

Session 2019

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

**Sciences et Technologies de l'Industrie et du
Développement Durable**

ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX

Coefficient 8 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée

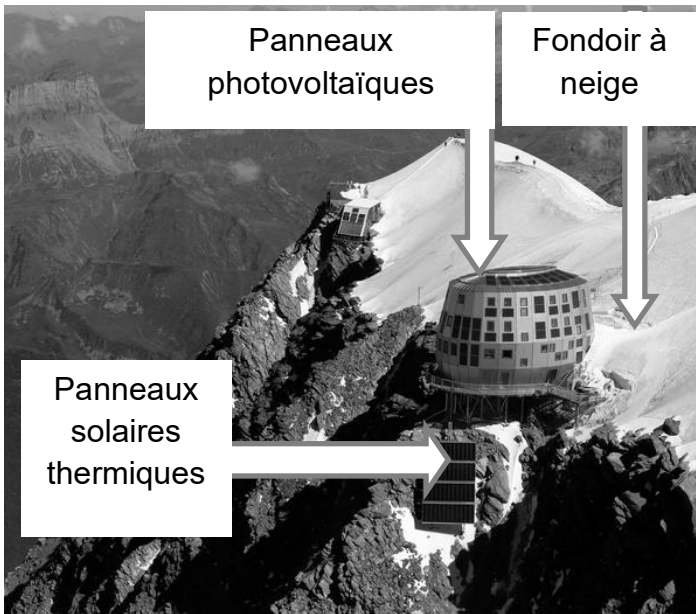
Constitution du sujet

- **Dossier sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
 - **PARTIE 1 (3 heures)** Pages 3 à 8
 - **PARTIE 2 (1 heure)** Pages 9 à 10
- **Documents techniques** Pages 11 à 20
- **Documents réponses** Pages 21 à 24

**Le dossier sujet comporte deux parties indépendantes qui
peuvent être traitées dans un ordre indifférent.**

**Les documents réponses DR1 à DR6 (pages 21 à 24) seront
à rendre agrafés avec vos copies (y compris les DR non remplis).**

Mise en situation



Le refuge du Goûter a été construit à 3835 m d'altitude sur une voie d'ascension du Mont-Blanc empruntée chaque année par des alpinistes venus du monde entier, entre le 15 juin et le 23 septembre.

L'architecture ovoïde du projet a été dessinée pour s'intégrer sur un plan esthétique et technique aux contraintes de l'environnement. Le maître d'ouvrage de l'opération, la Fédération Française des Clubs Alpains et de Montagne a décidé de construire un bâtiment écologique faisant appel à de

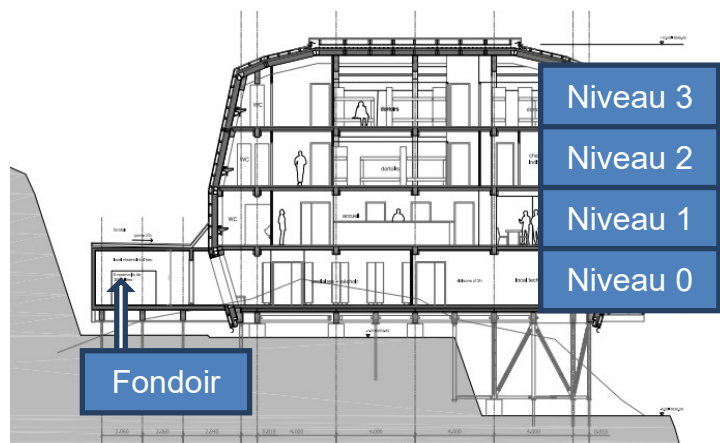
nouvelles technologies et à des énergies renouvelables (énergie solaire).

La localisation en altitude, la difficulté d'accès et l'isolement du refuge, engendrent des difficultés d'approvisionnement et de fonctionnement des équipements (alimentation en eau, assainissement, énergie). À ces particularités s'ajoutent des conditions climatiques très difficiles et une occupation discontinue.

La position du refuge rend impossible le raccordement aux réseaux classiques d'approvisionnement en eau, d'évacuation des eaux usées et de fourniture énergétique (gaz, électricité). Les ravitaillements se font par hélicoptère. L'accès au refuge se fait exclusivement à pied. Il a plusieurs fonctions : une mission de service public (sécurité des randonneurs, déclenchement des secours), de gardiennage du site et de prestation commerciale (hébergement, restauration).

Il sera maintenu hors gel pendant sa fermeture en hiver. Durant la période d'ouverture au public, les températures extérieures ne dépassent pas quelques degrés au-dessus de zéro. Le local technique situé au niveau 0 héberge différents systèmes :

- une unité de cogénération (unité qui produit simultanément de l'électricité et de la chaleur) ;
- une ventilation double flux ;
- une unité de traitement des eaux usées ;
- la gestion de l'alimentation électrique ;
- le stockage des énergies.



La structure est en bois local. L'enveloppe extérieure métallique est composée de pièces en inox conçues pour résister à des vents moyens de $240 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ et aux écarts thermiques.

Le fondoir à neige permet l'approvisionnement en eau du refuge.

Partie 1 - Comment tendre vers un refuge autonome ?

Pour tendre vers un refuge le plus autonome possible, les concepteurs se sont penchés, entre autres, sur l'enveloppe du bâtiment, ses systèmes énergétiques et leurs gestions.

1.1 Comment choisir l'enveloppe du refuge afin de limiter les déperditions thermiques ?

L'objectif de cette partie est d'étudier les moyens « passifs » mis en œuvre sur le bâti pour optimiser l'enveloppe du bâtiment.

✓ Influence de la forme du bâtiment

Un des facteurs permettant d'apprécier l'influence de la forme du bâtiment sur les déperditions thermiques est la compacité.

Définition de la compacité : $C = \frac{\text{Volume du bâtiment en m}^3}{\text{Surface de paroi extérieure en m}^2}$

Plus la compacité est élevée, plus les déperditions thermiques sont faibles.

Les parois extérieures sont celles en contact avec l'air extérieur et celles en contact avec le sol.

