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 DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

Épreuve du mercredi 18 juin 2025

Durée de l'épreuve : **4 heures**

Aucun document autorisé.
L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 27 pages numérotées de 1/27 à 27/27.

Constitution du sujet :

Partie commune (durée indicative 2h30)	12 points
Partie spécifique (durée indicative 1h30)	8 points

Le candidat traite la partie commune et la partie spécifique en suivant les consignes contenues dans le sujet. Ces 2 parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.
Tous les documents réponses, même vierges, sont à rendre obligatoirement avec la copie.

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

Projet de ferme éolienne



- Présentation de l'étude et questionnement ..... pages 2 à 8
- Documents techniques DT1 à DT4 ..... pages 9 à 11
- Documents réponses DR1 à DR8 ..... pages 12 à 16

Mise en situation

Le plan climat a été lancé le 6 juillet 2017 pour accélérer la transition énergétique et climatique. Les enjeux climatiques sont en effet la pierre angulaire de la solidarité universelle. La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte fixe l'objectif d'atteindre 40% d'énergie renouvelable dans le mix électrique français d'ici 2030. La filière éolienne terrestre doit apporter une contribution décisive à l'atteinte de cet objectif. La programmation pluriannuelle de l'énergie actuelle qui fixe les objectifs de développement des énergies renouvelables, prévoit entre 21 800 MW et 26 000 MW de capacité éolienne terrestre installée en 2025. Ce sujet porte sur l'étude d'implantation d'une ferme éolienne d'une puissance totale de 12 MW.

Travail demandé

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

L'énergie éolienne présente de multiples atouts vis-à-vis de l'environnement. Néanmoins, elle peut apporter certaines nuisances qu'il faut veiller à réduire, voire supprimer. L'étude d'impact a pour objectif de situer le projet au regard des préoccupations environnementales. Son contenu doit être en rapport avec l'importance des aménagements projetés et leurs incidences prévisibles sur l'environnement.

La règlementation impose le respect d'une distance minimale de 500 m entre une éolienne et les habitations.

Question 1.1 DR1	**Tracer** sur le schéma d'implantation la distance minimale imposée à chaque éolienne pour les projets 1 et 2. **Justifier** que la réglementation est bien respectée.
Question 1.2 DT1 DR2	À partir du bilan des critères d'impact, **compléter** les tableaux d'analyse des deux projets d'implantation en indiquant une pondération de +1 pour un critère d'impact favorable ou de -1 pour un critère d'impact défavorable. **Calculer** les totaux.
Question 1.3	À partir des questions précédentes, **conclure** et **justifier** le choix du projet d'implantation le plus pertinent.

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

La solution envisagée est une ferme de cinq éoliennes identiques d'une puissance nominale de 2,4 MW chacune.

Le facteur de charge (f_c) ou facteur d'utilisation d'une centrale électrique est le rapport entre l'énergie électrique effectivement produite sur une période donnée et l'énergie qu'elle aurait produite si elle avait fonctionné à sa puissance nominale durant la même période.

$$f_C = \frac{\text{Énergie produite}}{\text{Énergie nominale}}$$

Question 2.1 DT2	**Calculer** l'énergie électrique produite en MW·h par l'ensemble des cinq éoliennes sur une année en prenant en compte la notion de facteur de charge.

Selon l'agence de la transition écologique, la consommation moyenne annuelle d'électricité est de 3 200 kW·h par foyer français (hors production d'eau chaude sanitaire et chauffage).

Question 2.2	**Calculer** le nombre de foyers auxquels les éoliennes peuvent subvenir en électricité (hors production d'eau chaude sanitaire et chauffage).

On compte 7 000 foyers dans les communes environnantes.

Question 2.3	**Justifier** l'intérêt de ce projet au regard des enjeux climatiques.

Partie 3 : ce projet est-il économiquement viable ?

L'installation d'une éolienne représente un investissement important et occasionne une maintenance régulière. La revente de l'énergie électrique à EDF ENR permet le financement de ce projet.
La production moyenne de la ferme est estimée à 25 000 MW·h par an.
La puissance totale installée est de 12 MW.

Les résultats seront exprimés en kilo euros (1 kilo euro = 1 k€ = 1 000 €).

Question 3.1

DT3

DR3

Compléter le tableau des dépenses et recettes sur une année pour les cinq éoliennes.

Question 3.2

DT3

DR4

Représenter sur le graphique de viabilité financière les dépenses et les recettes en respectant la légende donnée.

Question 3.3

DT3

En déduire le nombre d'années nécessaire pour que l'installation devienne rentable.

Conclure sur la validité financière d'un tel projet.

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

Question 4.1

DR5

Préciser les différentes formes d'énergie dans les étiquettes en traits pleins en sortie de chaque élément du diagramme des blocs internes (ibd), en choisissant parmi les six formes d'énergie suivantes : chimique, nucléaire, mécanique, thermique, rayonnante et électrique.

Question 4.2

DR5

Qualifier la nature de l'énergie aux étiquettes des points A et B du diagramme des blocs internes (ibd), en choisissant parmi les quatre propositions : primaire, secondaire, finale et utile.

Question 4.3

DR5

Tracer en rouge le flux d'énergie principal en partant du vent vers le réseau électrique.

Tracer en vert les flux d'information.

La vitesse moyenne du vent sur le site de la ferme éolienne est estimée à 5,5 $m \cdot s^{-1}$ tout au long d'une année.

Question 4.4

DR6

Placer ce point de fonctionnement sur la courbe de puissance.

En déduire la puissance disponible fournie par le vent Pv (en kW).

Question 4.5

DT4
DR5

Compléter la chaîne de puissance en précisant le rendement de chaque bloc dans les cases grisées.

Question 4.6

Calculer le rendement global η pour une éolienne.

En déduire l'énergie produite sur une année en prenant la puissance moyenne fournie par le vent égale à 1 MW pour une éolienne.

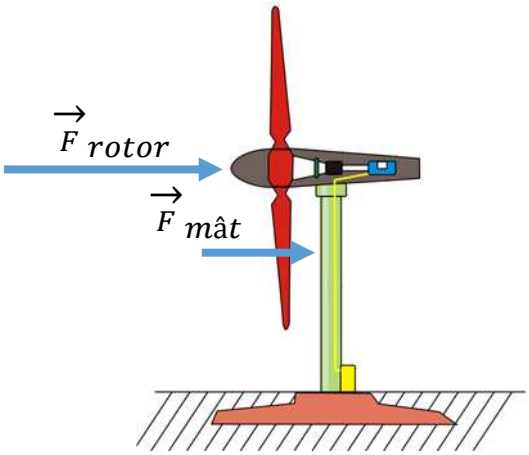
Le bureau d'études estime à 25 000 MW·h l'énergie électrique produite par la ferme éolienne pour une année.

Question 4.7

Conclure sur l'estimation du bureau d'études pour le parc de cinq éoliennes.

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

Le mât est soumis à des efforts aérodynamiques horizontaux.



Dans cette partie, nous étudions uniquement la résistance du mât au vent.

Une simulation a été réalisée et les résultats des sollicitations sont donnés sur le DR7.

Question 5.1

Indiquer à quelle sollicitation est soumis le mât face au vent, en choisissant parmi les propositions suivantes : torsion, traction, flexion, compression et cisaillement.

Question 5.2

DR7

Sur la simulation du mât isolé (à gauche), **entourer** la zone de 1 à 6 la plus sollicitée du mât.

- La limite élastique du matériau utilisé est $R_e = 6{,}204 \cdot 10^8$ N·m^{-2} ;
- la contrainte maximale relevée dans le mât est $\sigma_{max} = 7{,}056 \cdot 10^7$ N·m^{-2}.

Question 5.3 | **Calculer** le coefficient de sécurité s en appliquant la formule $s = \frac{R_e}{\sigma_{max}}$.

On considère qu'un coefficient de sécurité s = 3 est suffisant.

Question 5.4 | **Préciser**, en justifiant, si le mât est correctement dimensionné pour résister aux efforts qu'il subit.

