

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SÉRIE SCIENTIFIQUE

ÉPREUVE DE SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Session 2018

ELEMENTS DE CORRECTION

Ce corrigé comporte 10 pages numérotées de 1 sur 10 à 10 sur 10.

1. Présentation du système

2. Evolution de l'installation

Q1. À l'aide du profil de la piste (document technique DT1), **vérifier** que la pente totale de la piste du snowhall d'Amnéville (en pourcent) permet toujours un classement en catégorie « piste bleue ».

Le dénivelé vaut $\Delta H = H_8 - H_0 = 84,4 \text{ m}$.

La pente totale exprimée en pourcent est égale à : $\text{pente} = \frac{\Delta H}{475,5} \times 100 = 17,75 \%$.

Cette pente totale correspondant bien à une piste bleue.

Q2. Citer la grandeur mécanique du moteur à adapter afin de permettre de moduler le débit horaire et d'obtenir le débit maximal souhaité.

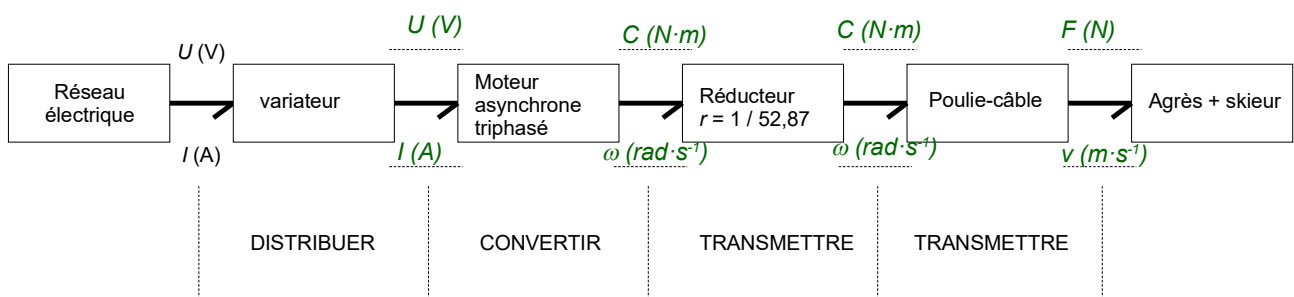
La grandeur mécanique du moteur à adapter est la vitesse de rotation.

Q3. Préciser le paramètre qu'il est indispensable de contrôler afin d'assurer la production et le maintien d'une neige de qualité.

Il est indispensable de contrôler la température ambiante en permanence.

3. Évolution du système d'entraînement

Q4. Compléter sur le document réponse DR1 les deux grandeurs effort et flux, avec leur unité, sur chacun des liens de puissance.



Évolution de la motorisation

Q5. Déterminer la vitesse de déplacement d'un skieur lorsqu'il est tracté par le télésiège.

En 175 s, le skieur parcourt 490,5 m. Soit une vitesse de $\frac{490,5}{175} = 2,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Q6. Exprimer le travail à fournir en joules pour remonter un skieur si on néglige les forces de frottement des skis sur la neige. En **déduire** l'expression littérale et numérique de la puissance nécessaire pour déplacer les 44 skieurs lorsque la remontée est chargée à 100 %.

Pour un skieur, le travail à fournir correspond au travail du poids : $W = M \times g \times h = 84 \times 9,81 \times 84,4 = 69,5 \text{ kJ}$.

Soit la puissance totale : $P_{montée} = N \frac{W}{\Delta t} = \frac{44 \times 69,5}{175} = 17,47 \text{ kW}$.

Q7. À partir du modèle de la figure 6, **calculer** l'intensité de la force de frottement $\vec{F}_f$ pour un skieur. En **déduire** la puissance dissipée par les frottements entre la neige et les skis pour l'ensemble des 44 skieurs.

On isole le skieur avec ses skis.