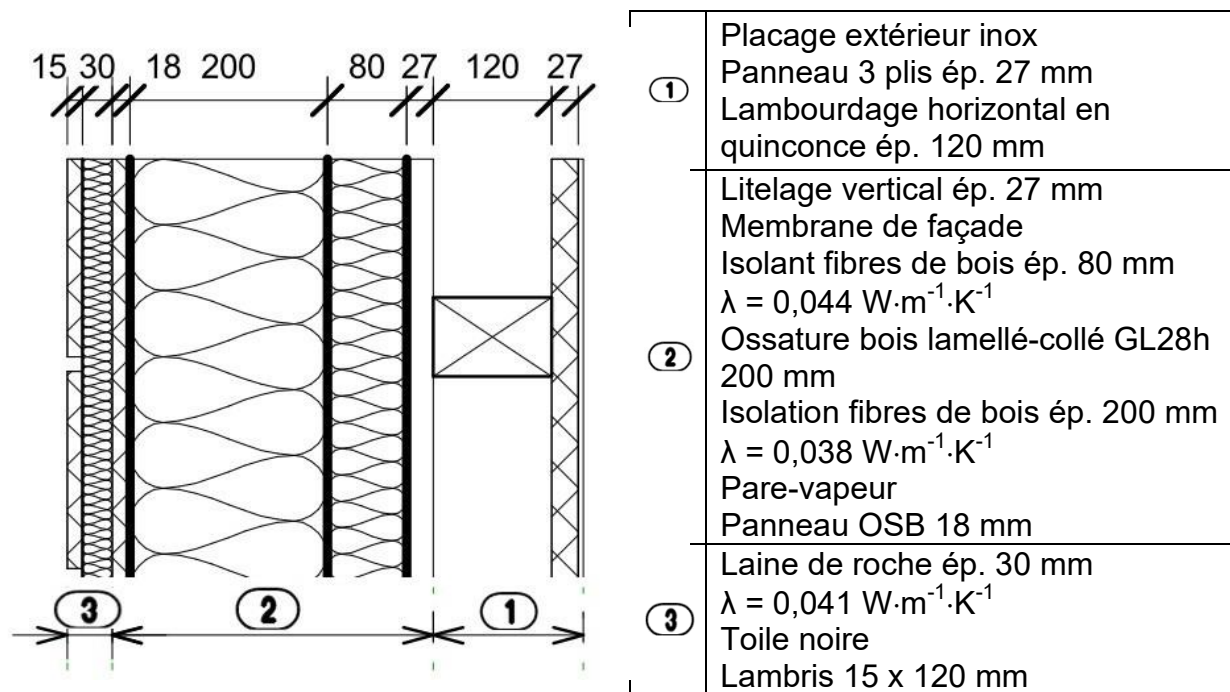
Question 1.1.1 DR1	Afin de comparer le refuge avec des bâtiments de forme plus classique, compléter les cellules en gras du tableau du document DR1.
-----------------------	--

Question 1.1.2	Conclure sur le choix des concepteurs de la forme ovoïde du bâtiment afin de réduire les déperditions thermiques.
----------------	--

✓ Influence de l'isolation du bâtiment

Afin de limiter les déperditions, la qualité de l'enveloppe isolante du bâtiment a été particulièrement étudiée. Une coupe schématique des parois opaques du refuge est donnée en page 4.

Question 1.1.3 DR2	Sur le DR2, calculer la résistance thermique de la laine de roche ainsi que la résistance thermique globale de la paroi.
-----------------------	---



Question 1.1.4

Comparer la valeur de la résistance globale aux valeurs normatives ci-dessous, **conclure** sur la performance de l'isolation du refuge.

Standards d'isolation	Type RT 2000	Type RT 2005	Type RT 2012
Résistance thermique	$R \geq 2,5$ $\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$	$R \geq 3$ $\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$	$R \geq 4$ $\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$

✓ Synthèse

Question 1.1.5

À partir des résultats des questions précédentes, **conclure** sur l'avantage à utiliser l'enveloppe (forme et isolation) pour réduire les consommations énergétiques.

1.2 Comment tendre vers une autonomie énergétique totale ?

La conception du refuge a été réalisée en optimisant la disposition des modules photovoltaïques sur les parois du bâtiment et en choisissant les systèmes énergétiques les plus performants. L'objectif de cette partie est d'étudier la nécessité de gérer intelligemment ces systèmes pour répondre aux besoins du refuge et pour tendre vers une autonomie énergétique totale.

Question 1.2.1

DT1, DT12, DR3

Définir le type d'énergie (électrique, solaire, chimique ou thermique) des points ① ② ③ ④ et ⑤ du diagramme ibd de la distribution des énergies du refuge.

Compléter le tableau du document DR3 en cochant les fonctions assurées par les différents composants.

L'eau froide consommée dans le refuge est produite à partir de la neige accumulée à l'arrière de celui-ci durant sa période de fermeture. On prendra en compte une occupation de 120 personnes, une température extérieure moyenne de -10°C et une température finale d'eau froide de 10°C .

Question 1.2.2	Citer les sources d'énergie exploitées dans le refuge pour produire de l'eau froide.
DT1, DT2	Déterminer l'énergie (en $\text{kWh} \cdot \text{jour}^{-1}$) nécessaire à la production d'eau froide pour répondre à la consommation moyenne de 11,6 litres par personne et par jour.

La production d'énergie électrique et sa gestion doivent permettre de répondre aux besoins d'énergie électrique très variables du refuge. Le cas étudié dans le document DR3 correspond à une occupation nominale de 120 personnes par beau temps.

Question 1.2.3	Sur le graphe du document DR3 et en s'appuyant sur l'organigramme DT3, indiquer le comportement des batteries électriques en supposant que ces batteries ne sont jamais complètement chargées (indiquer + ou – ou = dans les zones à remplir).
DT1, DT3, DR3	

Question 1.2.4	En étudiant le document DT4 et les courbes de consommation du document DR3, expliquer l'impact de l'occupation des zones du refuge (dortoir, salle commune) sur la consommation globale d'électricité entre 15h et 5h du matin.
DT4, DR3	

Question 1.2.5	Calculer la consommation électrique quotidienne du refuge par beau temps.
DT5	Montrer que le refuge doit quotidiennement utiliser l'unité de cogénération et cela même dans le cas le plus favorable de la période d'occupation nominale.

✓ Synthèse

Question 1.2.6	En utilisant les réponses précédentes, rédiger une conclusion argumentée de quelques lignes sur les moyens mis en œuvre pour tendre vers une autonomie énergétique totale.
----------------	---

1.3 Quel est l'intérêt d'avoir une gestion technique à distance du refuge ?

L'interface de communication qui se situe dans le local technique est un élément important de la transmission des informations pour la gestion technique du refuge. L'objectif de cette partie est d'étudier l'intérêt d'une gestion technique à distance du refuge (3835 mètres d'altitude) qui peut être assurée depuis la ville de Saint Gervais dans la vallée, à 10 km du bâtiment.

Question 1.3.1

DT6, DT7

Donner le type des signaux utilisés pour la communication des informations aux points ❶ ❷ ❸ et ❹ (numérique, analogique, tout ou rien).

Proposer un moyen de communication à utiliser entre la passerelle et internet parmi les cinq de la liste du DT7. **Justifier** la réponse.

L'acquisition et la transmission des grandeurs physiques mesurées par les capteurs permettent une surveillance du comportement global du refuge et sa supervision. En période de fermeture, la température intérieure ne doit pas descendre en dessous de 7°C pour éviter un gel de l'eau dans les différentes installations du refuge. Si ce cas apparaît, une alarme est envoyée par l'automate A2 vers le poste distant de GTB.

Question 1.3.2

DT6, DT8

Déterminer la valeur du signal issu de la sonde de température de la salle commune pour une température mesurée de 7°C.

Donner la valeur de la variable numérique interne à l'automate A2 associée à cette grandeur en notation décimale entière et en notation binaire sachant que pour un format 0-10V la valeur de la variable interne varie de 0 à 1000 en décimale.

