

Éléments de correction de l'épreuve d'admissibilité « épreuve de synthèse de sciences industrielles »

Partie A : consommation carbone de la tour

Question 1

Protocole de Kyoto – facteur 4 à l'échéance 2050 par rapport à l'émission en 1990.

Question 2

Rapport masse moléculaire CO₂ sur masse molaire C ⇒ MCO₂/MC.

Question 3

Émission de CO₂ signifie le gaz dioxyde de carbone, alors que l'équivalent n'est qu'un équivalent.

Question 4

Transports (personnels, professionnels, livraisons), électricité, rejets gaz : H₂O-CO₂-CH₄-N₂O, maintenance, eaux usées.

Question 5

« ISO scope 2 » bilan carbone intermédiaire.

Question 6

	Consommation annuelle de carbone
Granulés bois	$C_{\text{plaquettes}} = \frac{36,5 \cdot 4921,4}{1000} = 718,5 \text{ kg éq C/an}$
Électricité consommée (ou utile)	$\text{Électricité ep tour} = 3,58 + 9,5 + 2,6 + 14,08 + 6,23 = 36 \text{ kWhep} \cdot \text{m}^{-2} \text{Shon} \cdot \text{an}^{-1}$ $C_{\text{elec}} = \frac{36 \cdot 4921,0,0253}{2,58} = 1737,2 \text{ kg éq C} \cdot \text{an}^{-1}$
Électricité (panneaux solaires PV de la tour)	$\text{Apport}_{\text{elec PV}} = \frac{40,24 \cdot 4921,0,015}{2,58} = 1151,3 \text{ kg éq C} \cdot \text{an}^{-1}$
Collecte des déchets	$C_{\text{déchets}} = 5,31,5 = 157,5 \text{ kg éq C} \cdot \text{an}^{-1}$
Eaux usées	$0 \text{ kg éq C} \cdot \text{an}^{-1}$
Maintenance tertiaire (pertes fluide frigorigène, glycol eau glacée, encrassement)	$C_{\text{maintenance}} = 0,017 \cdot 4921 = 83,6 \text{ kg éq C} \cdot \text{an}^{-1}$
	$\text{Bilan} = 718,5 + 1737,2 - 1151,3 + 157,5 + 83,6 = 1545 \text{ kg éq C/an}$

Question 7

Dans une logique de développement durable, la France doit aboutir à une réduction par quatre ou plus de ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050, d'où le scénario « facteur 4 » annoncé par la France. Le chef d'exploitation se focalisera sur les postes « carbonivores » : l'électricité, le chauffage. Il fera un bilan annuel afin de vérifier une décroissance.

Partie B : étude de l'éclairage de la tour Elithis - « Allumer moins pour éclairer mieux »

Question 8

Avec une surface vitrée à 75%, on va évidemment bénéficier au maximum de l'éclairage naturel et limiter ainsi l'utilisation de l'éclairage électrique. On bénéficie aussi de l'apport thermique par rayonnement en hiver. Par contre, cela pose deux problèmes quand le soleil est trop important : un éblouissement du personnel qui pourrait être amené à fermer les stores intérieurs et surtout un échauffement important par rayonnement l'été qui conduirait à une surconsommation en climatisation.

Question 9

Le bouclier ou treillis en acier est constitué de motifs qui limitent les rayons incidents inclinés tout en offrant une transparence suffisante pour ménager des vues panoramiques aux occupants des bureaux, bénéficiant ainsi de la lumière naturelle. L'hiver, le soleil est bas et la lumière pénètre facilement, tandis que l'été où le soleil est haut, une partie des rayons est réfléchi évitant ainsi l'éblouissement. La forme globale du bouclier épouse la course du soleil sur une journée. Son contour est délimité par les masques environnants, protégeant ainsi les volumes vitrés seulement là où le rayonnement solaire pose un problème de surchauffe ou d'éblouissement.

