Etude de quelques énergies renouvelables

Bac S 2006 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Partie I (éolienne). Quelle est la nature du mouvement du point M ? Justifier.

Les positions M_0 à M_7 sont toutes sur un même cercle : la trajectoire de M est **circulaire**.

Entre deux positions successives, séparées par la même durée Δt, la distance parcourue est toujours la même : la valeur de la vitesse est constante.

Le mouvement de M est **circulaire uniforme**.

PIÈGE
Répondre seulement « circulaire » ou seulement « uniforme ». Il faut les deux mots, chacun avec son argument : la forme de la trajectoire, puis l'écart constant entre les points.

1.2 Déterminer la valeur v_2 de la vitesse instantanée réelle au point M_2.

Données utiles $\Delta t = 0{,}1$ s ; échelle de l'annexe : 3,0 cm pour 15 m ; $M_1M_3 = 2{,}8$ cm mesuré sur l'annexe

La vitesse en M_2 est assimilée à la vitesse moyenne entre M_1 et M_3 : $v_2 = \dfrac{M_1M_3}{2\,\Delta t}$.

Distance réelle : $M_1M_3 = \dfrac{2{,}8 \times 15}{3{,}0} = 14$ m.

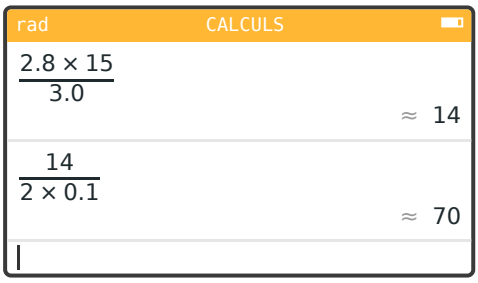
$$v_2 = \frac{14}{2 \times 0{,}1}$$

$v_2 = 70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Diviser par Δt au lieu de $2\,\Delta t$: entre M_1 et M_3 il s'écoule deux intervalles. Autre oubli fréquent : convertir la longueur mesurée en distance réelle avec l'échelle.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : la mesure à la règle en donne deux, Δt un seul. Le résultat vaut donc « environ 7×10^1 m · s^{-1} » ; on garde 70 pour la suite.

À LA CALCULATRICE



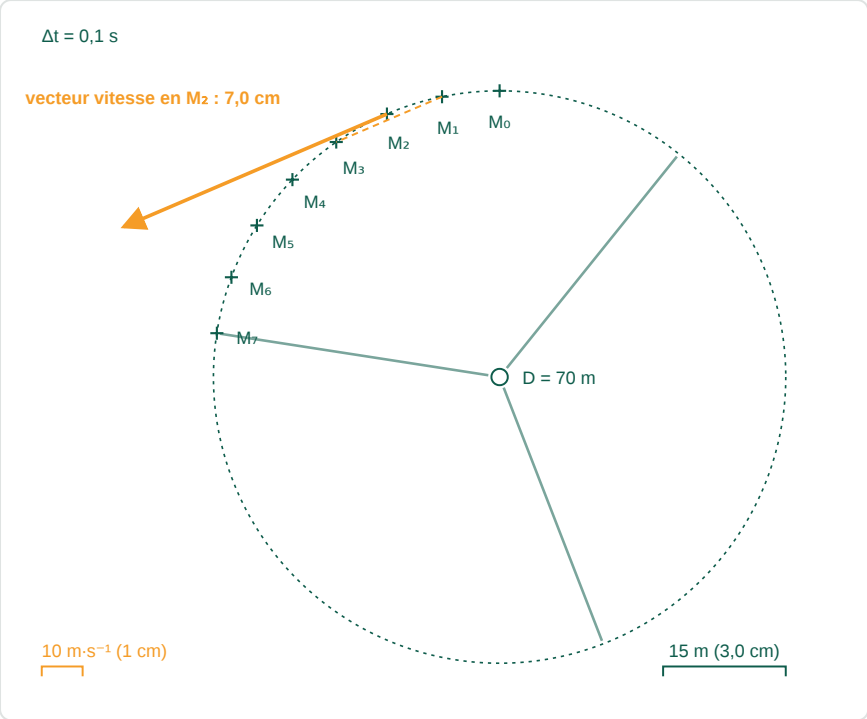
1.3 Construire le vecteur vitesse $\vec{v}_2$ sur la figure 1 de l'annexe, à l'échelle 1 cm pour $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Données utiles $v_2 = 70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (1.2)

Le vecteur $\vec{v}_2$ a pour origine M_2, il est tangent au cercle (donc parallèle à la corde M_1M_3) et orienté dans le sens du mouvement, de M_2 vers M_3.