Théorème de la résultante en projection sur $\vec{x}$:

$$-F_f - M \times g \times \sin(\theta) + \vec{F}_a \cdot \vec{x} = 0 \text{ soit : } F_f = \vec{F}_a \cdot \vec{x} - M \times g \times \sin(\theta) = 39,6 \text{ N}$$

Soit une puissance développée par l'ensemble des efforts de frottement :

$$P_f = F_f \times V \times N = 4,88 \text{ kW}$$

Q8. À partir des résultats des questions précédentes, **calculer** la puissance nécessaire au niveau de la poulie motrice pour entraîner les 44 skieurs et **compléter** le document réponse DR1.

$$P_{poulie} = P_{montée} + P_f = 22,35 \text{ kW}$$

Q9. À partir des informations de la chaîne d'énergie du document réponse DR1 et du document technique DT1, **calculer**, pour le débit maximal de personnes, la puissance nécessaire en sortie du moteur ainsi que la vitesse de rotation de l'arbre moteur. En **déduire** le couple que doit fournir le moteur asynchrone. **Compléter** le document réponse DR1.

La puissance nécessaire en sortie du moteur est de :

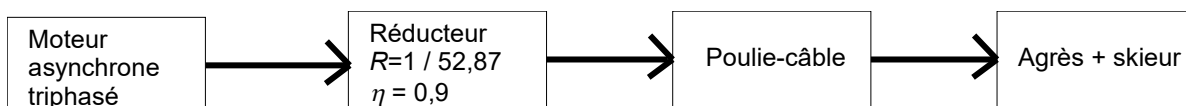
$$P_{moteur} = \frac{25200}{0,9} = 28000 \text{ W}$$

Pour une vitesse de déplacement de $2,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ la vitesse de rotation du moteur est de

$$\omega_{moteur} = \frac{v}{R \times r} = \frac{2,8 \times 52,87}{1} = 148 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \text{ soit } N_{moteur} = 1413 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$$

Le couple moteur est égal à : $C_{moteur} = \frac{P_{moteur}}{148} = 189 \text{ N} \cdot \text{m}$.

Document réponse DR1 :



Puissance : ...28 kW.....

Puissance : 25,2 kW

Puissance nécessaire au niveau de la poulie : 22,35 kW

Couple : ...189 N.m.....

Vitesse de déplacement : 2,8 m.s⁻¹

Vitesse de rotation : ...1413 tr.min⁻¹...

ELEMENTS DE CORRECTION

18SISCG11C

Q10. À l'aide de la figure 7 et des éléments précédents, **choisir** entre le moteur 1 et le moteur 2. **Justifier** ce choix.

Pour atteindre les $2,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, il faut que le moteur tourne à $1413 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$; le choix se porte donc sur un moteur 4 pôles. Couple nominal $196 \text{ N}\cdot\text{m} > 189 \text{ N}\cdot\text{m}$.

Le choix est donc valide.

Q11. Compléter la figure 21 du document réponse DR1 en identifiant la poulie motrice et la poulie réceptrice.

Q12. Déterminer les paramètres du modèle associé au composant réducteur. **Établir** les équations liant ω_e à ω_s et C_e à C_s . On suppose un fonctionnement en régime permanent.

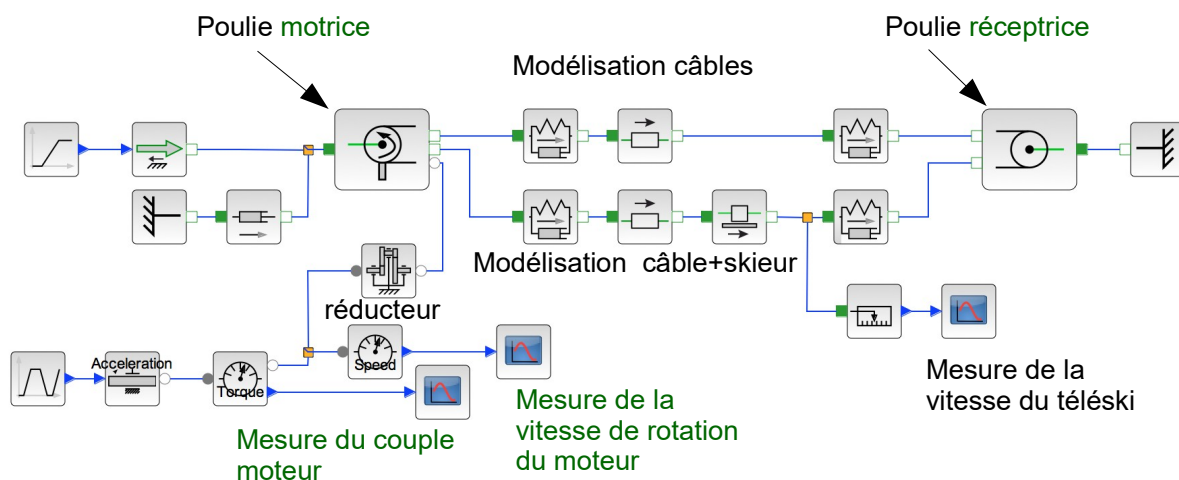
Les paramètres sont le rapport de réduction r et le rendement η

Les relations sont : $\omega_s = r \times \omega_e$ et $C_e \times \eta = r \times C_s$.