La communication des informations entre les automates et l'interface se fait via un réseau IP 10.121.33.0 /24 (l'indication /24 correspond au masque de sous-réseau 255.255.255.0). Pour des raisons de sécurité, ce réseau est spécifique à la gestion technique du refuge et n'est pas accessible aux alpinistes.

Question 1.3.3

DT6

Donner l'étendue des adresses IP possibles des machines de ce réseau.

Justifier que le masque de sous-réseau convient.

Les informations issues des compteurs volumétriques (eau froide, eau chaude) et des compteurs d'énergie (électrique, thermique) permettent un suivi énergétique du refuge tout au long de l'année. Dans le document DR4, on décrit la communication dans laquelle la passerelle demande la valeur de la puissance active mesurée par un compteur.

Question 1.3.4 DT9, DR4	Après lecture du document DT9, entourer dans les trames du document réponse DR4 : <ul style="list-style-type: none"> • en bleu les données qui définissent le compteur concerné par la demande ; • en vert les données liées à la valeur renvoyée par le compteur.
----------------------------	---

Question 1.3.5 DT9, DR4	Déterminer le compteur (A, B ou C) concerné par la communication étudiée. Donner la signification de l'information renvoyée par le compteur lors de cette communication (nature, valeur en notation décimale, unité). Justifier les réponses.
----------------------------	--

✓ Synthèse

Question 1.3.6	En utilisant les réponses précédentes, rédigé une conclusion argumentée sur l'intérêt de disposer de la gestion technique à distance du refuge en période d'occupation et en période d'inoccupation du refuge.
----------------	---

1.4 Pourquoi choisir une unité de cogénération pour satisfaire les besoins énergétiques du refuge en cas de mauvais temps ?

La gestion de l'énergie du refuge s'appuie sur une unité de cogénération dont le principe est rappelé schématiquement sur le document DT12.

On se propose de vérifier la pertinence de ce choix dans cette partie.

L'unité de cogénération fournit les besoins électrique et thermique selon les conditions climatiques et les besoins des usagers. L'étude portera sur le cas défavorable de mauvais temps sur le refuge.

Question 1.4.1 DT5, DR5	Les besoins énergétiques en cas de mauvais temps sont de $94 \text{ kWh}\cdot\text{jour}^{-1}$ en énergie électrique et de $144 \text{ kWh}\cdot\text{jour}^{-1}$ en énergie thermique pour cette étude. Ces besoins seront comblés en utilisant l'unité de cogénération pendant 7h. Calculer la puissance électrique moyenne nécessaire en sortie d'alternateur et compléter le document réponse DR5.
----------------------------	--

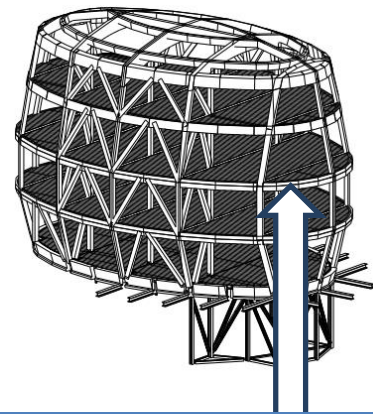
- Question 1.4.2
DT11, DT13
- Dans le dossier technique DT11, **relever** la vitesse en régime nominal des moteurs des deux unités de cogénération.
- Calculer** la fréquence de rotation de l'alternateur à l'aide du schéma présenté sur le document technique DT13.
- Question 1.4.3
DR5
- Déterminer** la puissance mécanique nominale en sortie du moteur de l'unité de cogénération lorsque l'alternateur fournit une puissance électrique nominale de 13 kW. À partir de la valeur de la puissance mécanique, **choisir** l'unité de cogénération la mieux adaptée.
- Pour les questions suivantes, on considère que l'unité de cogénération fonctionne à ses caractéristiques nominales.
- Le maître d'ouvrage a privilégié l'hypothèse d'un usage futur d'huile de colza et a décidé d'installer une unité de cogénération de type diesel, compatible avec ces deux carburants.
- Question 1.4.4
DT11
- En fonction du nombre d'heures d'utilisation définie plus haut et de la consommation de cette unité, **déterminer** la masse de carburant pour une journée de mauvais temps. On rappelle que la masse volumique du carburant diesel est de $850 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
- Question 1.4.5
- Le ravitaillement du refuge se fait nécessairement par hélicoptère. **Déterminer** le nombre maximum de jours entre deux ravitaillements (charge de carburant maximum à chaque ravitaillement : 400 kg).

✓ Synthèse

- Question 1.4.6
DT10
- Une des hypothèses du maître d'ouvrage consistait en une combinaison groupe électrogène plus chaudière à condensation. Le bilan de leurs consommations pour une journée de fonctionnement dans les mêmes conditions de climat est donné en DT10.
- Comparer** les consommations journalières de la combinaison groupe électrogène plus chaudière à condensation par rapport à l'unité de cogénération, ainsi que les intervalles entre les ravitaillements.
- Conclure** sur le choix du maître d'ouvrage d'équiper le refuge avec une unité de cogénération.

Partie 2 - Avec quel matériau construire la structure du refuge ?

On s'intéresse à la partie ossature du bâtiment. Elle est composée d'éléments en bois lamellé-collé (poteaux, poutres) sur lesquels viennent se fixer des caissons formant l'enveloppe du refuge. L'objectif de cette partie est de justifier le choix du bois par les concepteurs d'un point de vue technique et d'un point de vue développement durable. Un diagramme des exigences (DT14) présente les contraintes imposées à cette structure. Une étude comparative sera menée entre trois matériaux généralement utilisés dans la construction : le bois, l'acier et le béton.



Poutre de ceinture constituée de plusieurs éléments

✓ Dilatation de la structure

L'objectif de cette question est de choisir un matériau en fonction de sa dilatation. On s'intéresse à la poutre de ceinture du bâtiment au niveau 2 de longueur $L_0 = 50$ m.

Question 2.1

DT15, DT16

À partir des températures extérieures relevées dans la zone et des coefficients de dilatation des matériaux, **calculer** l'allongement relatif en % de cette poutre pour les trois matériaux considérés (bois, acier, béton).

Formulaire : $\Delta L \% = 100 \cdot \alpha \cdot \Delta T$

ΔL %: allongement relatif en %

α : coefficient de dilatation en $m \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$

ΔT : écart maximal de température entre l'été et l'hiver en $^\circ C$.

Question 2.2

DT14

Conclure sur le matériau qui respecte l'extrait correspondant du diagramme des exigences DT14.

✓ Résistance au feu

La conception de la structure doit être étudiée de façon à résister le plus longtemps possible à un incendie pour permettre l'évacuation totale du refuge.

Question 2.3

DT14, DT17

À partir de l'évolution de la capacité portante des trois matériaux (bois lamellé-collé, acier, béton) lors d'un incendie, **conclure** sur le matériau qui respecte l'extrait correspondant du diagramme des exigences DT14.

