BTS 2004 Electrotech
Générateur Eolien
NOUMÉA

A. Génératrice reliée au réseau

A.1. Fonctionnement nominal

A.1.1. $g = \dfrac{1500 - 1530}{1500} = \boxed{-2\% = g}$

A.1.2. $I_n = \dfrac{P}{\sqrt{3}\,U\cos\varphi} = \dfrac{-660.10^3}{\sqrt{3} \times 690 \times \cos 152} = \boxed{625\ A = I_n}$

A.1.3. $P_{js} = \dfrac{3}{2} R_A I_n^2 = \dfrac{3}{2} \times 9{,}6.10^{-3} \times 625^2 = \boxed{5633\ W = P_{js}}$

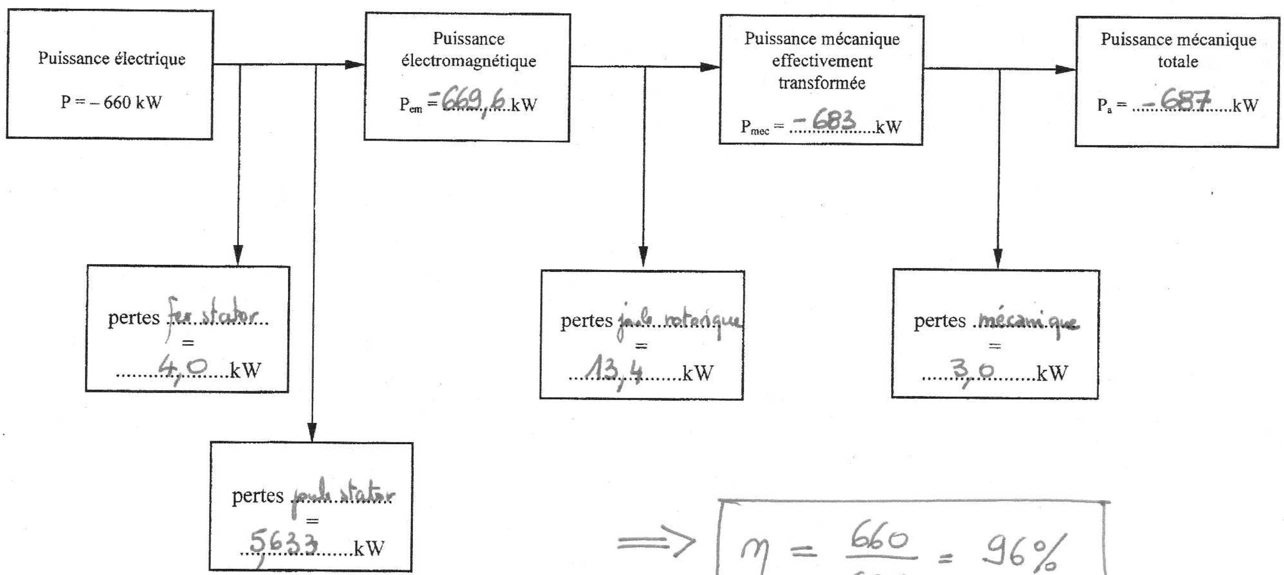
A.1.4. $P_{em} = P - P_{js} - P_{fs} = -660 - 5{,}6 - 4 = \boxed{-669{,}6\ kW = P_{em}}$

$P_{jr} = g\,P_{em} = \boxed{13{,}4\ kW = P_{jr}}$

A.1.5. $P_{mec} = P_{em} - P_{jr} = -669{,}6 - 13{,}4 = \boxed{-683\ kW = P_{mec}}$

et $P_a = P_{mec} - P_m = \boxed{-687\ kW = P_a}$

A.1.6.



$\Longrightarrow \boxed{\eta = \dfrac{660}{687} = 96\%}$

A.1.7 $f_r = g \times f = 0{,}02 \times 50 = \boxed{1\,Hz = f_r}$

$pn = 2 \times \dfrac{1500}{60} = 25 \times 2 = 50\,Hz$

A.1.8. les pertes fer sont proportionnelles à la fréquence du courant rotorique (1 Hz) faible $\Rightarrow$ pertes fer rotoriques négligeables.