Question 5.5 | **Proposer** deux pistes d'amélioration permettant d'optimiser la conception du mât, en ne considérant que la sollicitation étudiée dans cette partie.

Deux solutions peuvent être envisagées pour la réalisation du mât :

- solution 1 : une forme cylindrique creuse dont le volume total de matière est $V_{cylindrique} = 34{,}7$ m^3 ;
- solution 2 : une forme conique creuse dont le volume total de matière est $V_{conique} = 27{,}78$ m^3.

Dans les deux cas, le matériau utilisé est l'acier.

Question 5.6 | **Calculer** en pourcentage le volume d'acier gagné par la solution conique par rapport à la solution cylindrique.

Indiquer quels sont les piliers du développement durable les plus concernés par ce gain en justifiant la réponse.

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

L'exploitant du parc éolien désire surveiller le fonctionnement des éoliennes en contrôlant certaines informations (ex : production électrique, température de la nacelle, vitesse des pales, …). Ce contrôle est effectué à distance afin de regrouper la surveillance de plusieurs parcs éoliens en un même lieu. L'exploitant surveille vingt sites de cinq éoliennes.

Le document DR8 propose une vision partielle du réseau d'un site.

Question 6.1 | **Proposer** pour chaque éolienne une adresse IP du réseau local.

DR8

Question 6.2 | **Indiquer,** en justifiant, le nombre d'adresses encore disponibles pour étendre le parc éolien.

Un analyseur de trame récupère les valeurs des octets correspondant aux différentes données transmises. Pour la donnée « fréquence de rotation des pales », la valeur de l'octet transmis est (en binaire) $N = (01101001)_2$.

Question 6.3 | **Calculer** la valeur de cet octet en décimal.

Déterminer la fréquence de rotation des pales en $tr \cdot min^{-1}$ sachant que la valeur décimale de l'octet représente 10 fois la valeur réelle.

La fréquence de rotation maximale des pales fixée par le constructeur est de 13,2 $tr \cdot min^{-1}$. La précision de mesure de vitesse nécessaire au fonctionnement de l'éolienne est de 0,1 $tr \cdot min^{-1}$.

Question 6.4 | **Conclure** sur la possibilité de surveiller tous les parcs éoliens et de mesurer la vitesse de rotation des pales.

DT1 : bilan des critères d'impacts

Projet	Description de l'implantation	Milieu naturel	Milieu humain	Paysage
Implantation N°1	6 éoliennes	C1.1 : 6 éoliennes en lignes induisant un effet barrière supérieur qui augmente le risque de collision avec l'avifaune* (notamment en période de migration) largeur du parc 1600 m. C1.2 : aucune éolienne localisée dans des zones à enjeu écologique : zone naturelle remarquable, habitats européens, zones humides. C1.3 : emprise au sol supérieure par rapport au projet d'implantation N°2 (une éolienne supplémentaire). C1.4 : deux éoliennes (E5 et E6) plus à l'Est, proches de la zone humide associée au cours d'eau de la Mâtre, des lisières boisées et des habitations.	C1.5 : projet éolien avec une emprise limitée compatible avec les pratiques agricoles (exploite au maximum les chemins existants).	C1.6 : implantation des éoliennes sur une ligne Est-Ouest générant un impact visuel accru depuis les habitations de la commune au Sud-Est. C1.7 : implantation trop proche de la vallée de la Mâtre à l'Est.
Implantation N°2	5 éoliennes	C2.1 : disposition en ligne de 4 éoliennes avec une éolienne placée plus au Nord, des espaces entre les éoliennes plus importants et une largeur globale plus réduite (1100 m) minimisant l'effet barrière et les risques de collisions avec l'avifaune * (notamment en période de migration). C2.2 : aucune éolienne localisée dans des zones à enjeu écologique : zone naturelle remarquable, habitats européens, zones humides. C2.3 : emprise au sol réduite par rapport au projet d'implantation N°1 (une éolienne en moins). C2.4 : suppression des 2 éoliennes (E5 et E6 du projet d'implantation N°1) proches de la zone humide associée au cours d'eau de la Mâtre et des lisières boisées. L'éolienne E5 est située à plus de 600 m du ruisseau de la Mâtre. Éloignement général par rapport au cours d'eau et aux zones humides supérieur à 400 m.	C2.5 : projet éolien avec une emprise limitée compatible avec les pratiques agricoles (exploite au maximum les chemins existants)	C2.6 : implantation des éoliennes en une ligne moins longue avec une éolienne décalée au Nord limitant l'impact visuel depuis les habitations de la commune au Sud-Est. C2.7 : implantation plus éloignée de la vallée de la Mâtre au Nord.

(*) Avifaune : ensemble des espèces d'oiseaux dans une région donnée.

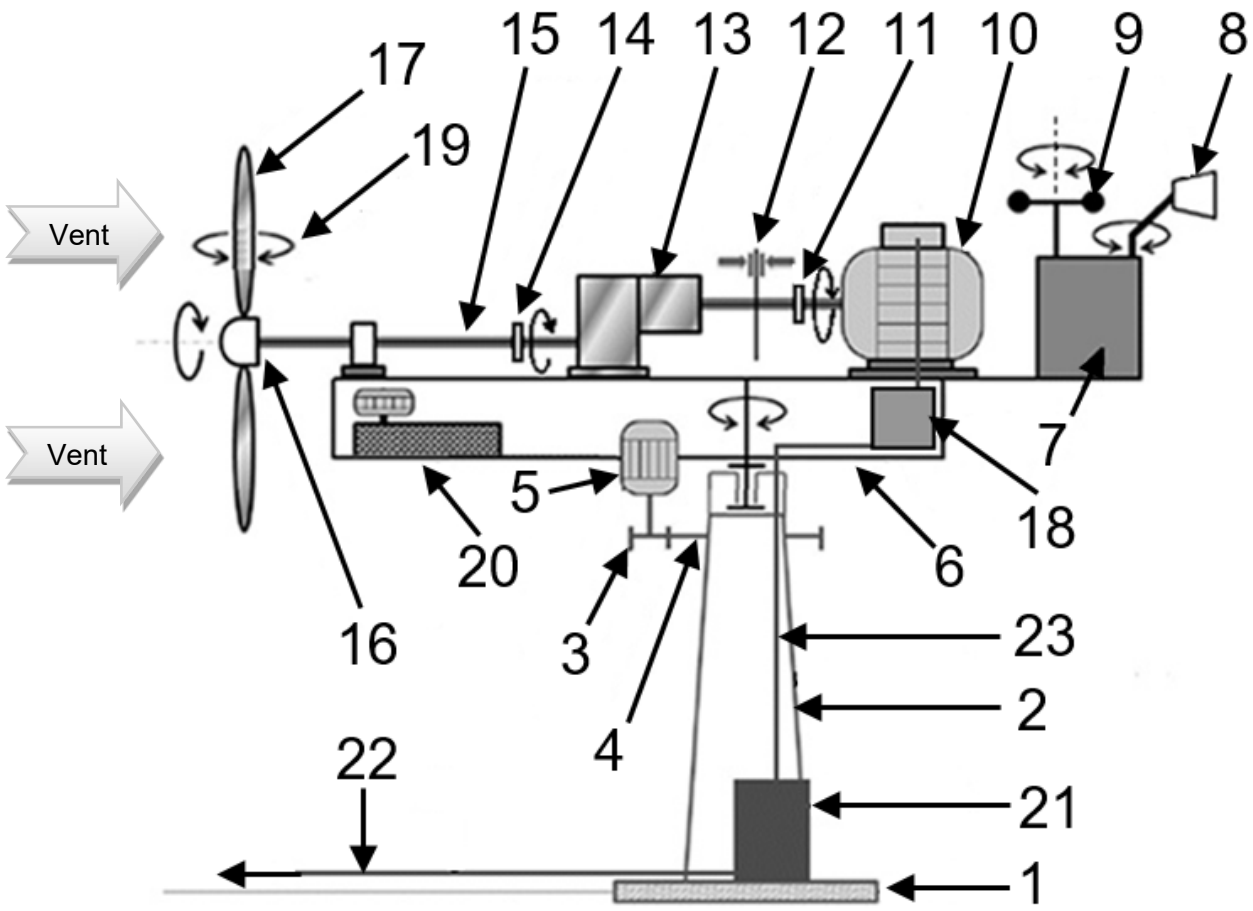
DT2 : facteur de charge (fc) pour la région Auvergne Rhône-Alpes

Nucléaire	Thermique fossile	Hydraulique	Éolien	Solaire	Bioénergies
63,1 %	26,7 %	27,9 %	22 %	13,2 %	63,3 %

DT3 : financement d'une éolienne

		Remarque
Investissement	1 500 € TTC par kW installé.	Comprend les coûts d'études, de matériels, de raccordement, d'installation, de mise en service et de démantèlement.
Coût d'exploitation, d'entretien et de maintenance	3 % par an de l'investissement.	
Prix d'achat de l'énergie électrique par EDF ENR	100 € TTC par MW·h.	
Durée de vie	25 ans.	