✓ Bilan carbone

Pour la poutre de ceinture considérée plus haut, l'objectif est de quantifier les émissions de carbone générées par l'extraction et la fabrication du matériau de la poutre et par son transport en hélicoptère. Les trois matériaux (bois, acier, béton) sont toujours pris en compte.

Question 2.4 DR6	Justifier le signe négatif des émissions de carbone pour l'extraction et la fabrication du bois lamellé-collé.
---------------------	---

Question 2.5 DT14, DR6	Calculer les émissions de carbone pour l'extraction, la fabrication ainsi que le transport pour la poutre en lamellé-collé et compléter la colonne du tableau DR6. Conclure sur le matériau qui respecte l'extrait correspondant du diagramme des exigences DT14.
---------------------------	--

✓ Vérification de la résistance d'un élément de structure du refuge

L'objectif de cette partie est de vérifier par simulation la résistance d'une barre de contreventement (la barre AE), élément important pour la résistance au vent du refuge.

Le document DT18 présente les résultats de deux simulations des effets du vent sur la structure du refuge en tenant compte des hypothèses suivantes :

- les liaisons en A et E sont des articulations ;
- le poids de la barre est négligé par rapport aux autres efforts agissant sur la barre.

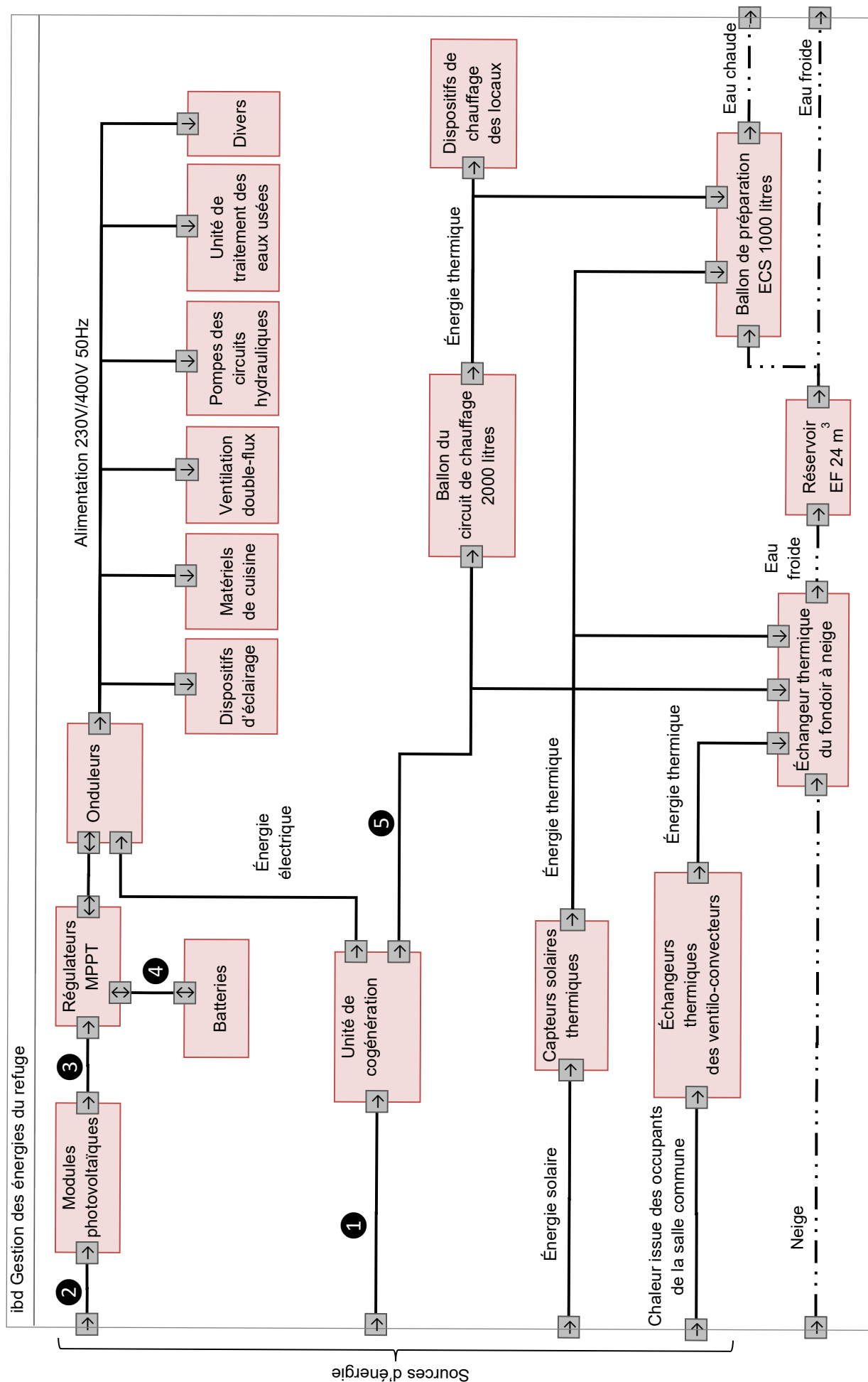
Question 2.6 DT18	À partir des résultats de simulations présentés sur le document DT18, donner le nom de la sollicitation à laquelle est soumise la barre AE dans les cas N°1 et 2.
----------------------	--

Question 2.7 DT18	À l'aide du document DT18, calculer le coefficient de sécurité réel sur la contrainte normale de la barre AE dans le cas n°2 en utilisant les résultats de la simulation. Conclure sur le dimensionnement de la barre AE.
----------------------	---

✓ Synthèse

Question 2.8	À partir des résultats de toutes les questions de la partie 2, rédiger une conclusion argumentée sur la pertinence du choix du bois pour la réalisation de cette structure compte-tenu du contexte particulier de l'ouvrage.
--------------	--

DT1 - IBD de la gestion des énergies du refuge (hors cuisson des aliments)



DT2 - Production d'eau froide

La production d'eau froide correspond au premier poste de consommation énergétique du refuge. L'énergie solaire est une des sources d'énergie primaire.