A.1.9. $P_{méc} = T_a \Omega$

$$T_{em} = \frac{-683.10^3}{1530 \times 2\pi/60} = \boxed{-4262 \text{ Nm} = T_{em}}$$

A.II Modelisation de la machine

A.II.1 si à vide $n_s \simeq n \Rightarrow g = 0 \Rightarrow R/g \to \infty \Rightarrow$ le courant ne va que dans $L_m \Rightarrow$

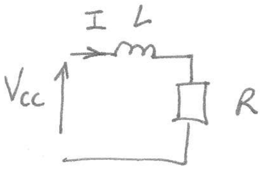
$$X_m = \frac{V}{I} = \frac{690/\sqrt{3}}{215} = \boxed{1{,}85\,\Omega = X_m}$$

A.II.2. Rotor bloqué $\Rightarrow g = 1$

* La puissance n'est absorbée que par $R/g = R$

$$\Rightarrow P = 13{,}2 \text{ kW} = 3RI^2 \Rightarrow R = \frac{13{,}2.10^3}{3 \times 590^2} = \boxed{12\,m\Omega = R}$$

* On peut modéliser la machine par ce modèle



où $V_{cc} = Z\,I = \sqrt{(L\omega)^2 + R^2} \times I$

$$\Rightarrow Z = \frac{V_{cc}}{I}$$

$$\Rightarrow (L\omega)^2 = \left(\frac{V_{cc}}{I}\right)^2 - R^2$$

$$L = \frac{1}{\omega}\sqrt{\left(\frac{V_{cc}}{I}\right)^2 - R^2}$$

$$L = \frac{1}{2\pi \times 50}\underbrace{\sqrt{\left(\underbrace{\frac{103/\sqrt{3}}{590}}_{0,1}\right)^2 - 0{,}012^2}}_{0,1} = 0{,}3.10^{-3}$$

$$\Rightarrow \boxed{L = 0{,}3 \text{ mH}}$$

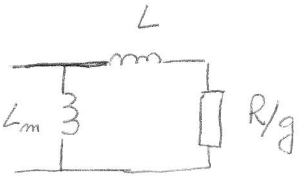
$$X = \sqrt{\left(\frac{V_{cc}}{I}\right)^2 - R^2} = \boxed{0{,}10007\,\Omega = X}$$

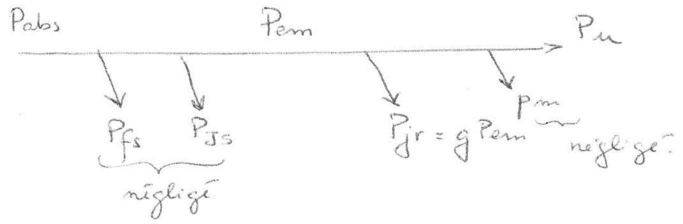
A.II.3 $P_{R/g} = \frac{R}{g} I^2$ or $I = \frac{V}{\sqrt{X^2 + R/g^2}}$

$$\Rightarrow \boxed{P_{R/g} = \frac{R}{g}\,\frac{V^2}{X^2 + (R/g)^2}}$$

$\Rightarrow$ Comme $P_{R/g}$ est la seule puissance active au rotor la puissance électromagnetique est $P_{em} = 3P_{R/g} - 3P_{jr}$

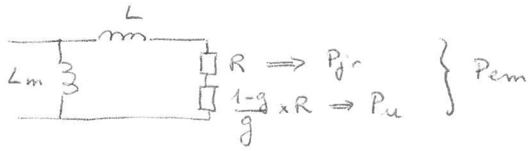
donc la somme des trois puissance consommée par R/g auxquelles on soustrait les pertes joules rotoriques





$$\Rightarrow \boxed{P_{em} = 3P_{R/g} = \frac{3R}{g}\,\frac{V^2}{X^2+(R/g)^2}}$$

$$\begin{cases} P_{jr} = 3R\,\dfrac{V^2}{X^2+(R/g)^2} = (g\,P_{em}) \\ P_u = 3R\left(\dfrac{1-g}{g}\right)\dfrac{V^2}{X^2+(R/g)^2} = P_{em}(1-g) \end{cases}$$