DT4: synoptique de l'éolienne



	Désignation		Désignation
1	Fondation	13	Multiplicateur de vitesse (rendement 85%)
2	Mât	14	Accouplement mécanique basse vitesse
3	Pignon d'entraînement de la nacelle	15	Arbre lent
4	Roue dentée liée au mât	16	Moyeu du rotor à 3 pales
5	Moteur d'orientation de la nacelle	17	Pales à orientation variable (rendement 80%)
6	Nacelle orientable	18	Convertisseur (rendement 99%)
7	Unité centrale de traitement	19	Dispositif de calage des pales
8	Girouette	20	Groupe hydraulique
9	Anémomètre	21	Transformateur (rendement 95%)
10	Génératrice asynchrone (rendement 90%)	22	Liaison électrique avec réseau triphasé 20 kV ENEDIS
11	Accouplement mécanique haute vitesse	23	Câble basse tension triphasé 690 V~
12	Frein à disque		

DR1 : implantation des éoliennes

Légende utile

▮ ▬ : habitations

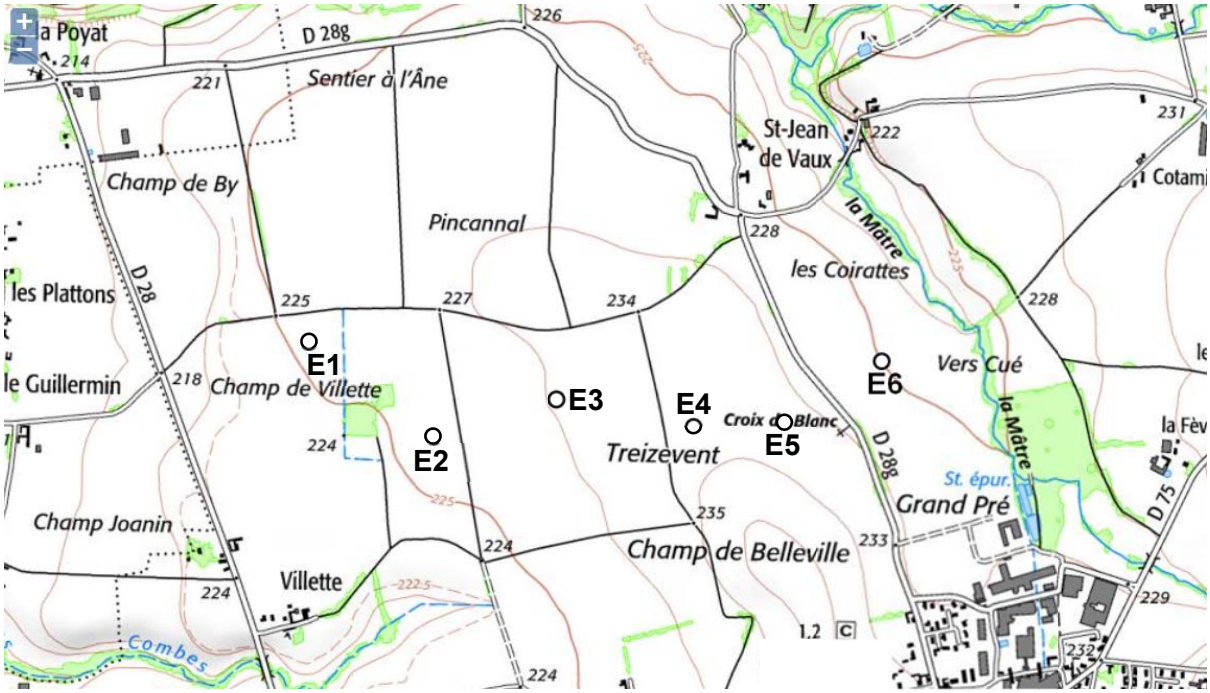
○ : éolienne

Échelle des plans

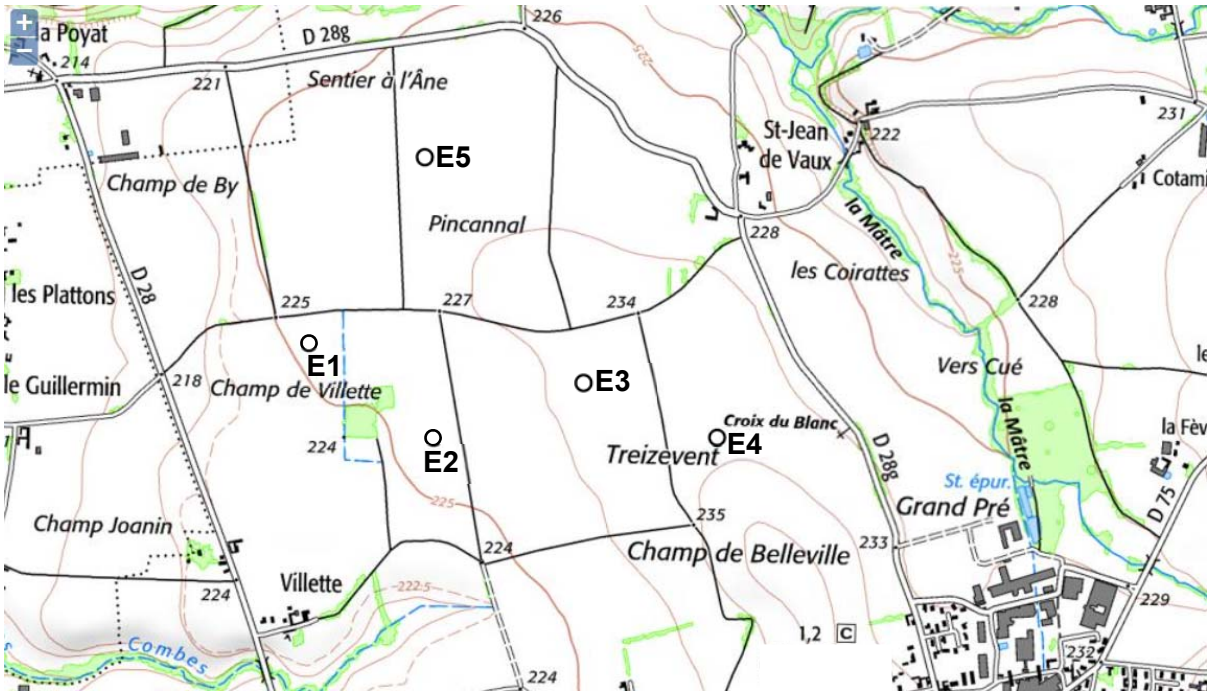
200m



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)



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DR2 : analyse des deux projets