Longueur du vecteur : $\dfrac{70}{10} = 7{,}0$ cm

MÉTHODE
Un vecteur vitesse se trace en quatre points : origine au point considéré, direction tangente à la trajectoire, sens du mouvement, longueur donnée par l'échelle des vitesses.



1.3 · Figure 1 complétée : corde M_1M_3 en tirets et vecteur vitesse en M_2, tangent au cercle, dans le sens du mouvement

1.4 Quelle est la durée d'un tour ?

Données utiles $D = 70$ m ; $v = 70\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (1.2)

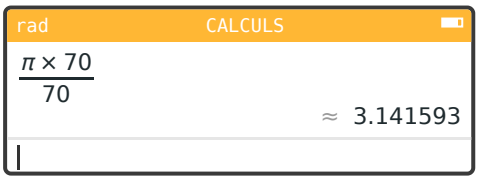
En un tour, M parcourt le périmètre du cercle, πD, à vitesse constante : $v = \dfrac{\pi D}{T}$, donc $T = \dfrac{\pi D}{v}$.

$$T = \frac{\pi \times 70}{70}$$

$T = 3{,}1$ s

PIÈGE
Confondre diamètre et rayon : le périmètre vaut $\pi D = 2\pi R$, avec $R = 35$ m. Écrire $2\pi D$ double la durée du tour.

À LA CALCULATRICE



2 En déduire la fréquence de rotation de la pale, c'est-à-dire le nombre de tours effectués en une minute.

Données utiles $T = 3{,}1$ s (1.4)

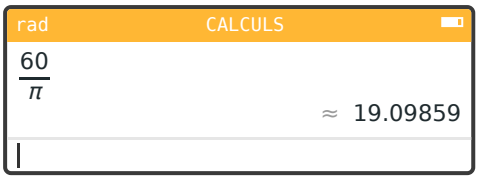
La pale fait un tour en T secondes, donc en 60 s elle effectue $f = \dfrac{60}{T}$ tours.

$$f = \frac{60}{3{,}1}$$

$f = 19\ \text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$, soit environ 20 tours par minute.

COMPRENDRE
$1/T$ donne la fréquence en hertz, c'est-à-dire en tours par seconde : $0{,}32$ Hz. On multiplie par 60 pour passer aux tours par minute, unité de la courbe du constructeur.

À LA CALCULATRICE



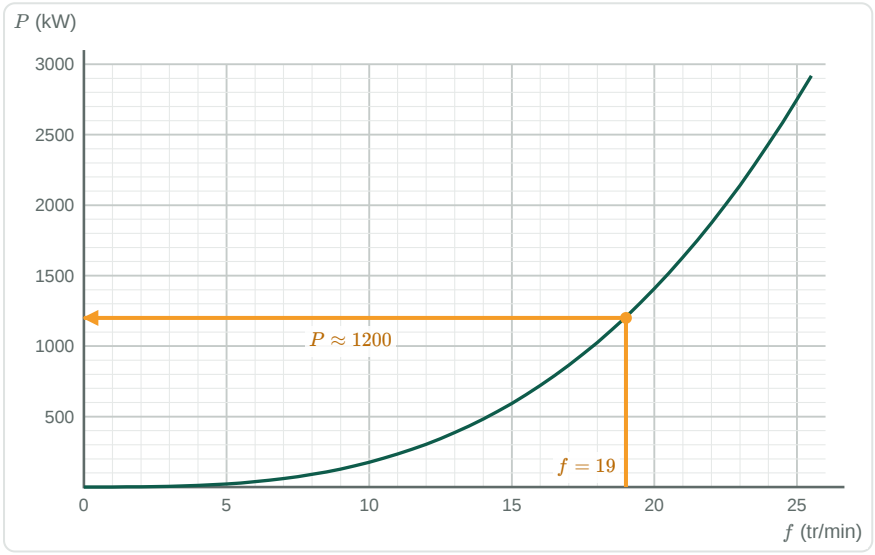
3 Déterminer, à l'aide de la courbe du constructeur, la puissance délivrée par l'éolienne dans ces conditions de rotation.

Données utiles $f = 19\ \text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$ (2)

On repère $f = 19\ \text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$ sur l'axe des abscisses, on monte jusqu'à la courbe, puis on lit l'ordonnée du point obtenu.

$P \approx 1{,}2 \times 10^3$ kW, soit environ 1,2 MW.

COMPRENDRE
La courbe est très pentue dans cette zone : avec la valeur arrondie de 20 tours par minute, on lit $1{,}4 \times 10^3$ kW. Les deux lectures sont cohérentes avec la précision des mesures.