A.II.4. $C_{em} = \dfrac{P_{em}}{\Omega_s} = \dfrac{3R}{g\Omega_s}\,\dfrac{V^2}{X^2+(R/g)^2}$

$$\boxed{C_{em} = \frac{3RV^2/\Omega_s}{gX^2 + R^2/g}} \Rightarrow$$

$* \; K = \dfrac{3V^2R}{\Omega_s} = \dfrac{3\times\left(\frac{690}{\sqrt{3}}\right)^2}{1500\times 2\pi/60}\times 0{,}014$

$\boxed{K = 42{,}4}$

$* \; b = X^2 = 0{,}106^2 \Rightarrow \boxed{b = 11{,}2.10^{-3}}$

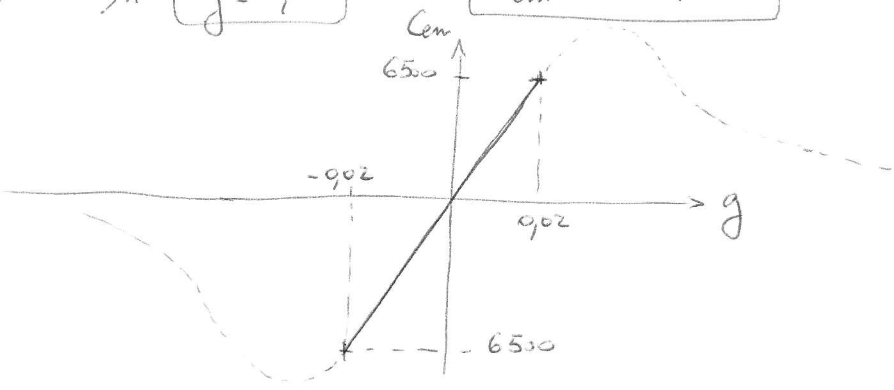
$* \; a = R^2 = 0{,}014^2 \Rightarrow \boxed{a = 2.10^{-4}}$

A.II.5. si g est faible

gX^2 est à comparer à $R^2/g \Rightarrow \underbrace{0{,}05\times 11{,}2.10^{-3}}_{5{,}6.10^{-4}} \ll \underbrace{2.10^{-4}/0{,}05}_{4.10^{-3}}$

$$\Rightarrow C_{em} = \frac{3V^2R/\Omega_s}{R^2/g} = \boxed{g\,\frac{3V^2}{R\Omega_s} = C_{em}} = g\times\frac{3\times(690/\sqrt{3})^2}{0{,}014\times 1500\times 2\pi/60} \Rightarrow \boxed{C_{em} = 216.10^3\times g}$$

A.II.6. si $\boxed{g = 0{,}03}$ alors $\boxed{C_{em} = 6494\ Nm}$



A.II.7 pour $g = -2\%$ $\quad (n = 1530\ tr/min)$

alors $\boxed{C_{em} = -4330\ Nm}$

4/

A.III) Démarrage de l'éolienne

A.III.1

$$I = \frac{V}{L\omega} = \frac{690/\sqrt{3}}{0{,}32.10^{-3} \times 2\pi \times 50} = \boxed{3962\ A = I_{dém}}$$

A.III.2

$$\boxed{v(t) = L\frac{di(t)}{dt}}$$

A.III.3.

$$\frac{1}{L} V\sqrt{2} \sin\omega t = \frac{di(t)}{dt}$$

$$i(t) = \frac{V\sqrt{2}}{L} \int_{\alpha}^{t} \sin\omega t\, dt + c^{te}$$

$$i\left(\frac{\alpha}{2\pi}T\right) = 0$$

$$i(t) = \frac{V\sqrt{2}}{L} \left[-\frac{1}{\omega}\cos\omega t\right]_{\alpha}^{t} + c^{te} \qquad i(0) =$$