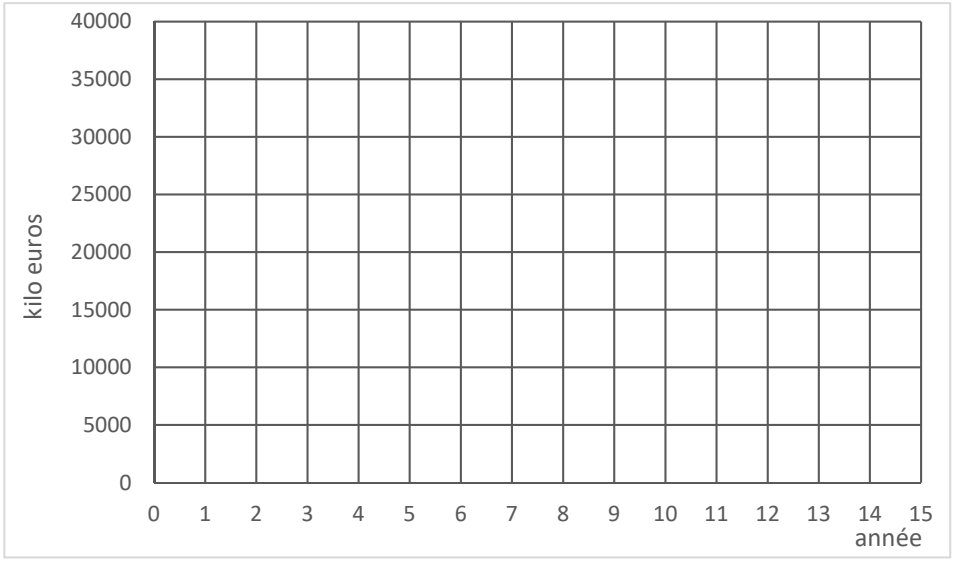
Critères Projet N°1	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C1.5	C1.6	C1.7	**Total**
Pondération								

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

DR3 : dépenses et recettes des cinq éoliennes

Pour la ferme de cinq éoliennes sur 1 an		
Dépenses		**Recettes**
Investissement	Maintenance	

DR4 : viabilité financière



1 k€ = 1 000 €

Légende

Recettes : ——

Dépenses : - - - -

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

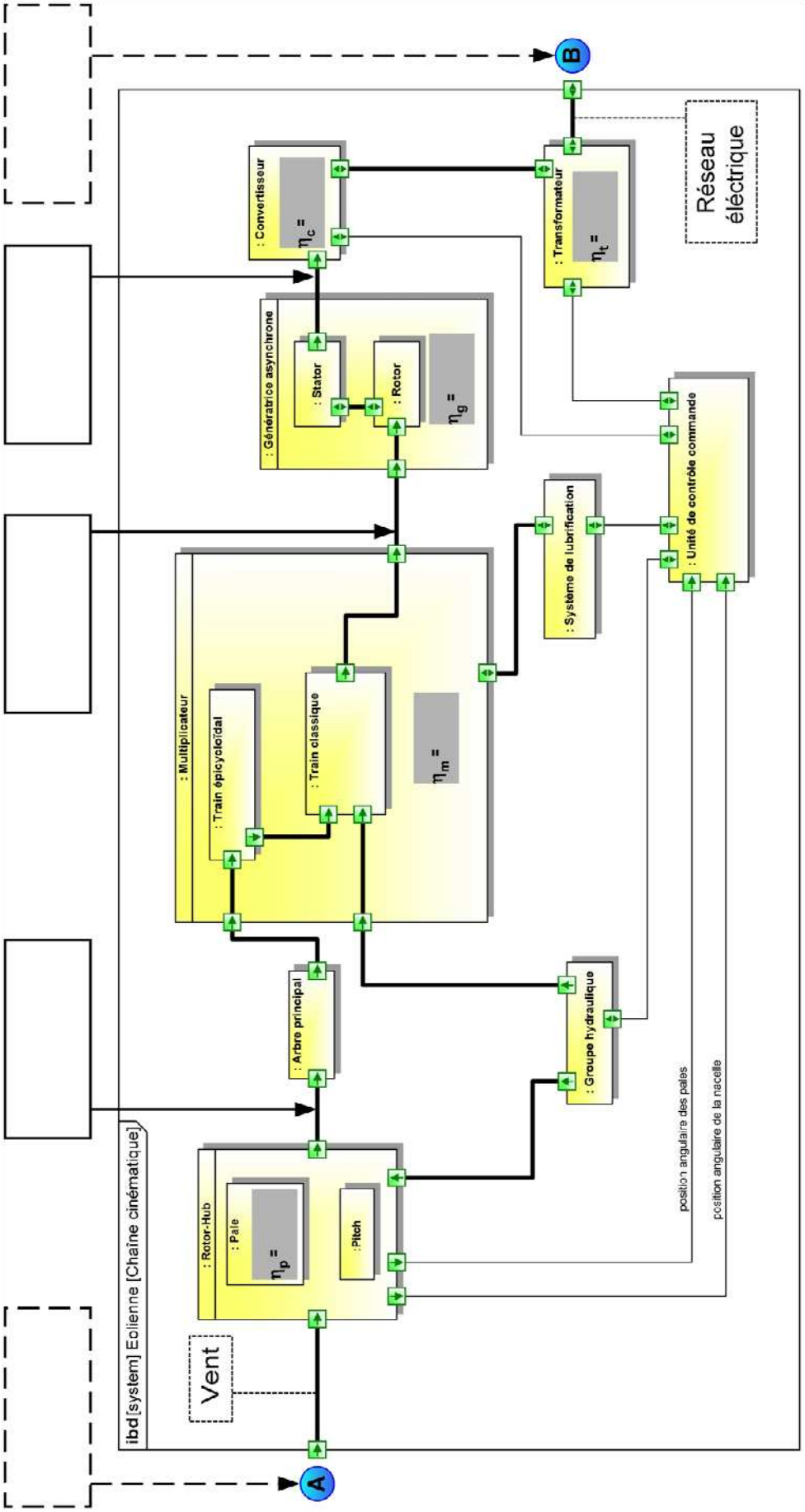
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DR5 : diagramme des blocs internes (ibd)



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

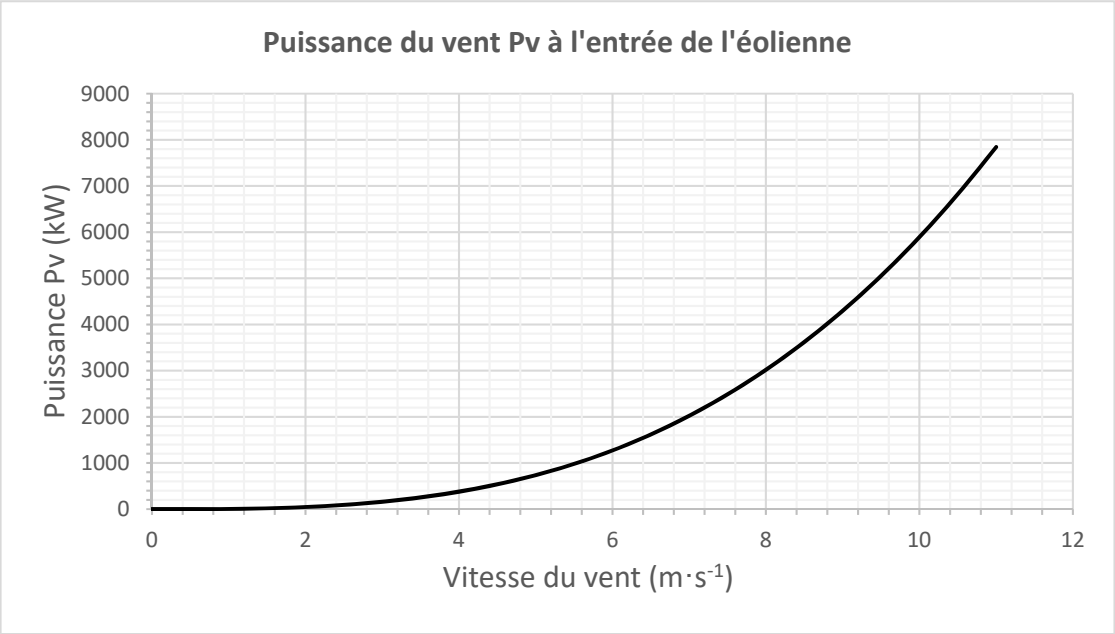
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