Question 10

D'après la norme, l'éclairement nécessaire est de 500 lux. À la date : 25 mars à 9h30, l'éclairement est très variable en fonction du bureau (au soleil ou pas et derrière le bouclier ou pas) avec des valeurs de 300 à 2 000 lux et aussi de la distance qui sépare la personne de la surface vitrée d'où l'éclairage qui doit s'adapter automatiquement. Les lampes choisies sont les tubes fluorescents, qui ont une bonne efficacité énergétique.

Question 11

$$W_q = 2 \times 14 \times 8 = 224 \text{ W} \cdot \text{h}$$

Question 12

Voir DR2.

Question 13

$$W_q = 9,33.3 + 18,66.1 = 46,6 \text{ W} \cdot \text{h} \quad \text{au lieu des } 224 \text{ W} \cdot \text{h} \quad \text{soit } 80\% \text{ d'économie.}$$

Question 14

$$E = \frac{\varphi}{S \cdot d^2} \quad \text{soit } \varphi = E d^2 S = 200 \cdot 1,7^2 \cdot 2 = 1156 \text{ lm}$$

Et donc en tenant compte du rendement global du luminaire et comme il y a 2 tubes :

$$\varphi_{\text{tube}} = \frac{1156}{2 \cdot 0,8} = 722,5 \text{ lm} \quad \text{ce qui est bien compatible avec le flux donné par le constructeur (1200 lm}$$

sous tension nominale).

Question 15

Il doit agir sur la commande des transistors MOSFET et notamment sur la fréquence du signal envoyé sur leur grille.

Question 16

En choisissant une grande surface vitrée, des luminaires avec une bonne efficacité lumineuse et des ballasts gradables peu consommateurs en énergie, couplés à un système de détection automatique et de réglage automatique de l'éclairage à une valeur de 300 lux, les concepteurs ont bien limité la consommation en éclairage. La solution en cas de besoin (lecture de plans...) est l'éclairage nomade basse consommation.

Partie C : bilan énergétique partiel d'une salle de réunion en été**Question 17 :**

$$\varphi = U\Delta T = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{\Delta T}{R_{si} + R_{se} + R_{alu} + R_{isolant} + R_{bois}} = \frac{\Delta T}{R_{si} + R_{se} + \frac{e_{alu}}{\lambda_{alu}} + \frac{e_{isol}}{\lambda_{isol}} + R_{bois}}$$

Application numérique :

$$\varphi = \frac{32 - 26}{0,13 + 0,04 + \frac{0,001}{200} + \frac{0,12}{0,035} + 0,09} = 1,62 \text{ W/m}^2$$

Question 18

Absorption acoustique différente pour chaque épaisseur de vitrage.

Question 19

Son emplacement entre l'argon et le vitrage extérieur permet le réchauffage de l'argon et augmente la température du vitrage intérieur, ce qui a pour effet d'augmenter la température radiante de la paroi vitrée intérieure donc le confort humain.

Question 20

$$Q_{totale} = 12.120 = 1440 \text{ W}$$

Question 21

$$P = qm_{vapeur} \times Lv$$

$$qm_{vapeur} = \frac{P}{Lv} = \frac{50.12}{2430000} \cdot 3600 \cdot 1000 = 889 \text{ g/h}$$

Question 22

État	Hydraulique	Aéraulique
$T_{amb} > T_{ext}$ & $T_{amb} > \text{Consigne } T_{amb \text{ été}}$	Arrêt	Ouverture du volet d'air en façade Centrale double flux en mode Bipasse
$T_{amb} > T_{ext}$ & $T_{amb} < \text{Consigne } T_{amb \text{ été}}$	Arrêt	Centrale double flux en mode Échangeur sans aspersion.

$T_{amb} < T_{ext}$ & $T_{amb} > \text{Consigne } T_{amb \text{ été}}$	Groupe d'eau glacée	Centrale double flux en mode Échangeur avec aspersion.
$T_{amb} < T_{ext}$ & $T_{amb} < \text{Consigne } T_{amb \text{ été}}$	Arrêt	Centrale double flux en mode Échangeur sans aspersion.