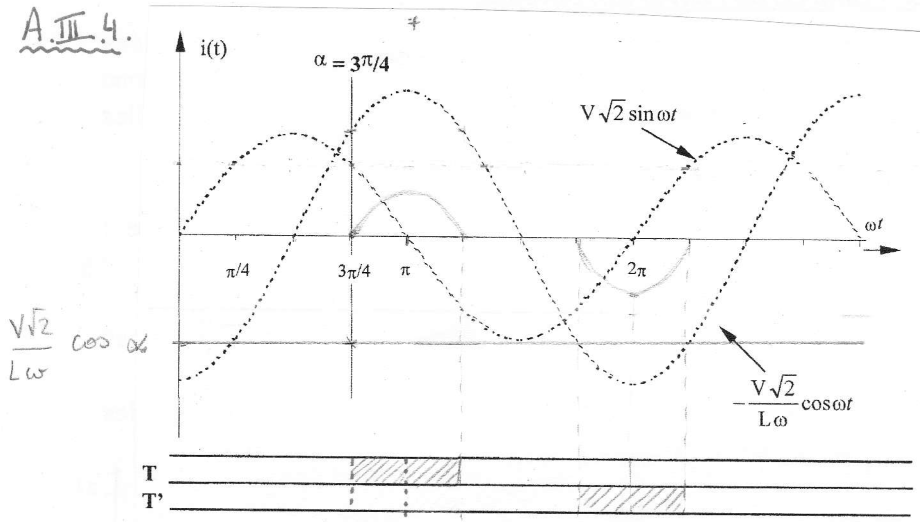
$$i(t) = -\frac{V\sqrt{2}}{L\omega}\cos\omega t + \frac{V\sqrt{2}}{L\omega}\cos\alpha + c^{te}$$

A l'amorçage

$$i\left(\frac{\alpha}{2\pi} \times T\right) = 0 \qquad i\left(\frac{\alpha T}{2\pi}\right) = \underbrace{-\frac{V\sqrt{2}}{L\omega}\cos\frac{2\pi}{T}\frac{\alpha T}{2\pi} + \frac{V\sqrt{2}}{L\omega}\cos\alpha}_{0} + c^{te} = 0 \Rightarrow c^{te} = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{i(t) = \frac{V\sqrt{2}}{L\omega}(\cos\alpha - \cos\omega t)}$$

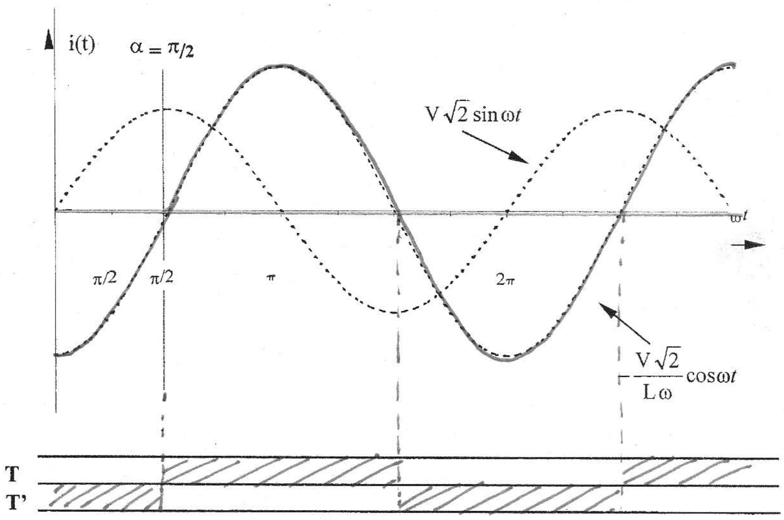
A.III.4.



DELIMITER ET HACHURER LES INTERVALLES OU LES THYRISTORS SONT PASSANTS

A.III.5. $\alpha = \pi/2$ $i(t) = \dfrac{V\sqrt{2}}{L\omega}(\cos \pi/2 - \cos\omega t)$ $\boxed{= -\dfrac{V\sqrt{2}}{L\omega}\cos\omega t = i(t)}$

DOCUMENT RÉPONSE DR2b



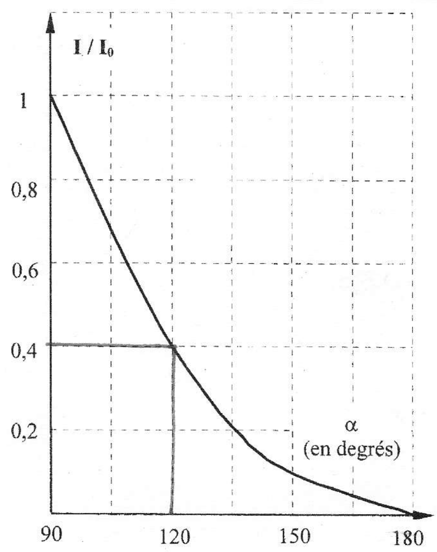
DELIMITER ET HACHURER LES INTERVALLES OU LES THYRISTORS SONT PASSANTS

$I_0 = \dfrac{V}{L\omega} = \dfrac{690/\sqrt{3}}{0{,}32.10^{-3} \times 2\pi \times 50} = \boxed{3962 = I_0}$

A.III.6.