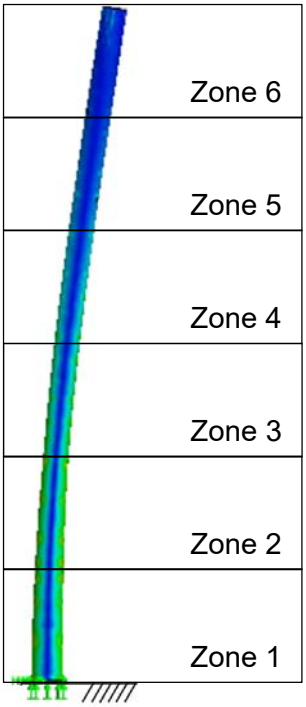
DR6 : courbe de puissance du vent

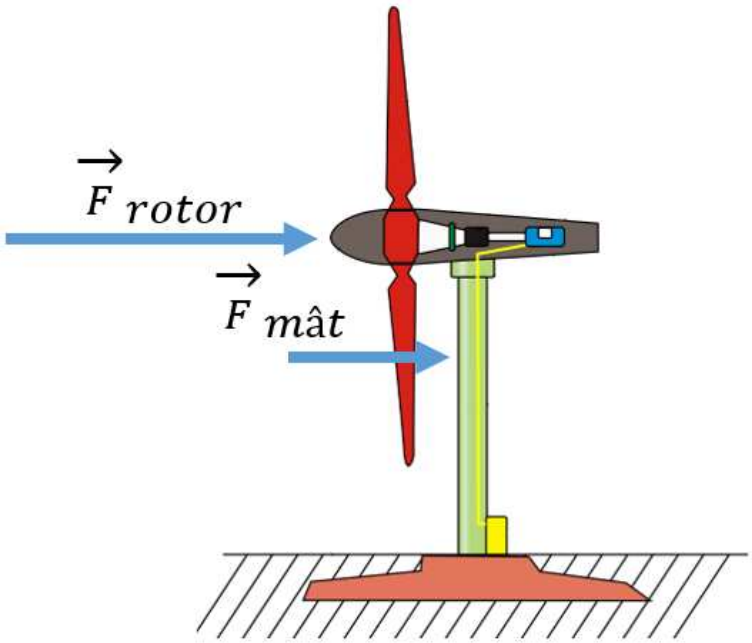


DR7 : résistance du mât seul

Zone la plus sollicitée

Simulation du mât isolé





Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

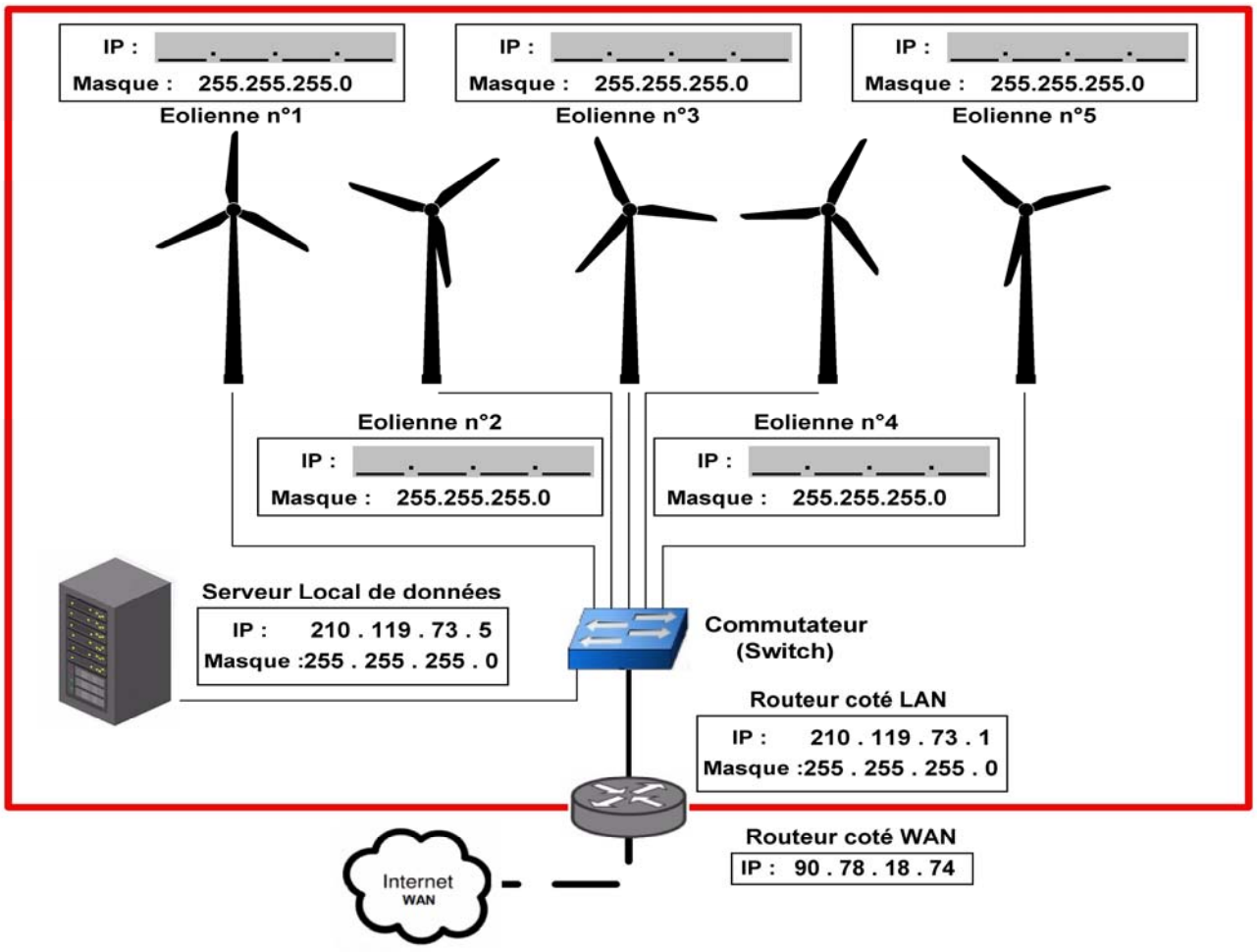
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DR8 : réseau local (LAN) site d'éoliennes



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

PARTIE SPÉCIFIQUE (1,5h) ..... 8 points

Vous prendrez une nouvelle copie pour traiter cette partie.

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

Projet de ferme éolienne



- Présentation de l'étude et questionnement ..... pages 17 à 22
- Documents techniques DTS1 à DTS4 ..... pages 23 à 25
- Document réponse DRS1 à DRS2..... pages 26 à 27

Mise en situation

Les cinq éoliennes envisagées dans ce projet sont qualifiées « d'éoliennes géantes ». Leurs dimensions (hauteur de 150 m environ) et leur masse (plusieurs centaines de tonnes) nécessitent une étude approfondie de leurs fondations.

Les efforts vertical $\vec{P}_V$ et horizontal $\vec{H}$ qui s'exercent sur l'éolienne imposent une étude de stabilité de l'ouvrage (voir DTS1).

Seuls deux effets sont étudiés ici pour valider la stabilité de l'éolienne :

- Le poinçonnement (enfoncement dans le sol). Il est dû à l'effort vertical $\vec{P}_V$ agissant sur la structure. Seul le poids propre de la structure est pris en compte ici.
- Le glissement (déplacement horizontal de la structure). Seul l'effort horizontal $\vec{H}$ agissant sur la structure est pris en compte ici.

Le phénomène de basculement n'est pas abordé.

Travail demandé

Partie A : la structure est-elle stable sous l'effet du poinçonnement ?

Question A.1 (DTS1)

Relever la masse d'une pale m_{pale}, de la nacelle $m_{nacelle}$ et du mât $m_{mât}$.

Calculer la masse totale de l'éolienne $m_{éol}$ en tonnes.