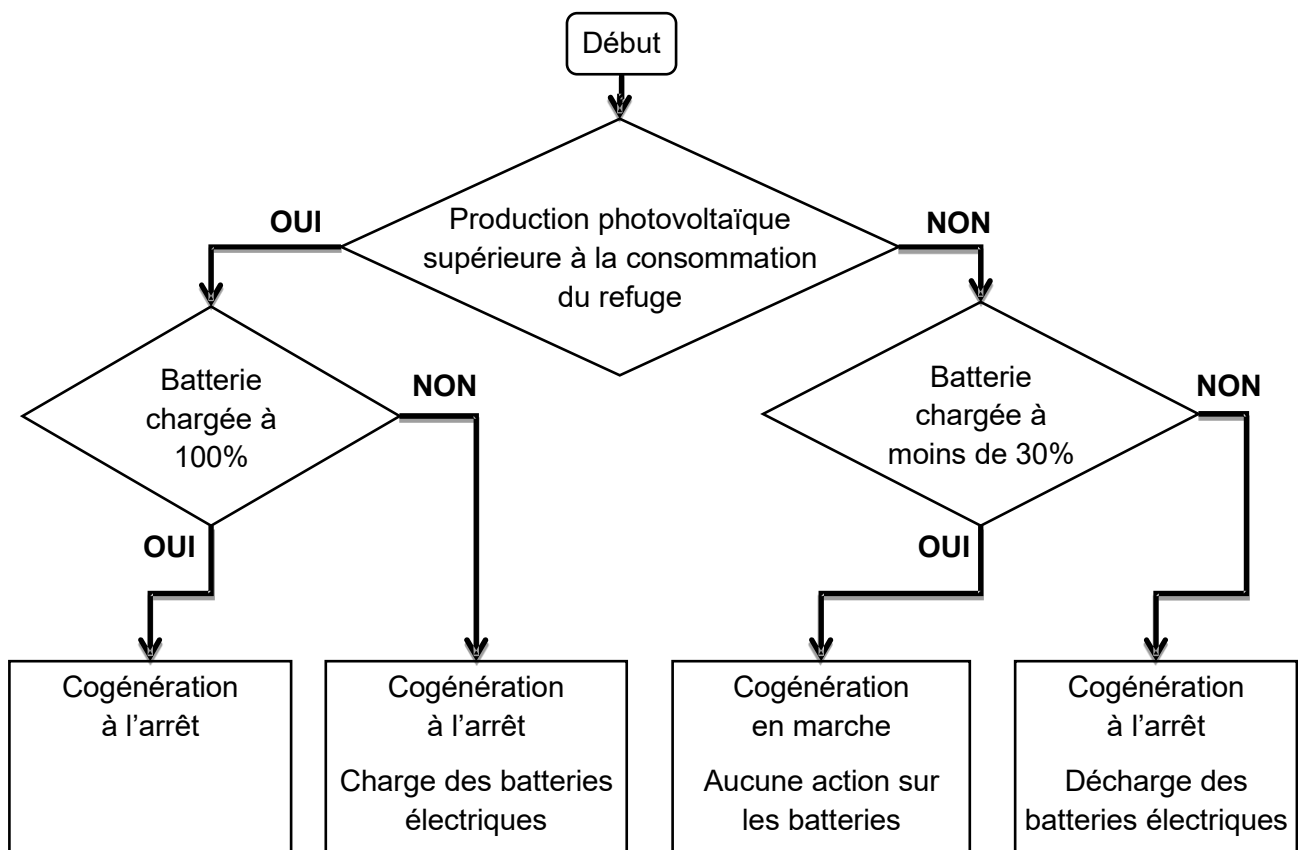
Le fondoir à neige dispose d'un échangeur thermique d'une surface de 50 m² sur laquelle la neige est accumulée durant la période de fermeture.



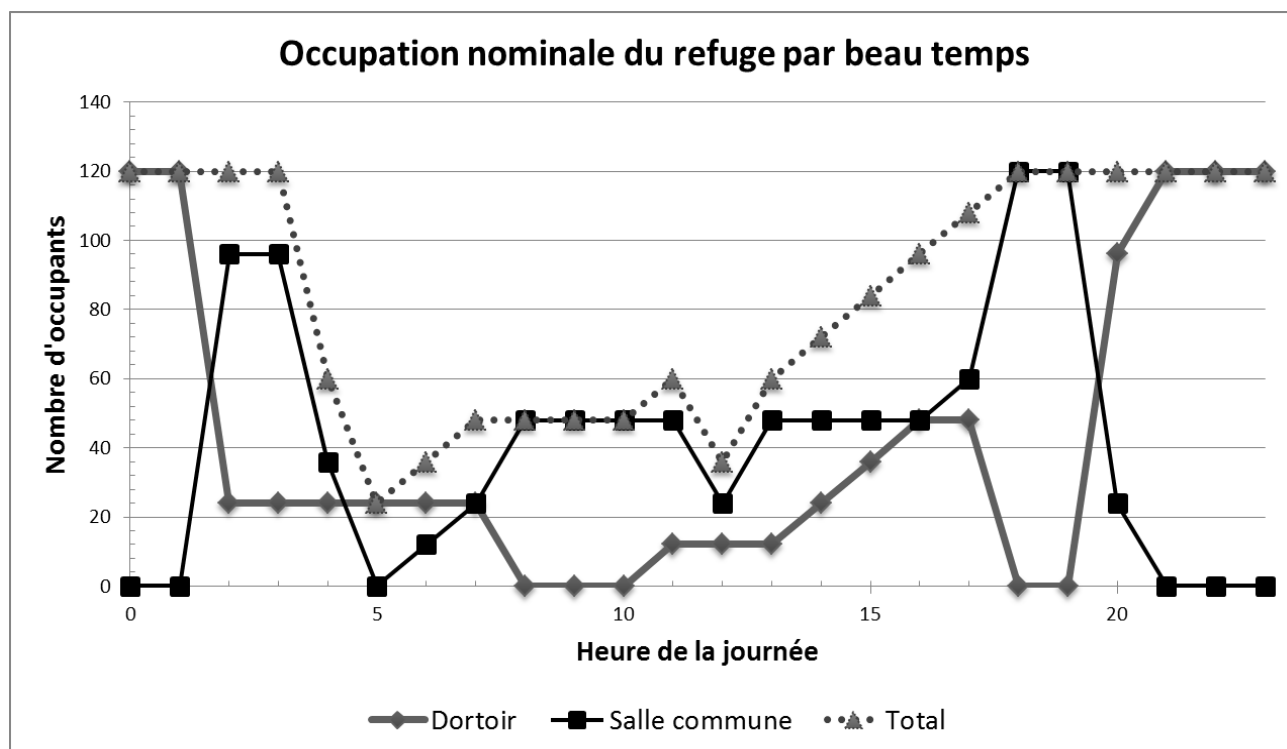
8 réservoirs de 3000 litres recueillent l'eau froide produite par la fonte de la neige. Ils emmagasinent suffisamment d'eau pour les jours de mauvais temps.

Chaleur pour chauffer la glace de -15°C à 0°C	8,58 Wh.kg ⁻¹
Chaleur pour chauffer la glace de -10°C à 0°C	5,72 Wh.kg ⁻¹
Chaleur pour faire fondre la neige à 0°C	92,5 Wh.kg ⁻¹
Chaleur pour chauffer l'eau liquide de 0°C à 10°C	11,7 Wh.kg ⁻¹

DT3 - Organigramme de gestion de l'énergie électrique



DT4 - Variation de l'occupation du refuge



Par temps clair et dégagé, les conditions d'ascension au Mont Blanc sont favorables et l'occupation du refuge est élevée.

Les installations de ventilation, de chauffage et de rafraîchissement doivent s'adapter aux grandes variations d'occupation des locaux.