3 · Courbe du constructeur, avec la lecture pour 19 tours par minute

1.1 Partie II (houle). Décrire qualitativement le mouvement du bout de bois représenté sur la figure 2.

L'onde est transversale : la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation. La houle se propage horizontalement, donc le bout de bois se déplace verticalement.

Le bout de bois monte et descend sur place, sans être emporté vers la droite.

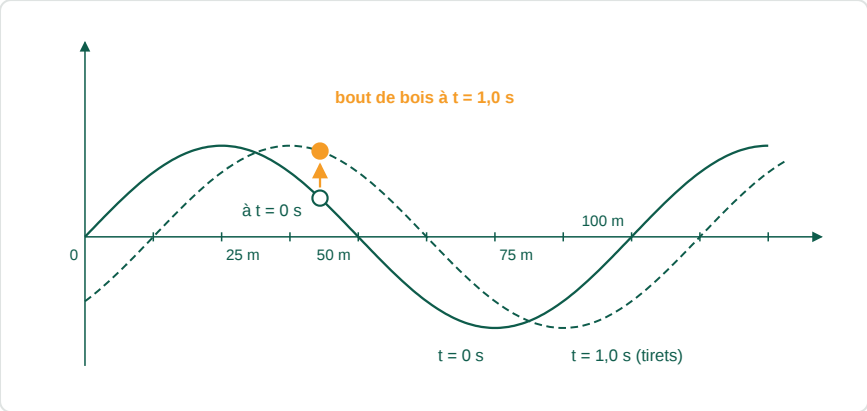
COMPRENDRE
Une onde transporte de l'énergie, pas de matière : l'eau et ce qui flotte dessus restent, en moyenne, à la même abscisse.

1.2 Sur la figure 2, dessiner la position du bout de bois à $t = 1{,}0$ s.

Le bout de bois garde la même abscisse (environ 43 m). À $t = 1{,}0$ s, il se trouve donc sur la courbe en tirets, à la verticale de sa position initiale.

Le bout de bois est placé sur la courbe en tirets, juste au-dessus de sa position à $t = 0$ s : il est monté.

PIÈGE
Décaler le bout de bois vers la droite, comme la crête. C'est la forme de la vague qui avance, pas l'objet flottant.



1.2 · Figure 2 complétée : le bout de bois reste à la même abscisse et monte sur la courbe en tirets

1.3 Décrire en quelques lignes le principe de fonctionnement de cette usine houlomotrice, en analysant les types d'énergie mis en jeu.

- Les vagues déferlantes passent par-dessus le bord et remplissent le réservoir : l'eau y est stockée au-dessus du niveau de la mer calme, elle possède de l'énergie potentielle de pesanteur.
- L'eau descend dans la conduite : son énergie potentielle de pesanteur est convertie en énergie cinétique.
- L'eau en mouvement fait tourner la turbine, qui reçoit de l'énergie mécanique.
- L'alternateur entraîné par la turbine convertit cette énergie mécanique en énergie électrique.

Chaîne : énergie de la houle → énergie potentielle de pesanteur → énergie cinétique → énergie électrique.

MÉTHODE
Pour décrire une chaîne énergétique, suivre le trajet de la matière (ici l'eau) et nommer, à chaque étape, la forme d'énergie et le convertisseur.

2.1 À l'aide de la figure 2 de l'annexe, calculer la célérité v de l'onde.

Données utiles courbes à $t = 0$ s et $t = 1{,}0$ s ; une graduation de l'axe vaut 12,5 m

Entre les deux dates, une crête passe de l'abscisse 25 m à l'abscisse 37,5 m : l'onde a parcouru $d = 12{,}5$ m pendant $\Delta t = 1{,}0$ s.

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{12{,}5}{1{,}0}$$

$v = 12{,}5\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, soit $13\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ avec deux chiffres significatifs.

PIÈGE
Mesurer un écart vertical entre les deux courbes. La distance parcourue par l'onde se lit horizontalement, entre deux points homologues : deux crêtes ou deux passages par zéro.

COMPRENDRE
On conserve la valeur non arrondie 12,5 dans les calculs suivants, pour ne pas cumuler les arrondis.