La fondation est réalisée en béton armé. Sa masse volumique est ρ = 2 700 kg·m^{-3}.

Question A.2 (DTS2)

Déterminer en m^3 les volumes *V1*, *V2* et *V3* de la fondation et le volume total de la fondation V_{fond}.

Calculer, en kg puis en tonnes, sa masse m_{fond}.

On définit par structure l'ensemble composé de l'éolienne et de sa fondation.

g = 9,81 m·s^{-2}

Question A.3

Calculer en kN la charge permanente verticale $\vec{P}_V$ correspondant au poids total de la structure (éolienne + fondation).

Question A.4 | **Citer** deux autres charges verticales non permanentes à prendre en compte réglementairement pour un calcul complet aux états limites (ELS ou ELU).

Quel que soit le résultat trouvé précédemment, $\left\|\overrightarrow{P_V}\right\|$ = 15 000 kN.

Question A.5 | **Calculer** la surface de contact *S* de la fondation sur le sol.

DTS2 | En **déduire**, en MPa, la contrainte σ exercée par la structure sur le sol.

La structure repose sur un sol homogène. La contrainte admissible du sol est σ_{adm} = 0,3 MPa. Le coefficient de sécurité sur la contrainte est au minimum s = 2.

Question A.6 | **Calculer** le coefficient de sécurité sur la contrainte et **vérifier** qu'il respecte la valeur minimale pour le dimensionnement des fondations.

Partie B : la structure est-elle stable sous l'effet du glissement ?

La structure est dimensionnée de manière à résister à de fortes rafales de vent qui dépendent de la région dans laquelle se situe l'éolienne. Le vent crée sur l'éolienne un effort horizontal ($\overrightarrow{H}$). S'il dépasse une valeur limite, les pales sont mises en drapeau et ne tournent plus.

Une simulation aérodynamique a permis d'évaluer cet effort horizontal agissant sur l'éolienne en fonction de la vitesse du vent (voir DTS4).

Question B.1 | **Relever** la vitesse maximale du vent V_{max} dans la zone du projet d'implantation des éoliennes et la **convertir** en $m \cdot s^{-1}$.

DTS3, DTS4 | À l'aide de la simulation aérodynamique, en **déduire** la valeur de l'effort horizontal $\overrightarrow{H}$ que subit la structure.

Dans une première approche, pour assurer la stabilité de la structure, la relation de non-glissement suivante doit être respectée :

$$H < \frac{P_{Vmini} \cdot \tan \delta}{\gamma}$$

Avec :

- H : effort horizontal que subit la structure (calculé à la question B.1).
- P_{Vmini} : effort vertical minimal. Prendre P_{Vmini} = 15 000 kN.
- δ : angle de frottement entre la fondation et le sol, soit δ = 25 °.
- γ : coefficient de sécurité.

Question B.2	**Vérifier** que la relation de non-glissement est respectée sans tenir compte du coefficient de sécurité. **Calculer** le coefficient de sécurité γ arrondi à l'entier inférieur.
Question B.3	Au vu des études précédentes sur la stabilité au poinçonnement et au glissement, **indiquer** comment la fondation pourrait être optimisée.

PARTIE C : le bruit généré par les éoliennes respecte-t-il la réglementation ?

Au-delà de la pollution visuelle perçue par certains riverains, le bruit engendré par les éoliennes peut avoir un effet néfaste sur la santé.
La réglementation est basée, entre autres, sur la notion d'émergence, qui est définie comme étant la différence entre le niveau de bruit ambiant (comportant le bruit avec éoliennes) et le niveau de bruit résiduel (en l'absence du bruit des éoliennes), appelé également bruit de fond.

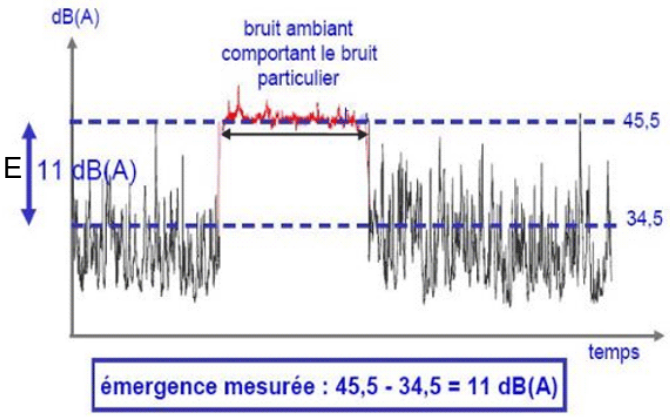
L'indicateur d'émergence E s'exprime ainsi :

$$E = Leq_{éol} - Leq_{résI}$$

$Leq_{éol}$: niveau de bruit ambiant pendant la période de fonctionnement des éoliennes.

$Leq_{résI}$: niveau de bruit résiduel (bruit de fond) pendant la période où les éoliennes ne fonctionnent pas.

Exemple de graphe d'émergence



Dans cette partie, nous allons vérifier si la règlementation sur le phénomène de l'émergence est respectée.

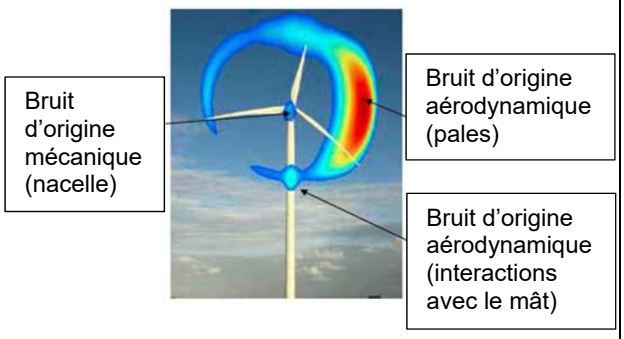
La source du bruit d'une éolienne se situe au sommet du mât, donc suffisamment éloignée du sol pour considérer que l'onde sonore ne rencontre aucun obstacle quelle que soit la direction.

Question C.1 — **Calculer** la distance (D) entre la source du bruit d'une éolienne et un point situé à 500 m du pied d'une éolienne.

DTS1
DRS1

Le niveau de puissance acoustique totale d'une éolienne est **L_W = 102 dB(A)**.

Rappel : le niveau de puissance acoustique traduit la puissance acoustique nécessaire au niveau de la source sonore pour générer des ondes sonores.



Le niveau sonore du bruit L_P (dB(A)) dépend du niveau de puissance L_W (dB(A)), de la distance de la source d (m) et du facteur de directivité Q (sans unité) de la source du bruit. On donne la relation de propagation du bruit en champ libre :

$$L_P = L_W + 10 \cdot \log \frac{Q}{4.\pi.d^2}$$

Facteur de directivité de l'onde sonore (Q)	
	Q = 1, onde omnidirectionnelle
	Q = 2, onde omnidirectionnelle sur le sol
	Q = 4, onde omnidirectionnelle sur le sol contre un obstacle vertical

Question C.2 — **Calculer** le niveau sonore L_P à une distance (d) de 4 m. **Exprimer** la valeur entière arrondie au plus près.

En champ libre, le niveau sonore diminue de 6 dB(A) chaque fois que la distance entre la source sonore et le point considéré est doublée (voir DRS1)

Question C.3 — **Compléter** les niveaux acoustiques pour les distances comprises entre 1 m et 516 m. **Vérifier** qu'aucune habitation ne subira un niveau sonore dû aux éoliennes supérieur à 45 dB(A).

DRS1

Les valeurs calculées précédemment ont permis de valider la phase d'avant-projet, précédant la construction de la ferme éolienne. La règlementation impose de faire des mesures après l'implantations des générateurs.

Le bruit résiduel a été relevé avant l'implantation et le bruit ambiant (avec le fonctionnement des éoliennes) a été mesuré au niveau des habitations les plus proches. Les niveaux sonores dépendent, entre autres, de la vitesse du vent.