Q13. Déterminer le paramètre associé au composant poulie. On suppose un fonctionnement en régime permanent.

Il s'agit du rayon de la roue R .

Q14. Compléter le modèle, figure 21 du document réponse DR1, en indiquant par des flèches les points de mesure de la vitesse de rotation du moteur et du couple fourni par le moteur.



Q15. À partir des courbes obtenues par simulation (document technique DT2), **déterminer** le couple moteur en régime permanent et le surcouple nécessaire au démarrage. **Valider** le choix du moteur compte tenu des performances attendues au démarrage.

Le couple en régime permanent est d'environ $175 \text{ N}\cdot\text{m}$.

Le couple maximum au démarrage est de $215 \text{ N}\cdot\text{m}$.

Les valeurs proches du maximales sont maintenues pendant moins de 12 s .

Le couple transitoire acceptable lors de la phase de démarrage est de

$196 \times 2,9 = 568 \text{ N} \cdot \text{m}$. Le choix du moteur est donc validé.

Paramétrage du variateur

Q16. Estimer, en pourcentage, la variation de la vitesse de déplacement du câble induite par une variation de charge du télésiégi de 100 %. Le constructeur a choisi d'utiliser une commande sans régulation de vitesse. **Commenter** ce choix.

Dans la zone de fonctionnement en régime permanent, la vitesse évolue linéairement avec le couple résistant.

$$\text{Pour } C_r = 0,7 \times C_n, \frac{N_s - N_m}{N_s} = 0,03 \times 0,7 = 2,1 \%$$

$$\text{Pour } C_r = 0,2 \times C_n, \frac{N_s - N_m}{N_s} = 0,03 \times 0,2 = 0,6 \%$$

Entre ces deux situations, la variation de vitesse est de $2,1 - 0,6 = 1,5 \%$.

Cette variation est faible et ne sera pas ressentie. Elle est logiquement négligée par le constructeur.

Q17. Déterminer, en justifiant votre réponse, à partir des courbes obtenues en simulation (figure 9) les fréquences d'alimentation qui permettront d'obtenir les vitesses maximales 2 et 3.

La variation de vitesse n'est pas perceptible et ne gêne pas les usagers. Si on souhaite garantir un débit minimal, il suffit de régler la fréquence en se basant sur la caractéristique en pleine charge.

En vitesse 3 : 43 Hz

En vitesse 2 : 38 Hz

Validation des performances de vitesse

Q18. Calculer la vitesse réelle de déplacement d'un agrès en vitesse 2. **Conclure** en analysant et en justifiant les écarts entre la vitesse mesurée sur site et la vitesse souhaitée (consigne vitesse 2).

La vitesse réelle est $v = \frac{25 \times 11,2}{122,8} = 2,28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, pour une consigne vitesse 2. Le cahier des charges impose $2,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. L'écart constaté est de 3,7 % environ.

Les écarts constatés sont faibles et imputables aux approximations sur la lecture de la courbe et aux erreurs de mesures.

Q19. Conclure en précisant si le dimensionnement de la chaîne d'énergie et le paramétrage du variateur permettent de respecter l'exigence 2 (disposer d'une remontée avec un débit horaire modulable).

Le choix du moteur permet bien le déplacement des 44 skieurs à une vitesse de $2,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (couple et vitesse de rotation du moteur validés par les calculs et la simulation).

Le débit horaire est bien modulable en adaptant la fréquence d'alimentation du moteur et ce même dans le cas le plus défavorable (charge maximale).

