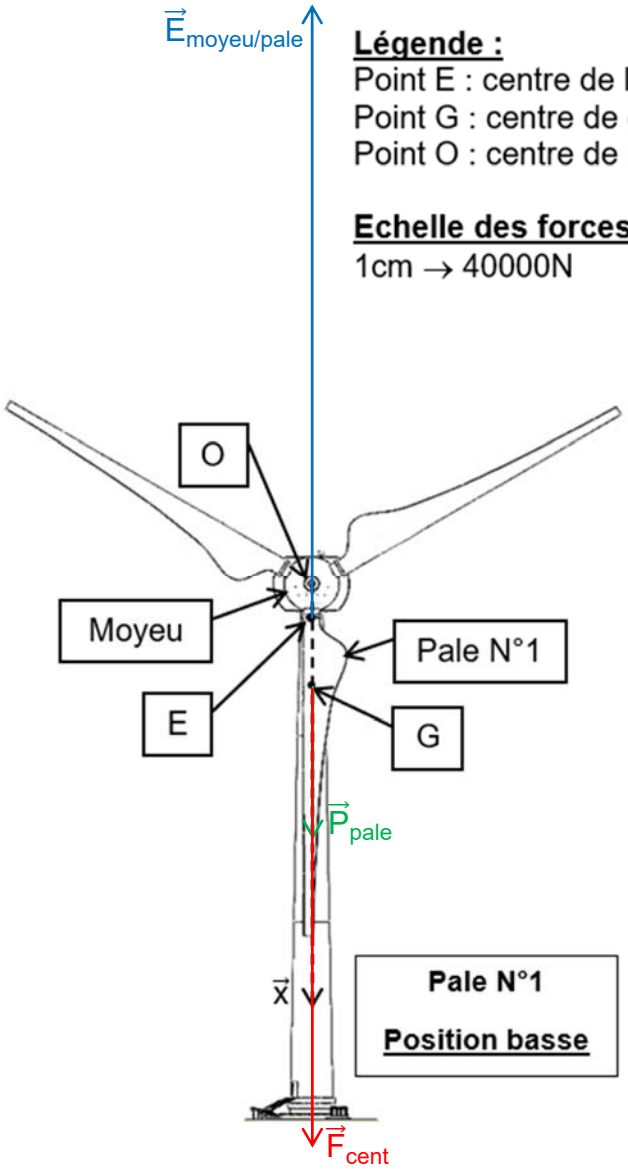
Sens de déplacement :
☒ La tige du vérin sort
☐ La tige du vérin rentre

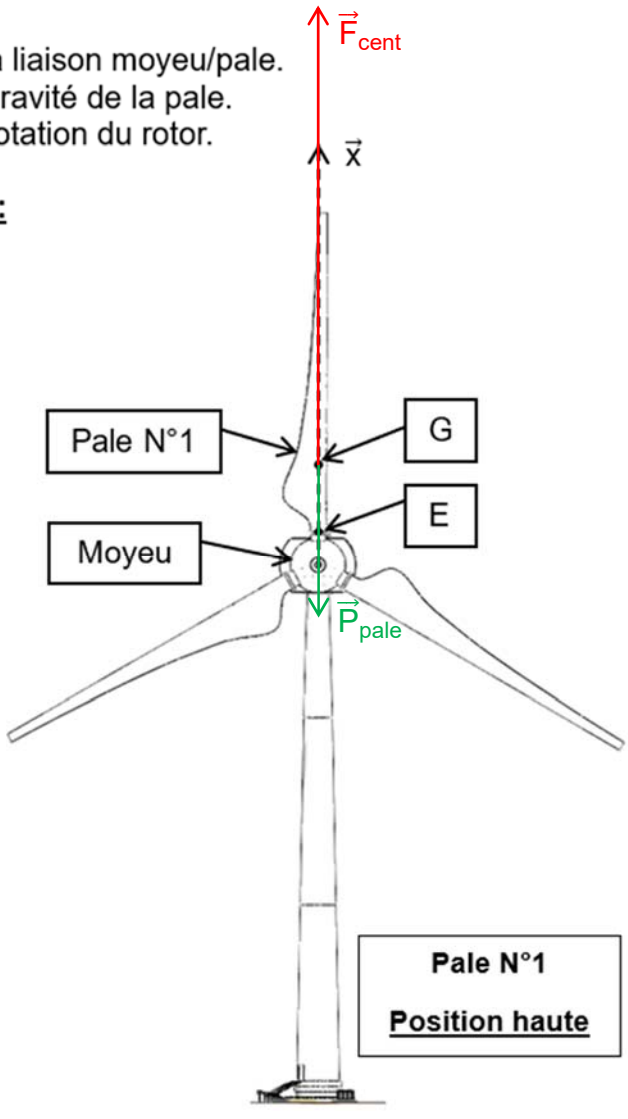
Position N°2



Sens de déplacement :
☐ La tige du vérin sort
☒ La tige du vérin rentre

DRS6 : efforts sur une pale





Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.