$I = 1570\ A$
$I_0 = 3960\ A$ $\Rightarrow \dfrac{I}{I_0} = 0{,}396$

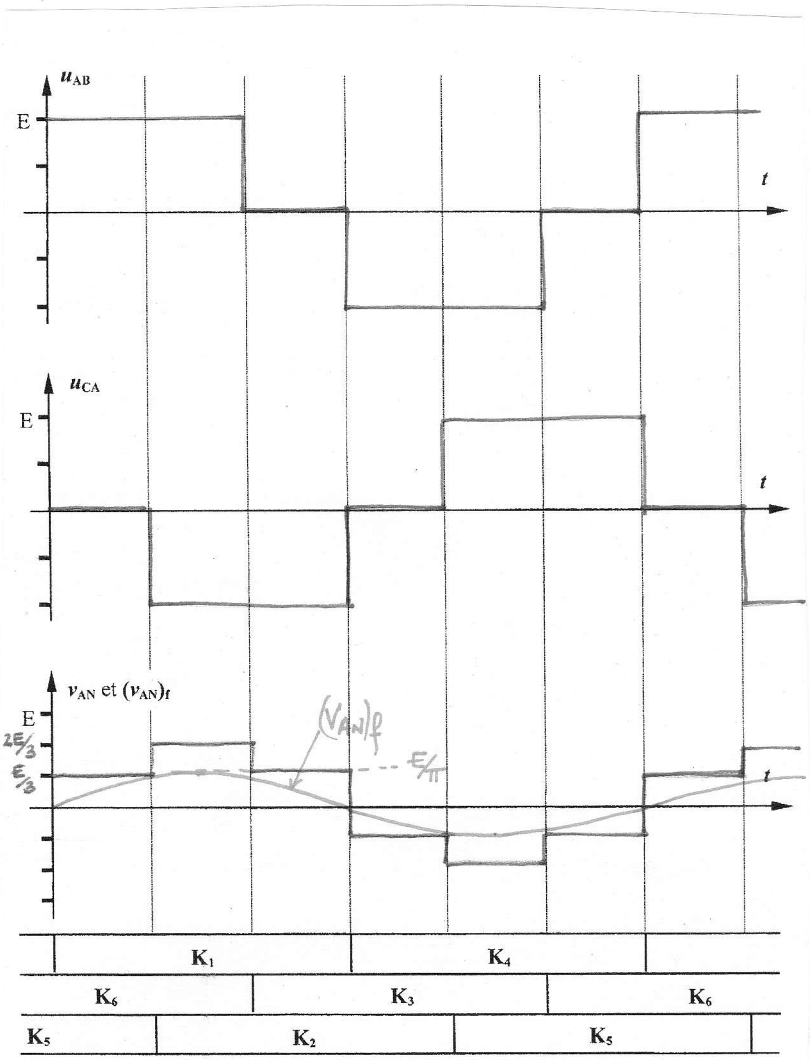
On lit $\boxed{\alpha = 120°}$

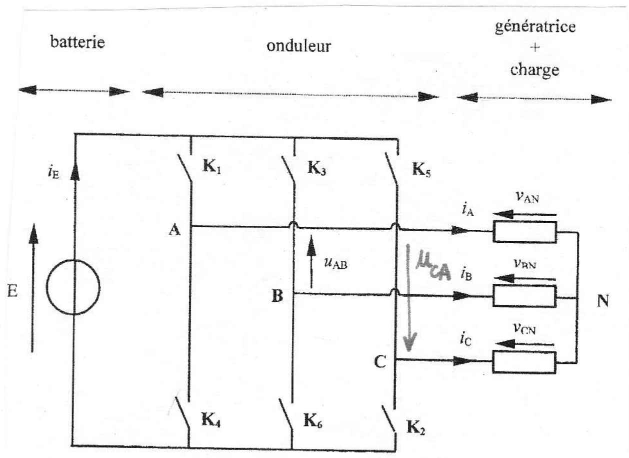


(B) Fonctionnement autonome

B.I.1 u_{AB} est conditionné par l'état des interrupteurs $K_1\,K_4$ et $K_3\,K_6$