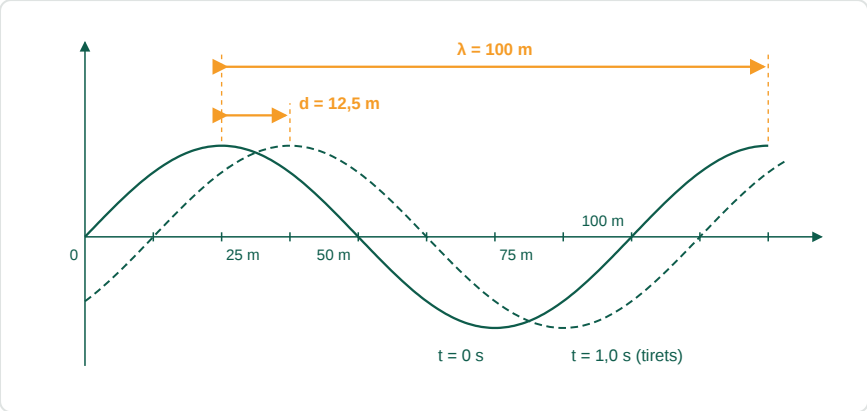
2.2 Définir la longueur d'onde λ de la houle puis la déterminer à l'aide de la figure 2 de l'annexe.

La longueur d'onde est la plus petite distance séparant deux points du milieu qui vibrent en phase. C'est aussi la distance parcourue par l'onde pendant une période.

Sur la courbe à $t = 0$ s, deux crêtes consécutives sont aux abscisses 25 m et 125 m (ou deux passages par zéro en montant à 0 m et 100 m).

$\lambda = 100\ \text{m}$

PIÈGE
Mesurer la distance entre une crête et le creux suivant : on obtient une demi-longueur d'onde, 50 m.



2.2 · Lectures sur la figure 2 : avancée de la crête en 1,0 s et distance entre deux crêtes à la même date

2.3 Définir la période T de l'onde puis calculer sa valeur.

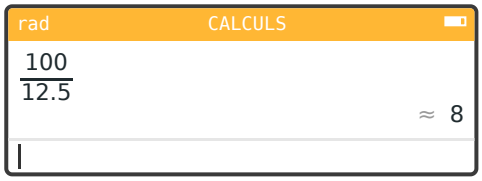
Données utiles $\lambda = 100$ m (2.2) ; $v = 12{,}5\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (2.1)

La période est la plus petite durée au bout de laquelle un point du milieu se retrouve dans le même état vibratoire. Pendant cette durée, l'onde avance d'une longueur d'onde : $\lambda = v\,T$, donc $T = \dfrac{\lambda}{v}$.

$$T = \frac{100}{12{,}5}$$

$T = 8{,}0$ s

À LA CALCULATRICE



3.1 Des mesures montrent que $v^2 = a \times \lambda$. Déterminer la dimension de a.

$a = \dfrac{v^2}{\lambda}$, donc $[a] = \dfrac{[v]^2}{[\lambda]}$.

Une vitesse est une longueur divisée par une durée : $[v] = \text{L} \cdot \text{T}^{-1}$, et $[\lambda] = \text{L}$.

$$[a] = \frac{\text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2}}{\text{L}}$$

$[a] = \text{L} \cdot \text{T}^{-2}$: a a la dimension d'une accélération et s'exprime en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

MÉTHODE

Analyse dimensionnelle : isoler la grandeur cherchée, remplacer chaque grandeur par sa dimension (L, T, M), simplifier, puis traduire en unité SI.

3.2 Entre les relations (1) $v^2 = \dfrac{g}{2\pi} \times \lambda$ et (2) $v^2 = g \times \lambda$, déterminer la bonne à l'aide des résultats de la question 2.

Données utiles $g = 9{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; $v = 12{,}5\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (2.1) ; $\lambda = 100$ m (2.2)

Les deux relations sont homogènes, car g et $\dfrac{g}{2\pi}$ sont des accélérations : il faut les départager par le calcul.

Valeur mesurée : $v^2 = 12{,}5^2 = 1{,}6 \times 10^2\ \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$.

Relation (1) : $\dfrac{g}{2\pi} \times \lambda = \dfrac{9{,}8}{2\pi} \times 100 = 1{,}6 \times 10^2\ \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$.

Relation (2) : $g \times \lambda = 9{,}8 \times 100 = 9{,}8 \times 10^2\ \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$.

Seule la relation (1), $v^2 = \dfrac{g}{2\pi}\lambda$, est en accord avec les mesures.

PIÈGE

Saisir « 9.8÷2×π×100 » sans parenthèses : la calculatrice multiplie alors par π au lieu de diviser, et aucune des deux relations ne semble convenir.

COMPRENDRE

L'analyse dimensionnelle élimine une relation fausse, mais elle ne voit pas les facteurs sans dimension comme 2π. Seule la confrontation aux mesures permet de trancher ici.

À LA CALCULATRICE