DT5 - Bilan énergétique quotidien ($\text{kWh}\cdot\text{jour}^{-1}$) en période d'ouverture du refuge

(Occupation de 120 personnes avec une température extérieure moyenne de -10°C)

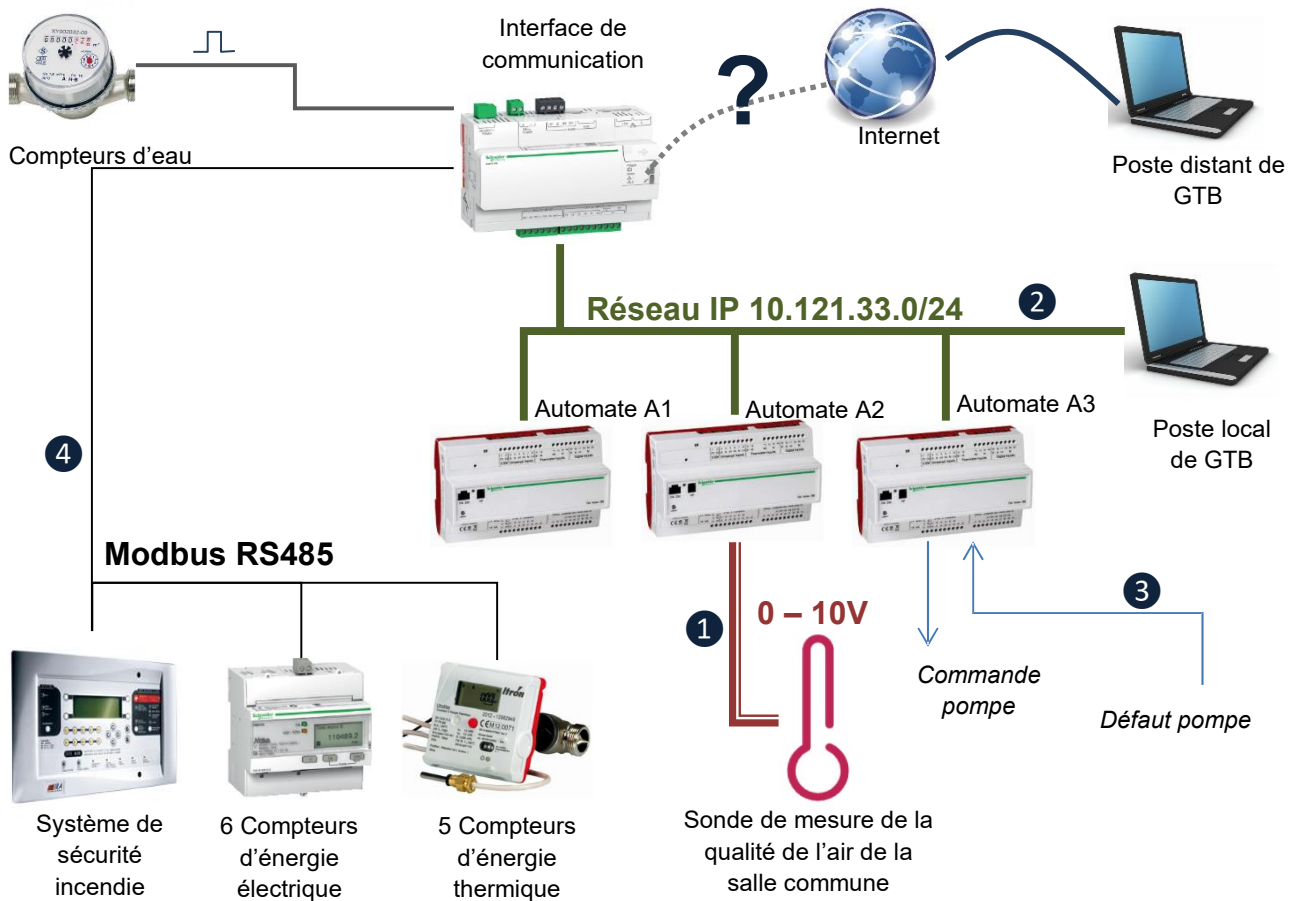
Production quotidienne d'énergie ($\text{kWh}\cdot\text{jour}^{-1}$)		Beau temps	Mauvais temps
Production photovoltaïque théorique		69	0
Production solaire thermique théorique		182	0
Productions par l'unité de cogénération	électrique	23	94
	thermique	40	144

Postes de consommation d'énergie thermique ($\text{kWh}\cdot\text{jour}^{-1}$)		Beau temps	Mauvais temps
Dispositifs de chauffage des locaux		28	28
Fondoir à neige (besoin théorique de production d'eau froide)		154	154
Préparation ECS (production d'eau chaude sanitaire)		27	27

Postes de consommation électrique ($\text{kWh}\cdot\text{jour}^{-1}$)		Beau temps	Mauvais temps
Divers composants électriques		7	8
Éclairage		6	7
Pompes hydrauliques et ventilation		30	30
Matériels de cuisine		8	8
Unité de traitement des eaux usées		41	41

Par type d'énergie (électrique, thermique), la production doit être égale à la consommation sauf en présence de moyens de stockage/déstockage.

DT6 - Réseaux de communication du refuge pour sa gestion technique



GTB : Gestion technique du refuge

Surveiller Alerter en cas de surconsommation ou de dysfonctionnement	Superviser Modifier le comportement des équipements pour mieux répondre aux besoins	Suivi énergétique Connaître en détail les consommations et productions pour connaître les performances et l'autonomie énergétiques
Émission de signalisations ou d'alarmes	Connaître les états détaillés des équipements	Mesure des consommations détaillées
Enregistrement des historiques	Commander les équipements	Analyse de paramètres pertinents

DT7 - Moyens de communication possibles avec la passerelle du refuge

	Fréquence radio	Distance/portée maximale	Débit (bps = bits par seconde)
Wi-Fi	2,4 GHz	140 m	54 Mbps
GPRS/2G+	850/900/1800/1900 MHz	12000 m	50 kbps
ZigBee	2,4 GHz	100 m	250 kbps
Modbus RS485		1200 m	9600 bps
Éthernet		100 m	10/100 Mbps

DT8 - Sonde de mesure de la qualité de l'air de la salle commune

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Alimentation en tension : 24 V ca/cc ($\pm 10\%$)

HUMIDITÉ

Capteurs : capteur d'humidité numérique avec capteur de température intégré, petite hystérésis

Plage de mesure humidité : 0...100 % h.r. (sortie correspond à 0 -10 V ou 4 – 20mA)

Incertitude de mesure humidité : $\pm 3\%$ h.r. (20...80 %) à +20 °C, sinon $\pm 5\%$ h.r.