U_{CA} " " " $K_1\,K_4$ et $K_2\,K_5$





B.I.2.

$$U_{AB} - U_{CA} = V_{AN} \underbrace{- V_{BN} - V_{CN}}_{+V_{AN}} + V_{AN}$$

$$\Rightarrow U_{AB} - U_{CA} = 3V_{AN}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{AN} = \frac{1}{3}\left(U_{AB} - U_{CA}\right)}$$

B.I.3.

$$V_f = \frac{690\,V}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{2}\,E}{\pi} \Rightarrow E = \frac{\pi \times 690}{\sqrt{2}\sqrt{3}} = \boxed{884 = E}$$

B.I.4.

$$V_{AN} = \sqrt{\frac{\frac{E^2}{9}\times 2T/3 + \frac{4E^2}{9}\times T/3}{T}} = E\sqrt{\frac{1}{9}\times\left(\frac{2}{3}+\frac{4}{3}\right)} = \frac{E}{3}\sqrt{2}$$

$$\boxed{V_{AN} = \frac{E\sqrt{2}}{3} = 417\ V}$$

B.I.5.

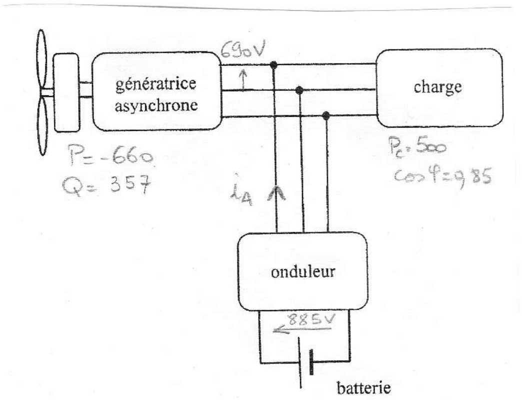
$$P_{ch} = 3 (V_{AN})_f \, I_{ch} \cos \varphi_{ch}$$

$$\boxed{P_{ch} = 3 \frac{\sqrt{2}\,E}{\pi} I_{ch} \cos \varphi_{ch}}$$

Comme il n'y a pas de pertes $P_{ch} = E \langle i_E \rangle$

$$\Rightarrow \boxed{\langle i_E \rangle = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} I_{ch} \cos \varphi_{ch}}$$

B.II Echanges d'énergie



B.II.1 : Un bilan des puissances est nécessaire (tout est en convention récepteur)

$P_{ond} = -P - P_c = +160$ kW

$Q_{ond} = -Q - Q_c = -357 - 500 \tan(\arccos 0,85)$

$= -666,8$ kVAr

$\Rightarrow S_{ond} = \sqrt{P_{ond}^2 + Q_{ond}^2} = 686$ kVA

$\Rightarrow I_A = \frac{S_{ond}}{\sqrt{3}\,U} = \boxed{573 \text{ A} = I_A}$

B.II.2. $P_{ond} = 885 \times \langle i_E \rangle \Rightarrow \frac{160\,000}{885} = \boxed{181 \text{ A} = \langle i_E \rangle}$

La batterie consomme $P > 0 \Rightarrow$ la batterie se charge.

B.II.3. De la même manière.

$P_{ond} = +278 - 500 = -222$ kW

$Q_{ond} = -275 - 500 \tan(\arccos 0,85) = -585$ kVAr

inutile

$\Rightarrow S_{ond} = 625$ kVA

$\Rightarrow I_A = \frac{S_{ond}}{\sqrt{3}\,U} = \frac{625 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \times 690} = 523 \text{ A} = I_A$

$\langle i_E \rangle = \frac{P_{ond}}{885} = \frac{222000}{885} = \boxed{251 \text{ A} = \langle i_E \rangle}$

La puissance trouvée (en convention récepteur) est négative donc la batterie se comporte comme un générateur et se décharge.

B.II.4. pour 10h : $Q = 251 \times 10 = \boxed{2510 \text{ A.h} = Q}$

Pour recharger la batterie, l'éolienne fournissant 160 kW en régime nominal.

$\Rightarrow$ il faut $h = \frac{Q \times E}{P_{ond}} = \frac{2510 \times 885}{160\,000} = \boxed{13,8 \text{ h} = h}$