Question 23

Seul un capteur type demi-sphère noire permettra de tenir compte de la température radiante et de la température sèche. On négligera la modification de température résultante par la vitesse de convection dans le local car les vitesses de déplacement de l'air sont inférieures à la valeur $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Ce capteur placé à 1,2 m du sol sur une paroi intérieure ne sera pas perturbé par le rayonnement solaire.

Partie D : étude de l'accroche du bouclier solaire sur la façade

Question 24

$$S = 7,2,5[R(\pi - 2\beta) + (L + l)l \cos \alpha] \text{ donc } S = 870,9 \text{ m}^2.$$

Question 25

$$M = Se\rho_{alu} + S \cdot 2 \cdot 10^{-2} \rho_{givre}$$

$$M = 812 \cdot (3 \cdot 10^{-3} \cdot 2700 + 2 \cdot 10^{-2} \cdot 917) = 21469,3 \text{ kg}$$

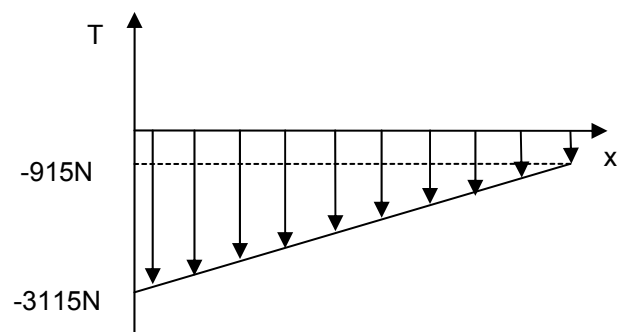
Question 26

Le bouclier a une masse totale (avec le givre) de 21 470 kg répartie sur 230 pièces ce qui représente une valeur de P appliquée en bout de poutre de $21\,470/230=91,5 \text{ daN}$.

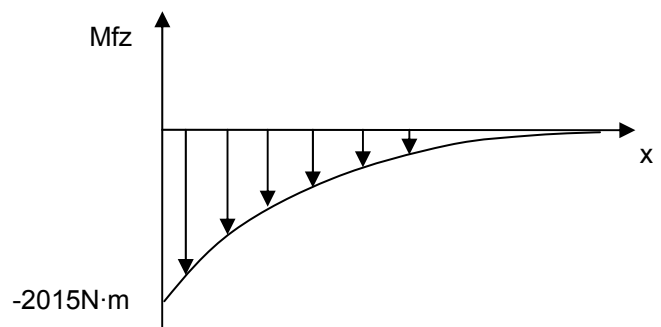
$q=150+30+40 \text{ daN}\cdot\text{m}^{-1} = 220 \text{ daN}\cdot\text{m}^{-1}$ (surcharge d'une personne sur caillebotis, poids propre caillebotis et poids propre de la poutre).

Question 27

$$\text{Effort tranchant : } T = -P - q(L-x) = 2200x - 3115.$$



$$\text{Moment fléchissant : } M_fz = -P(L-x) - \frac{1}{2} q(L-x)^2 = -1100x^2 + 3115x - 2015.$$



Question 28

$$\sigma_{\max} = \frac{Mz_{\max}}{\frac{I_{Gz}}{v}}$$

Avec $v = h/2$, $\sigma_{\max} = 189 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

Question 29

$\sigma_{\max} > R_{pe} = \frac{R_e}{s} = 140 \text{ MPa}$, donc la section de la pièce est insuffisante pour répondre aux sollicitations mécaniques.