4. Évolution du dispositif de refroidissement

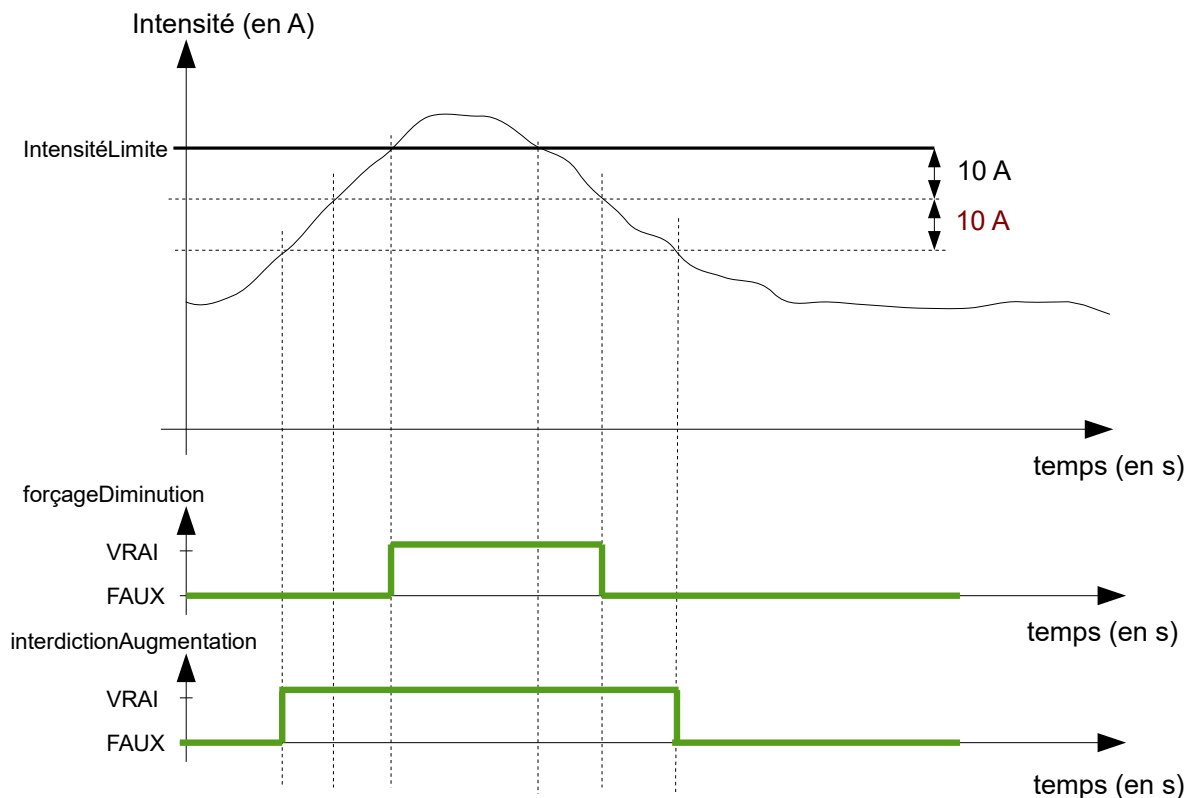
Q20. Déterminer la plage de valeur de la température de l'eau, en fonction de $T_{consigne}$, pour laquelle la commande du groupe n'est pas modifiée.

La plage est $[T_{consigne} - 0,2 ; T_{consigne} + 0,2]$.

Q21. Justifier le choix d'insérer une temporisation (fixée dans l'algorithme à 30 s) dans la mesure de la température de l'air.

La temporisation permet de laisser le temps au système de réagir aux modifications de la commande.

Q22. Compléter les chronogrammes du document réponse DR2 à partir de l'algorithme de contrôle de l'intensité.



Q23. Compléter l'algorithme modifié de commande du groupe froid, document réponse DR2, afin de tenir compte des variables **interdictionAugmentation** et **forçageDiminution**.

Toutes les 30 s Faire

$T \leftarrow \text{acquérirTempératureEau}()$

Si $T < (T_{consigne} - 0,2)$ **OU** **forçageDiminution FAIRE**

Si $\text{commandeGroupe} \geq 10$ **Alors**

commandeGroupe $\leftarrow$ commandeGroupe - 10

Sinon

commandeGroupe $\leftarrow$ 0

Fin Si

Si $T > (T_{\text{consigne}} + 0,2)$ **ET** (**(NON interdictionAugmentation)** **FAIRE**

Si commandeGroupe ≤ 90 **Alors**

commandeGroupe $\leftarrow$ commandeGroupe + 10

Sinon

commandeGroupe $\leftarrow$ 100

Fin Si

Fin

Acquisition de la température de la salle

Q24. Calculer la sensibilité S et l'offset I_0 de l'ensemble sonde et transmetteur. Préciser les unités.