Les habitations sont dans une Zone à Émergence Réglementée (ZER). La règlementation impose que dans une ZER, l'émergence globale à ne pas dépasser de jour et de nuit est de :

- 5 dB(A) pour la période 7h – 22h (période diurne)
- 3 dB(A) pour la période 22h – 7h (période nocturne)

Question C.4 DRS2	**Compléter** les tableaux en calculant l'émergence manquante pour les périodes diurne (jour) et nocturne (nuit).

Question C.5	**Conclure** sur le respect de la règlementation sur le bruit.

Pour rappel, deux projets étaient à l'étude avant la création. Sur un des deux projets, la règlementation sur le bruit n'était pas respectée.

Question C.6	**Proposer** une solution pouvant être mise en œuvre pour ne pas dépasser les limites règlementaires du phénomène d'émergence pour le projet non-conforme.

DTS1 : caractéristiques de l'éolienne N117 – 2,4 MW



CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES	MODÈLE N117 – 2,4 MW
ROTOR	
Diamètre global	116,8 m
Nombre de pales	3
Fréquence de rotation	7,5 – 13,2 $tr \cdot min^{-1}$
Freins	Mise en drapeau des pales par dispositif hydraulique et frein d'arrêt à disque supplémentaire au niveau du rotor.
Surface balayée	10 715 m^2
NACELLE	
Masse de la nacelle	72 tonnes
PALES	
Matériau	Résine renforcée en fibre de carbone et fibre de verre.
Longueur	57,3 m
Masse d'une pale	8,3 tonnes
MÂT	
Type	Conique creux (accès à la nacelle par escaliers intérieurs), segment tubulaire en acier. Fondation en béton.
Hauteur de mât seul	89 m
Masse du mât	210 tonnes
GÉNÉRATRICE	
Type	Asynchrone à double alimentation.
Puissance nominale	2,4 MW
Fréquence	50 à 60 Hz
DONNÉES OPÉRATIONNELLES	
Hauteur totale de l'éolienne en bout de pale	149,4 m
Vitesse de vent de démarrage	3 $m \cdot s^{-1}$
Vitesse de vent nominale	11 $m \cdot s^{-1}$
Vitesse de vent de coupure	20 $m \cdot s^{-1}$

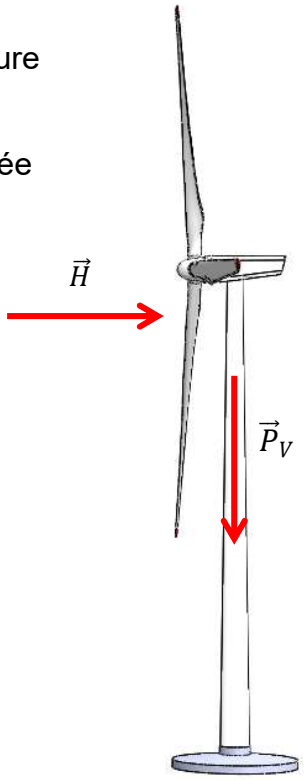
Rappel : 1 tonne = 1 000 kg

DTS2 : efforts horizontaux et verticaux

Efforts verticaux et horizontaux agissant sur l'éolienne.

$\vec{P}_V$: les efforts verticaux correspondent au poids de toute la structure (éolienne + fondation)

$\vec{H}$: les efforts horizontaux proviennent du vent sur l'éolienne (trainée aérodynamique)

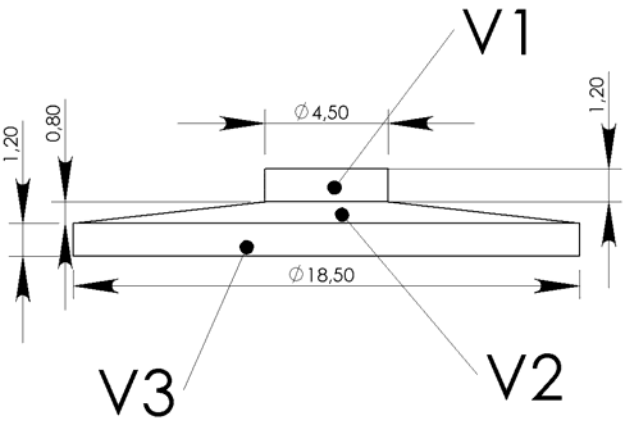


Dimensions de la fondation (en mètre)

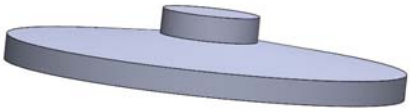
Les volumes V1 et V3 sont des cylindres.

Le volume V2 est un cône tronqué.