Question 30

$$\sigma_{\max} = \frac{Mz_{\max}}{\frac{I_{Gz}}{v}} \leq \frac{R_e}{s} = 140 \text{ MPa}$$

Il faut donc que $\frac{I_{Gz}}{v} \geq \frac{Mz_{\max}}{\frac{R_e}{s}}$. D'où $\frac{I_{Gz}}{v} \geq \frac{2015 \cdot 1000}{140} = 14\,392 \text{ mm}^3 = 14,4 \text{ cm}^3$.

Donc avec $I_{Gz} = 77,8 \text{ cm}^4$ et un $v = 4 \text{ cm}$, nous avons $\frac{I_{Gz}}{v} = 19,45 \text{ cm}^3$, la poutrelle IPN 80 convient.

Question 31

D'après le tableau fourni ou par intégration de l'équation de la déformée, on trouve :

$$y = -\frac{FL^3}{3EI_{Gz}} - \frac{qL^4}{8EI_{Gz}}$$

Avec $E = 200\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$, $I = 77,8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, $F = 915 \text{ N}$ et $q = 2200 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, nous obtenons $y = -3,72 \text{ mm}$.

Question 32

Cette flèche de 3,72 mm (vers le bas) est inférieure à 5 mm, donc les conditions de l'organisme de certification sont respectées.

D'après les calculs précédents, il est nécessaire de revoir la conception des pièces car une section droite rectangulaire (10mmx80mm) ne permet pas de garantir la tenue des pièces aux sollicitations, il faudra utiliser par exemple une poutrelle de type IPN 80 ou changer les caractéristiques de l'acier utilisé (avec un R_e supérieur).

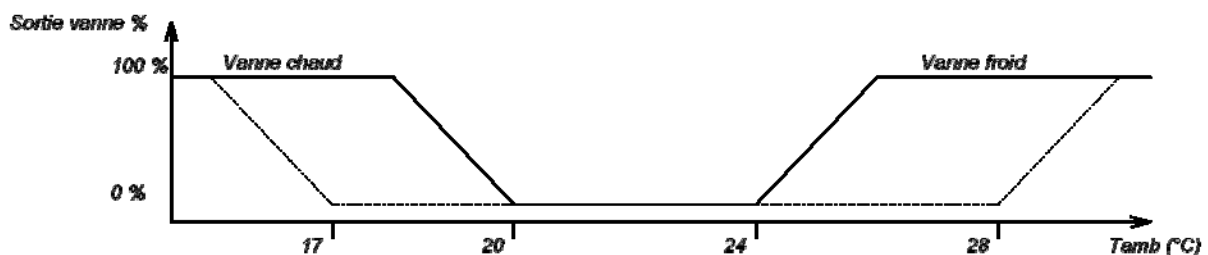
Question 33

Les effets du vent ont été négligés dans la notice de calcul, celui-ci apporte un effet de vibration d'une part et une sollicitation de type traction/compression sur les éléments de fixation d'autre part.

Partie E : optimisation de l'efficacité énergétique

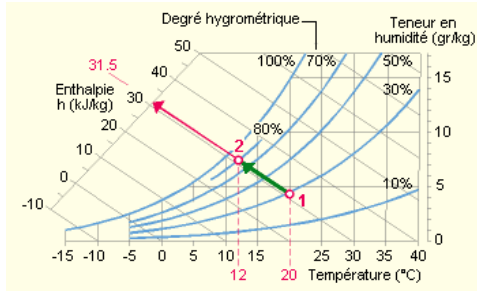
Principe des installations énergétiques

Question 34



Question 35

$T_{amb} > T_{ext}$ & $T_{amb} > \text{Consigne } T_{amb \text{ été}}$



Cette transformation suit une isenthalpe.

Globalement, dans le système « eau + air », l'énergie totale est conservée : l'énergie de l'air « sec et chaud » est égale à l'énergie de l'air « froid et humide ». On dit que la transformation est « isenthalpique » ou encore « adiabatique ».

Question 36

Récupération d'énergie avant l'appoint de l'échangeur chaudière.