$$S = \frac{20 - 4}{40 - (-20)} = \frac{16}{60} = 0,266 \text{ mA} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}, \text{ pente de la droite.}$$

$$\text{Pour } T = -20^\circ\text{C}, I = 4 = S \times (-20) + I_0 \text{ mA. D'où, } I_0 = 4 + 20 \times S = 4 + \frac{16 \times 20}{60} = \frac{28}{3} = 9,33 \text{ mA}$$

Q25. Donner la relation qui permet de calculer la valeur du mot M à partir de la valeur du courant I (en mA) en utilisant la figure 13.

$$M = \text{Partie entière} \left((I - 4) \cdot \frac{1728}{20 - 4} \right) = \text{Partie entière} ((I - 4) \times 108)$$

Q26. Compléter le tableau du document réponse DR1 en précisant la valeur I du courant en mA ainsi que la valeur du mot M exprimée en décimal.

Q27. Exprimer M_{TU} en fonction de M , puis **compléter** le tableau du document réponse DR1 en précisant la valeur du mot M_{TU} .

$$M_{TU} = M \times 16$$

température (en $^\circ\text{C}$)	I (en mA)	Mot M	Mot M_{TU}
		valeur décimale	valeur décimale
0 $^\circ\text{C}$	9,333	576	9216
-3 $^\circ\text{C}$	8,533	489	7824
-8 $^\circ\text{C}$	7,2	345	5520

Q28. Calculer la variation de température nécessaire pour que le mot M augmente d'une unité et **conclure** sur la précision de la mesure.

$$temperature = \frac{I - I_0}{S} \text{ avec } I = \frac{M}{108} + 4. \text{ D'où : } temperature = \frac{\frac{M}{108} + 4 - I_0}{S}.$$

$$\text{Avec } M = \frac{M_{TU}}{16} \text{ on obtient : } temperature = \frac{\frac{M_{TU}}{108 \times 16} + 4 - I_0}{S}$$

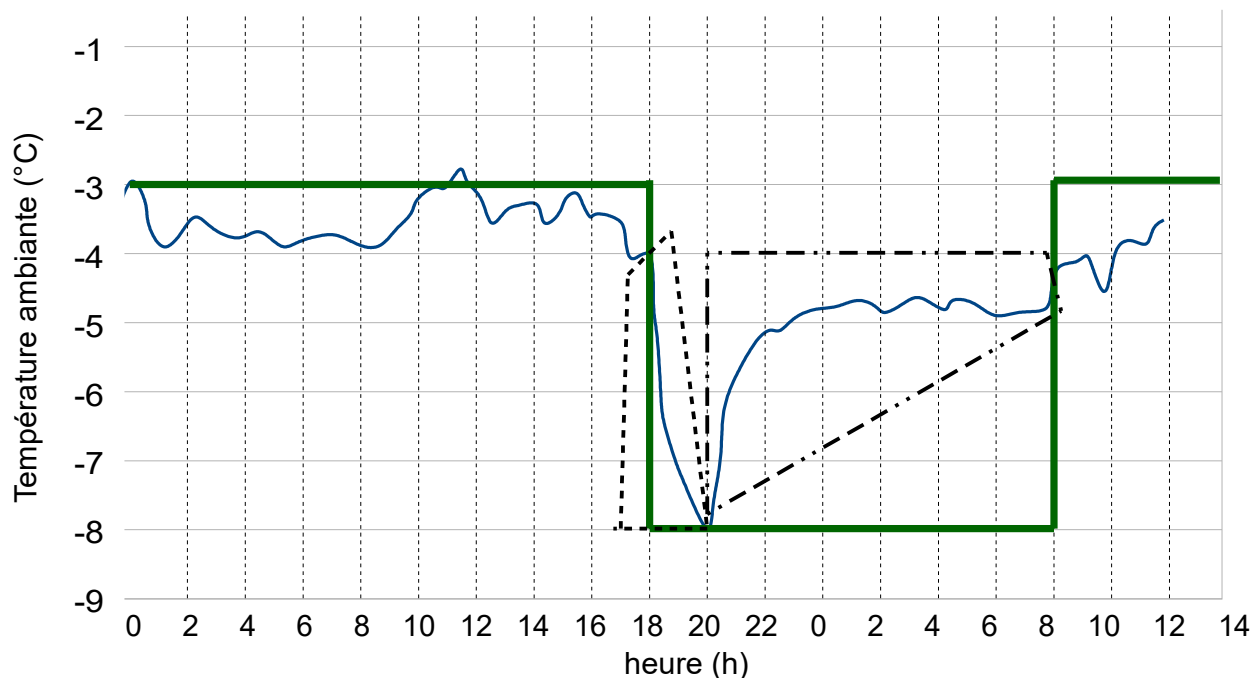
La résolution en température est obtenue pour une variation $\Delta M = 1$ avec :