TEMPÉRATURE

Plage de mesure température : 0...+50 °C (sortie correspond à 0 -10 V)

Incertitude de mesure de température : $\pm 0,8\text{ K}$ à +20 °C, dans conditions standard

QUALITÉ DE L'AIR (COV)

Capteur de qualité d'air : capteur COV (volatile organic compounds = composés organiques volatils)

Plage de mesure qualité d'air : 0...100 % qualité d'air, se référant au gaz de calibrage;

Sortie qualité d'air : 0 -10 V (0 V = air propre, 10 V = air pollué)

Précision de mesure qualité d'air : $\pm 20\%$ Vf (se référant au gaz de calibrage)

DIOXYDE DE CARBONE (CO2)

Capteur CO2 : capteur NDIR (technologie infrarouge non-dispersive) avec étalonnage automatique

Plage de mesure CO2 : 0...2000 ppm; 0...5000 ppm (sélectionnable via interrupteur DIP)

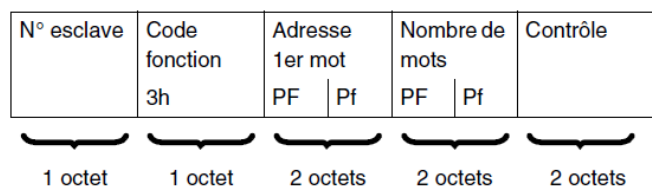
Précision de mesure CO2 : $\pm 30\text{ ppm} \pm 3\%$ de la Vf



DT9 - Communications dans un réseau modbus RS485

La communication modbus RS485 est basée sur un fonctionnement maître-esclave : le maître pose une question (requête de lecture d'une valeur associée à une adresse) à un esclave. Chaque esclave (compteurs, système de sécurité incendie ...) a un numéro unique, celui qui est concerné par la requête répond.

Format d'une requête de lecture de mots



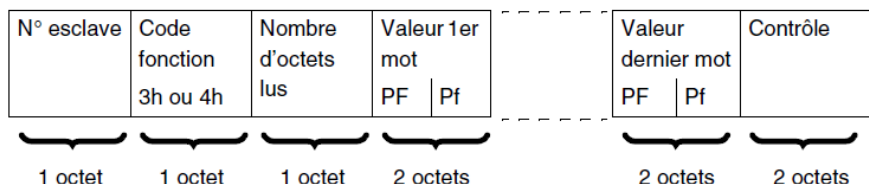
mot = variable de 16 bits = 2 octets

Octet 3h = $(03)_{16}$

PF : octet de poids fort

Pf : octet de poids faible

Format d'une réponse suite à une requête de lecture de mots



Extrait du tableau des variables des compteurs A, B et C

Adresse de la variable (hexadécimale)	Longueur de la variable (octet)	Nature de l'information	Unité	Plage de valeur (décimale)
00 22	4	Numéro de série du compteur	-	-
00 24	2	V1 : Tension L1-N	0,1 V	0 - 5000
00 42	2	I1 : courant de phase 1	mA	0 - 63000
00 81	2	Puissance active totale absorbée	W	0 - 25000
00 82	4	Energie active absorbée	Wh	0 - 999 999 999

DT10 - Comparaison de la quantité de carburant pour une production équivalente d'énergie électrique et thermique lors d'une journée de mauvais temps

Énergie	Durée d'utilisation (en cas de mauvais temps)	Unité de cogénération	Groupe électrogène de puissance équivalente	Chaudière à condensation de puissance équivalente
Gaz	7h		38 kg	10 kg
Diesel	7h		51 kg	13 kg

DT11 - Unités de co-génération



ecoGEN-20SH



MOTEUR

Marque	Kubota
Cylindrée	3,3 litres
Régime nominal	2000 tr·min ⁻¹
Puissance nominale	21 kW à 2000 tr·min ⁻¹

UNITE DE MINI-COGENERATION

Combustible	Huile végétale ou diesel
Fonctionnement	Parallèle au réseau BT
Consommation	6,7 litres·h ⁻¹ (suivant ISO 3046-1 tol. 5%)
Tension	3x400 VAC
Cos φ	1
Emission (Nox/CO)	1200/300 mg·Nm ⁻³ (à 5% O ₂)
Niveau sonore	65 dB/A à 1 mètre

ALTERNATEUR

Type	Synchrone
Tension	400 V
Fréquence	50 Hz
Courant nominal	29 A



ecoGEN-12SG



MOTEUR

Marque	Ford
Cylindrée	1,6 litre
Régime nominal	2000 tr·min ⁻¹
Puissance nominale	17 kW à 2000 tr·min ⁻¹

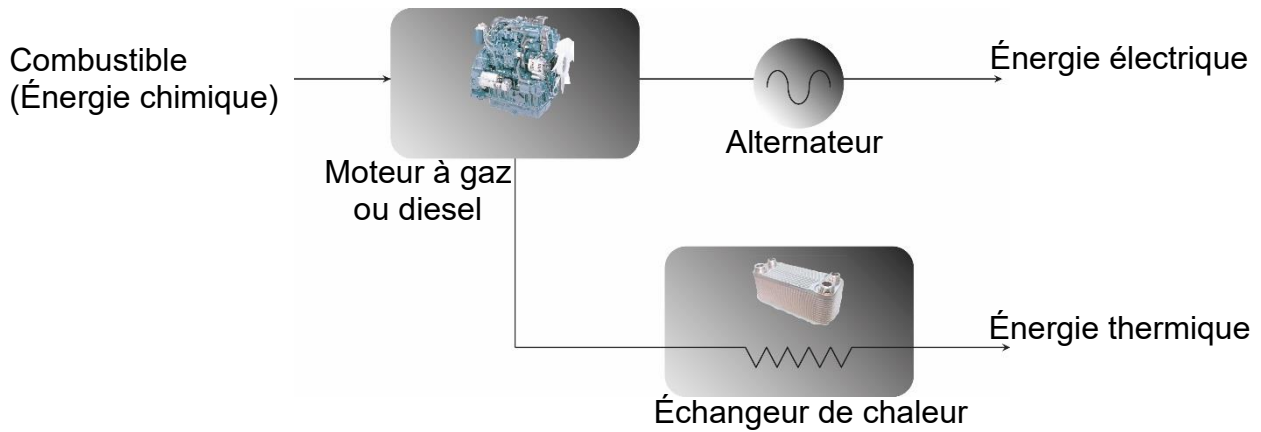
UNITE DE MINI-COGENERATION

Combustible	Gaz naturel, propane
Fonctionnement	Parallèle au réseau BT
Consommation	43 kW (suivant ISO 3046-1 tol. 5%)
Tension	3x400 VAC
Cos φ	1
Emission (Nox/CO)	125/150 mg·Nm ⁻³ (à 5% O ₂)
Niveau sonore	57 dB/A à 1 mètre