Question 37

En fonction des besoins, l'ordre de mise en route des éléments de refroidissement de l'eau est le suivant :

	Ventilateur	Échangeur	Aspersion	Groupe froid
1	■	■		
2	■	■	■	
3	■			■
4	■		■	■
5	■	■	■	■

Étude du registre à volets de sur-ventilation nocturne

Question 38

Voir DR4.

Réglage N°1 : 75 à 80° (insuffisant).

Réglage N°2 : 92°.

Réglage N°3 : 110 à 115° (trop important).

Seul le réglage N°2 convient. Le réglage N°1 ne permet pas d'obtenir l'ouverture totale des volets du registre inférieur. Le réglage N°3 provoque une course angulaire trop importante et ne convient pas car une fois que les volets inférieurs auront parcouru 90° le système sera bloqué et les volets supérieurs ne pourront pas parcourir 90°.

Question 39

Par lecture sur la courbe, on trouve un couple $C = 4,5 \text{ N}\cdot\text{m}$.

D'après l'annexe 7, on trouve pour le secteur denté $Z_{total} = 104.4 = 104$ dents.

$$D'où R = \frac{Z_{13}Z_{4b}Z_{5d}Z_{3f}Z_{2h}}{Z_{4e}Z_{5c}Z_{3c}Z_{2g}Z_{9total}} = \frac{19.15.14.14.14}{125.102.93.78.104} = 8,13 \cdot 10^{-5}$$

$$\eta_{total} = 0,85^4 \cdot 0,8 = 41,76 \cdot 10^{-2}$$

Le couple moteur nécessaire vaut donc :

$$C_{moteur} = \frac{C.R}{\eta_{total}} = \frac{4,5.8,13.10^{-5}}{41,76.10^{-2}} = 0,87 \text{ N}\cdot\text{mm} .$$

Question 40

$$I_{limite} = \frac{C_{moteur}}{K} = \frac{0,87}{46,5} = 18,7.10^{-3} \text{ A} .$$

Question 41

Cette méthode de détection de fin de course est tout à fait envisageable, le couple maximum est atteint en fin de mouvement (voir courbe). Il faudra donc utiliser la valeur de 18,7 mA dans le programme de la partie commande du registre, cette valeur étant tout à fait compatible avec le moteur choisi.

Acquisition des données de pilotage

Question 42

On doit coder 1 000 valeurs, il faut donc 10 bits sur ce convertisseur, car avec 10 bits on code $2^{10}=1024$ valeurs.

Question 43

Ve de 0 à 10 V pour température de -50 à 50 °C.

$$Ve = \frac{10}{100}(\theta + 50) \text{ et donc pour } -5^\circ \text{ C : } Ve=4,5 \text{ V} .$$

$$\text{Quantum du CAN : } q = \frac{10}{2^{12} - 1} = 2,44 \text{ mV} .$$

$$\text{Donc pour } 4,5 \text{ V : } N = \frac{4,5}{2,442 \times 10^{-3}} = (1842)_{10} = (732)_H .$$

Question 44

Pour la réponse : (05 03 02 07 32 06 27).

Question 45

Il est très important de piloter la tour précisément pour optimiser l'efficacité énergétique. Pour cela, les informations issues des capteurs et les ordres sont envoyés par une trame Modbus pour, par exemple, gérer les volets de surventilation nocturne, gérer les mises en route des différents organes de l'installation énergétique ...

Partie F : utilisation des énergies renouvelables

Production photovoltaïque

Question 46

En reliant en série les cellules, on peut augmenter la tension de sortie du panneau et en reliant en parallèle des groupements de cellules, on peut augmenter le courant de sortie du panneau.

Question 47

$$S = 0,156 \times 0,156 \times 60 = 1,46 \text{ m}^2$$

$$\eta = \frac{220}{1000 \times 1,46} = 15 \%$$

Énergie solaire disponible = 1177 kW·h/m² en 1 an.