$$\Delta temperature = \frac{\frac{\Delta M}{108}}{S} = \frac{1}{108 \times 0,266} = 0,035 \text{ } ^\circ\text{C/digit}$$

Résolution très suffisante pour l'application.

Validation des performances

Q29. Compléter, sur le document réponse DR3, le graphique avec la température de consigne. **Entourer** les zones du graphique pendant lesquelles les frigorifères sont alimentés en eau glycolée.



Q30. Conclure quant aux performances de régulation sur cette plage horaire.

La température ambiante reste bien inférieure à $-2,8 \text{ } ^\circ\text{C}$ et, en journée, ne dépasse pas les -3° plus de 30 min. La température ambiante baisse rapidement lorsque les frigorifères sont alimentés.

La baisse de température en vue de la production de neige est réalisée en 2 heures. Par contre, le système ne permet pas de maintenir les -8° de température ambiante pendant la production. Elle reste cependant proche des -5°C , situation d'équilibre ici, lors de la production de neige.

Sur la plage horaire, les performances semblent satisfaisantes.

Q31. Indiquer, en justifiant votre réponse, si le relevé effectué permet de garantir une bonne qualité de neige (exigence 3).

Le dispositif doit permettre la production de neige en toute saison. Des tests au printemps ou en été sont nécessaires pour conclure.

5. Fixation de la remontée mécanique sur la structure de l'extension

Q32. Identifier parmi les propositions ci-dessous, les sollicitations auxquelles est soumis le profilé en I : *traction, compression, cisaillement, flexion, torsion*.

Torsion, flexion et cisaillement

Q33. Écrire le théorème du moment statique au point O. **Calculer**, en ce point, le couple exercé par les poteaux sur le profilé noté $\vec{C}_O = C_O \cdot \vec{z}$.

En utilisant les bras de levier, on obtient la relation :

$$C_O + 0,714 \times R_A + 0,457 \times P_B - 0,595 \times P_C - 1,28 \times P_D = 0 -$$

$$\text{soit } C_O = -0,714 \times R_A - 0,457 \times P_B + 0,595 \times P_C + 1,28 \times M \times g -$$

Q34. En déduire la masse M à mettre en place sur le contrepoids afin d'annuler ce couple lorsque le téléski est en pleine charge. **Conclure**, sachant que le constructeur a placé une masse de 276 kg.

$$\text{Si } C_O = 0 \text{ alors : } M = \frac{0,714 \times R_A + 0,457 \times P_B - 0,595 \times P_C}{1,28 \times g} = 275,5 \text{ kg}$$

Le contrepoids permet de compenser les moments induits par les efforts sur le câble lorsque celui-ci est chargé ainsi que ceux induits par les actions sur la potence et le support.

Il resterait à prendre en compte les évolutions lorsque le câble n'est pas chargé par les skieurs.

6. Conclusion

Q35. Au regard des différents points abordés tout au long de ce sujet, **montrer** que l'installation du snowhall est bien en mesure d'offrir les conditions qui permettent la pratique du ski en intérieur toute l'année.

Le site dispose d'une piste avec une pente qui permet de pratiquer les sports de glisse avec des sensations équivalentes à celles que l'on peut espérer sur une piste bleue.

Le téléski semble correctement dimensionné et permet bien d'atteindre le débit maximum souhaité avec la possibilité de disposer de 3 vitesses différentes.

La surface skiable a été optimisée grâce au système de fixation sur la structure du bâtiment sans risque de fatigue.

Un dispositif de production de froid et de régulation est adapté afin de maintenir une température ambiante adéquate ; un relevé montre bien l'influence des frigorifères dès que la température devient trop importante. Ce dernier point n'est cependant pas validé par les relevés proposés.