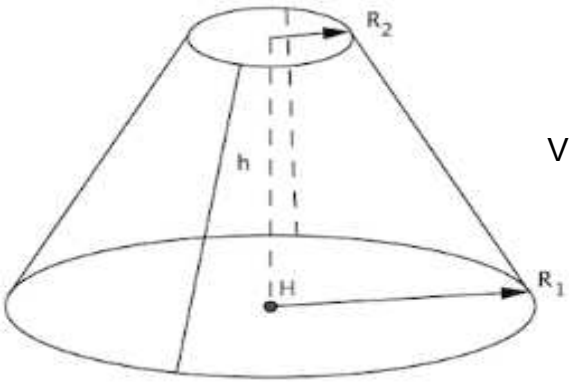
Ci-dessous : fondation vue de côté



Perspective de la fondation



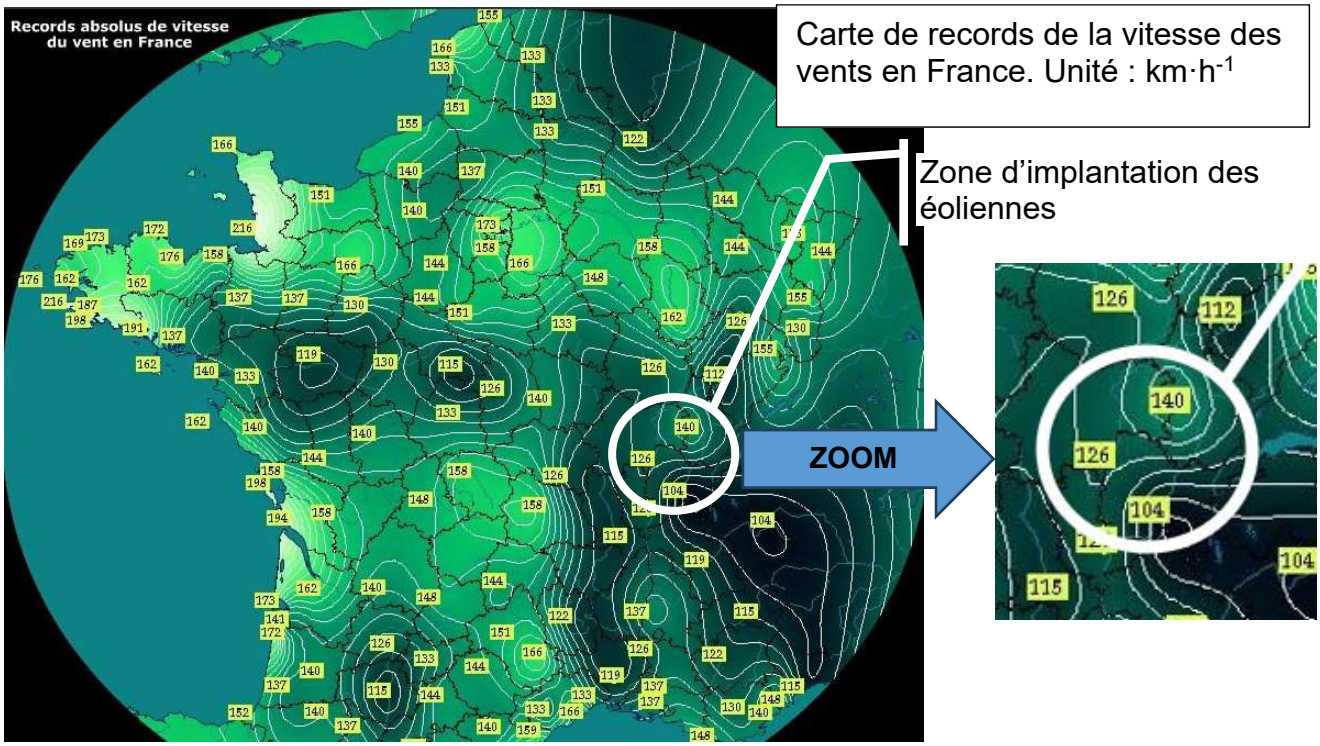
Volume d'un cône tronqué : V



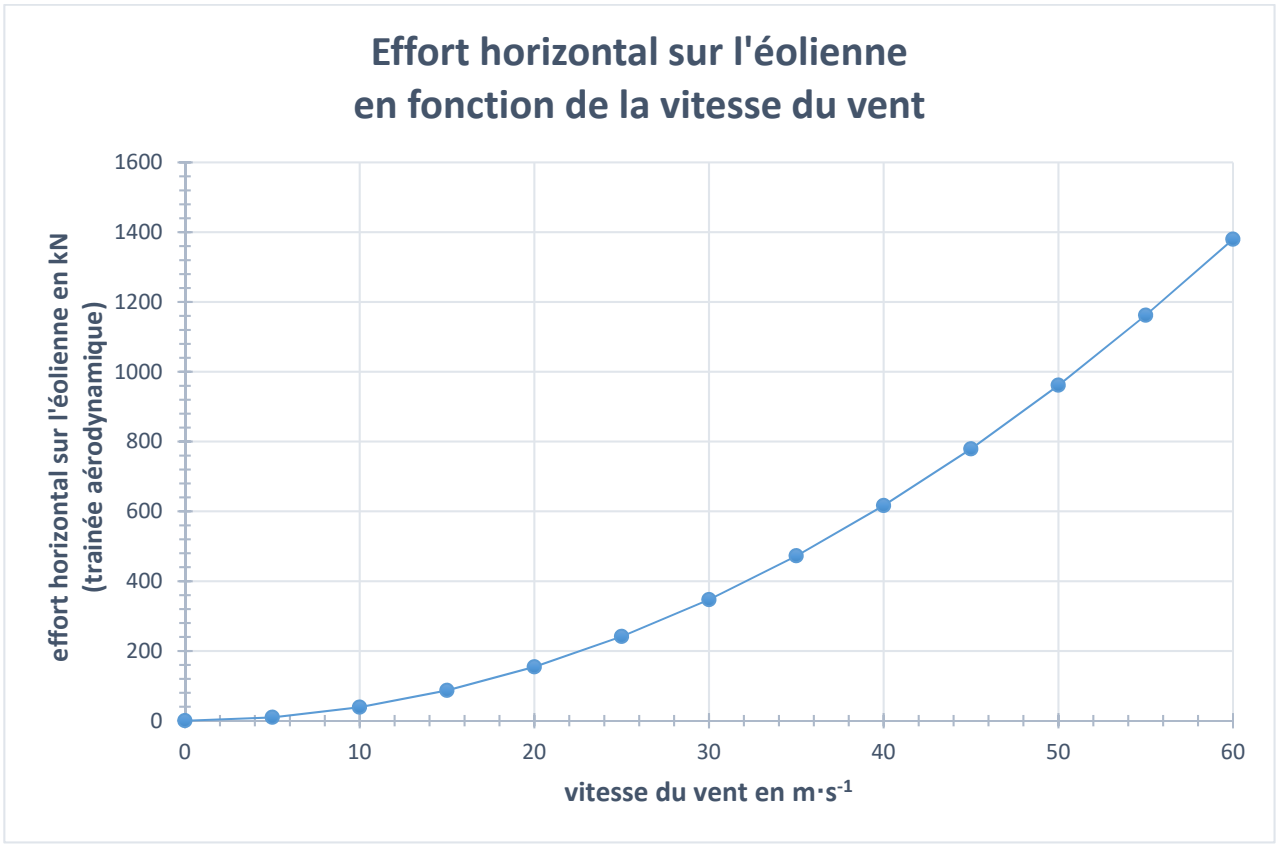
$$V = \frac{\pi \cdot h}{3}(R_1^2 + R_2^2 + R_1 \cdot R_2)$$

Volume V d'un cylindre de diamètre D et de hauteur H : $V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot H$

DTS3 : vents violents en France

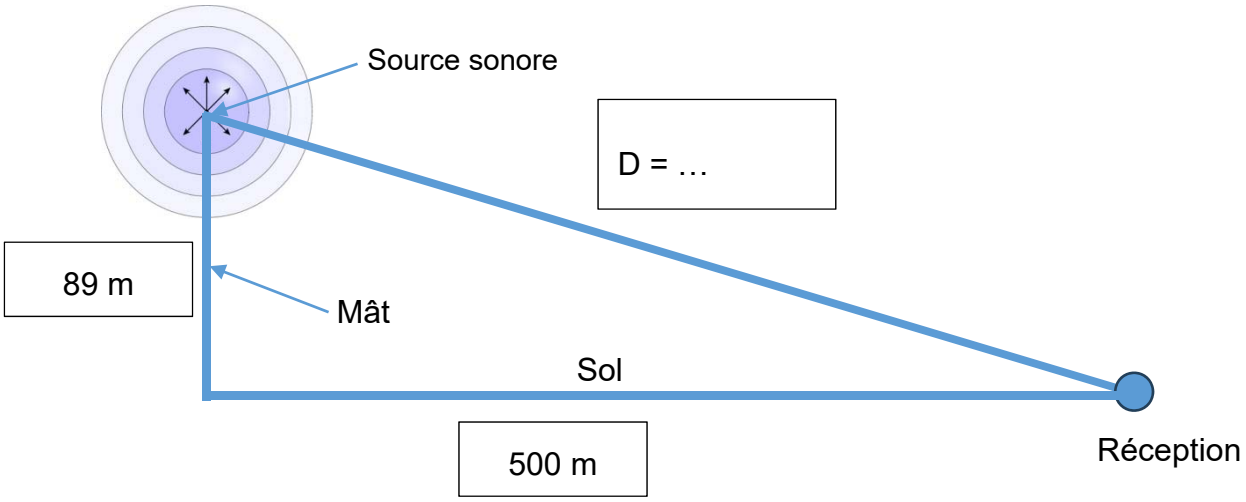


DTS4 : effort horizontal sur l'éolienne (simulation aérodynamique)



DRS1 : distance - niveaux acoustiques

Question C.1



Question C.3

Distance entre la source sonore et le point considéré en mètre	Niveau acoustique en dB(A)
1	91
2	…
4	…
8	…
16	…
32	61
64	55
128	…
256	43
516	…

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DRS2 : émergence

Question C.4

Bilan *diurne*		**Habitation la plus proche**
Vit. vent	Type de bruit	Bruit en dB(A)
3 m·s^{-1}	Bruit résiduel	43,4
	Bruit ambiant	44,3
	Émergence	0,9
5 m·s^{-1}	Bruit résiduel	44,5
	Bruit ambiant	46,8
	Émergence	…
7 m·s^{-1}	Bruit résiduel	47,9
	Bruit ambiant	49,1
	Émergence	…
9 m·s^{-1}	Bruit résiduel	51,4
	Bruit ambiant	52,2
	Émergence	0,8

Bilan *nocturne*		**Habitation la plus proche**
Vit. vent	Type de bruit	Bruit en dB(A)
3 m·s^{-1}	Bruit résiduel	42,4
	Bruit ambiant	43,2
	Émergence	…
5 m·s^{-1}	Bruit résiduel	41,7
	Bruit ambiant	43,5
	Émergence	1,8
7 m·s^{-1}	Bruit résiduel	45,7
	Bruit ambiant	46,8
	Émergence	…
9 m·s^{-1}	Bruit résiduel	47,1
	Bruit ambiant	47,6
	Émergence	0,5

Les bruits résiduel et ambiant ont été mesurés, l'émergence est à calculer.

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

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.