$Surfacetotale = 342 \times 1,46 = 499,3 \text{ m}^2$ donc pour les 499,3 m² de l'installation et avec un rendement de 15%, on obtient : énergie fournie par les PV : $499,3 \times 1177 \times 0,15 = 88151 \text{ kW} \cdot \text{h}$ en 1 an.

Question 48

L'onduleur permet de transformer la tension continue issue des panneaux en une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace 230 V et de fréquence 50 Hz compatible avec le réseau EDF. La commande des transistors est la MLI modulation de largeur d'impulsion (ou PWM Pulse Wave Modulation).

342 panneaux de 220 Wc pour 24 onduleurs, soit 14 ou 15 panneaux par onduleur, donc 3080 Wc ou 3300 Wc par onduleur. L'onduleur EI3300 est bien le seul qui convient dans la gamme proposée au niveau de la puissance crête. Son rendement suivant les normes européennes est de 94,8%.

Question 49

$$\text{Énergie vendue} = 88151 \times 0,948 \times 0,94 = 78553 \text{ kW} \cdot \text{h}.$$

Les mesures réalisées sur un an donnent un résultat en énergie finale de :

$$\frac{40,24.4921}{2,58} = 76752 \text{ kW} \cdot \text{h} ; \text{ ce résultat est tout à fait comparable aux calculs réalisés.}$$

Question 50

On obtient en additionnant les consommations de la tour : 35,99 kWh EP/m²Shon, soit :

$$\frac{35,99.4921}{2,58} = 68646 \text{ kW} \cdot \text{h} \text{ de consommation en 1 an pour la tour en elle-même.}$$

Les panneaux permettent non seulement de gommer la dépense énergétique de la tour mais même de compenser une partie des dépenses énergétiques des bureaux.

$$\text{Prix abonnement} = 48.30,12 = 1445,76 \text{ €}.$$

$$\text{Consommation globale été} = 0,45.68646 = 30890 \text{ kWh}.$$

$$\text{Consommation globale hiver} = 0,55.68646 = 37750 \text{ kWh}.$$

$$\text{Prix consommation été} = (30890.0,8.4,212) + (30890.0,2.2,958) = 1223,6 \text{ €}.$$

$$\text{Prix consommation hiver} = (37750.0,8.10,42) + (37750.0,2.7,288) = 3697 \text{ €}.$$

$$\text{Prix conso total} = 4920,6 \text{ €}.$$

$$\text{Facture totale} = 4920,6 + 1445,8 = 6366,4 \text{ €}.$$

$$\text{Revente EDF : Prix} = 76752.0,58 = 44516 \text{ €}.$$

Soit un bénéfice de 38150 €

D'un point de vue économique, le prix de revente du kWh à EDF étant bien plus élevé que le prix d'achat, la tour permet même de gagner beaucoup d'argent !

La tour annonce un bénéfice de 4,29 € / m²Shon pour les usagers soit 21 111 €, ce qui semble bien compatible puisqu'il faut compter l'achat du bois pour les chaudières et les divers contrats d'entretien.

Conclusion générale

Question 51

Choix des matériaux pour isolation de l'enveloppe.

Choix des surfaces vitrées et des ouvertures.

Optimisation de l'énergie solaire.

Choix des types d'installations énergétiques.

Présence d'énergie renouvelable.

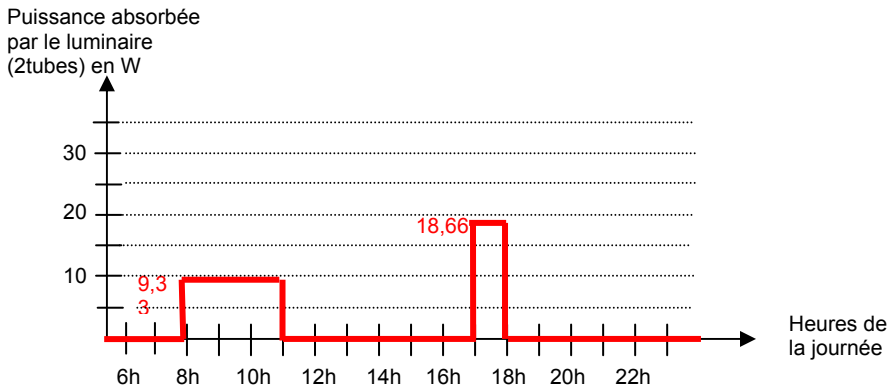
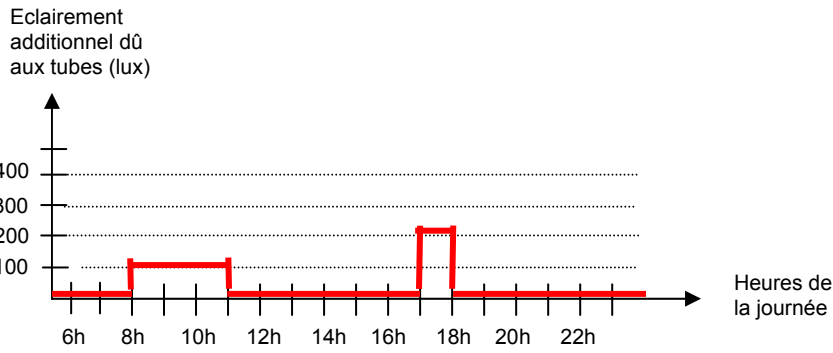
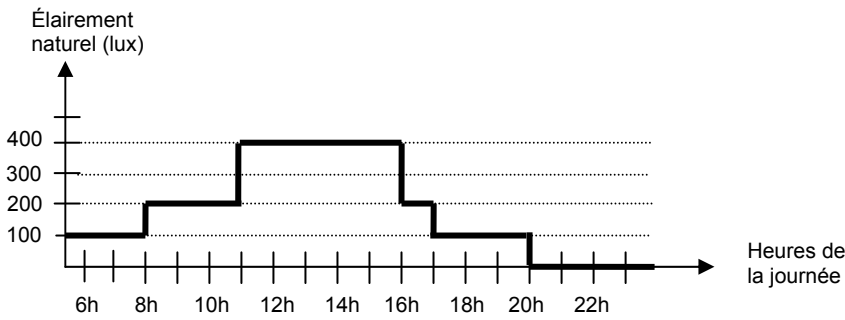
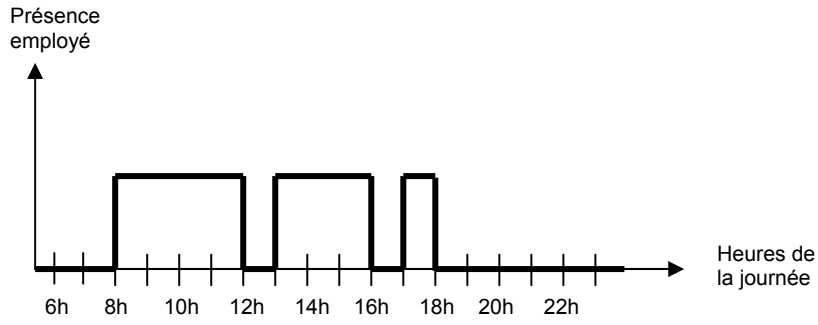
Comportement éco-citoyen des usagers.

Aspect psychologique à prendre en compte lors de la conception.

Question 52

On aurait pu utiliser une autre source d'énergie renouvelable avec une solution éolienne, par exemple utiliser des panneaux avec un rendement encore plus élevé ...

DOCUMENT RÉPONSE DR2 CORRIGÉ



Document réponse DR4

Sens de rotation

Bielle motrice

Bielle réceptrice

Position de départ N°1
Course bielle réceptrice 75°

Échelle 1 : 45

Position de départ N°2
Course bielle réceptrice 90°

Position de départ N°3
Course bielle réceptrice 110°