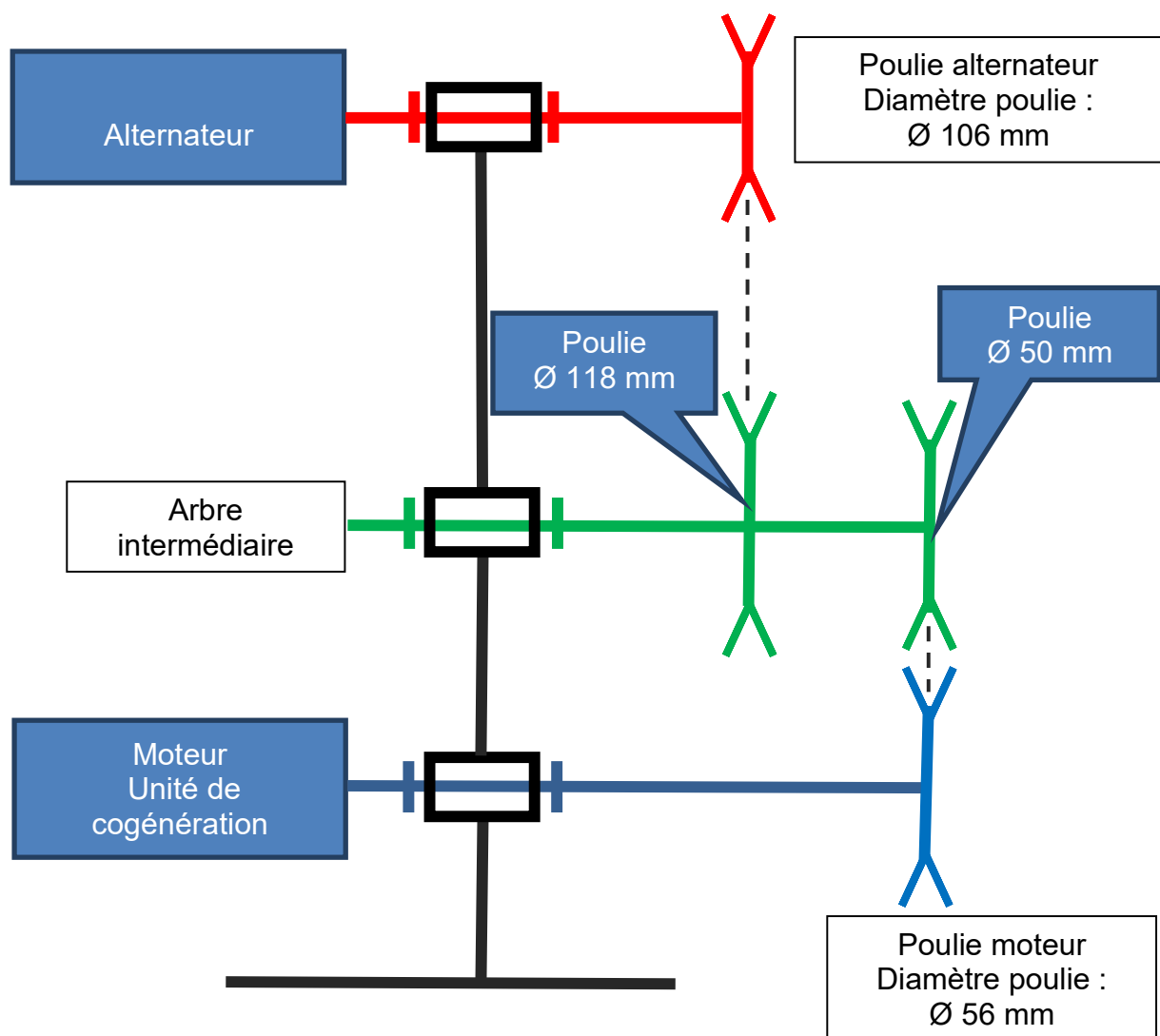
ALTERNATEUR

Type	Synchrone
Tension	400 V
Fréquence	50 Hz
Courant nominal	46 A

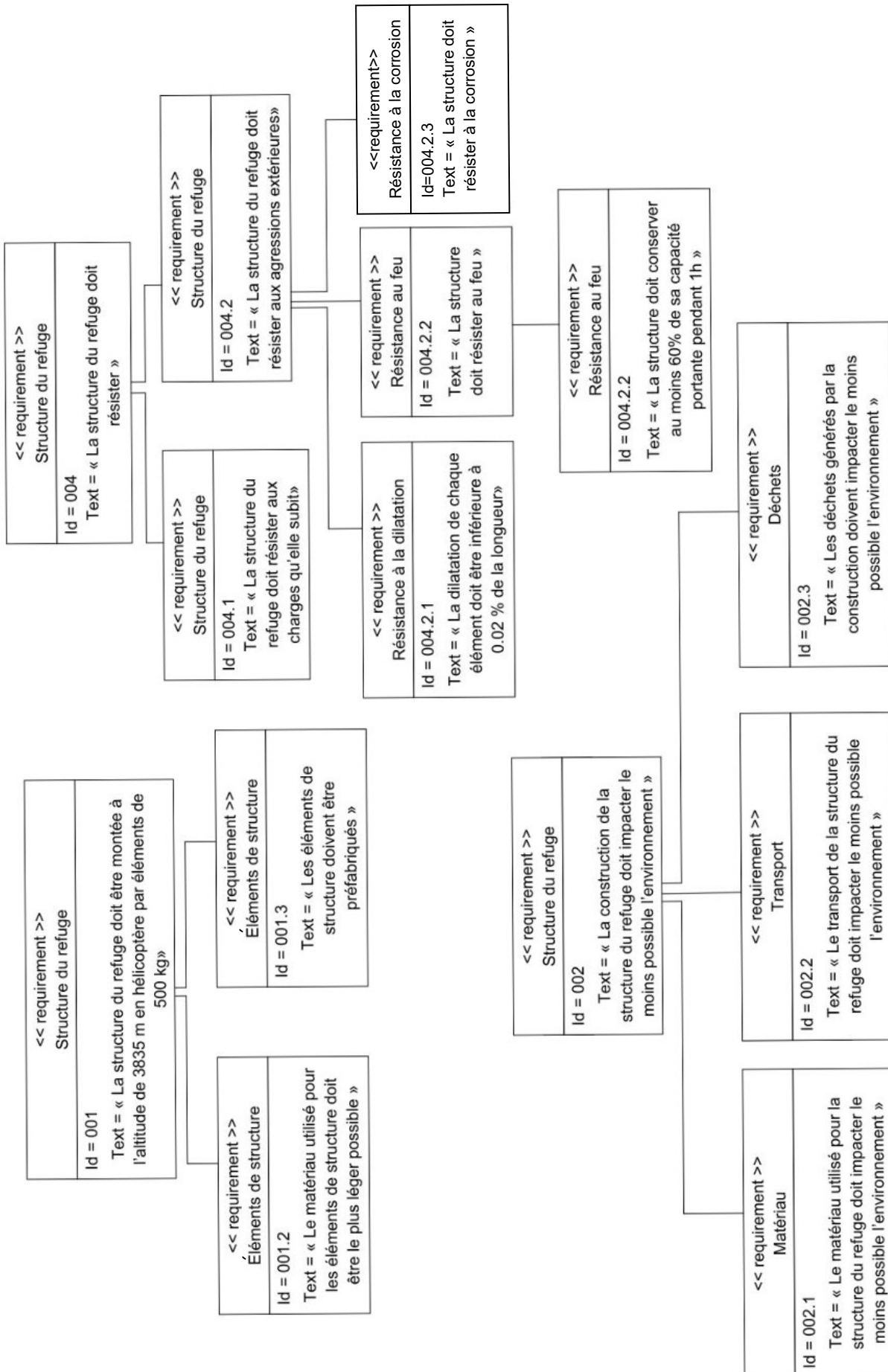
DT12 - Principe de la cogénération



DT13 - Schéma de la liaison alternateur / moteur de l'unité de cogénération



DT14 - Diagramme des exigences pour la structure du refuge

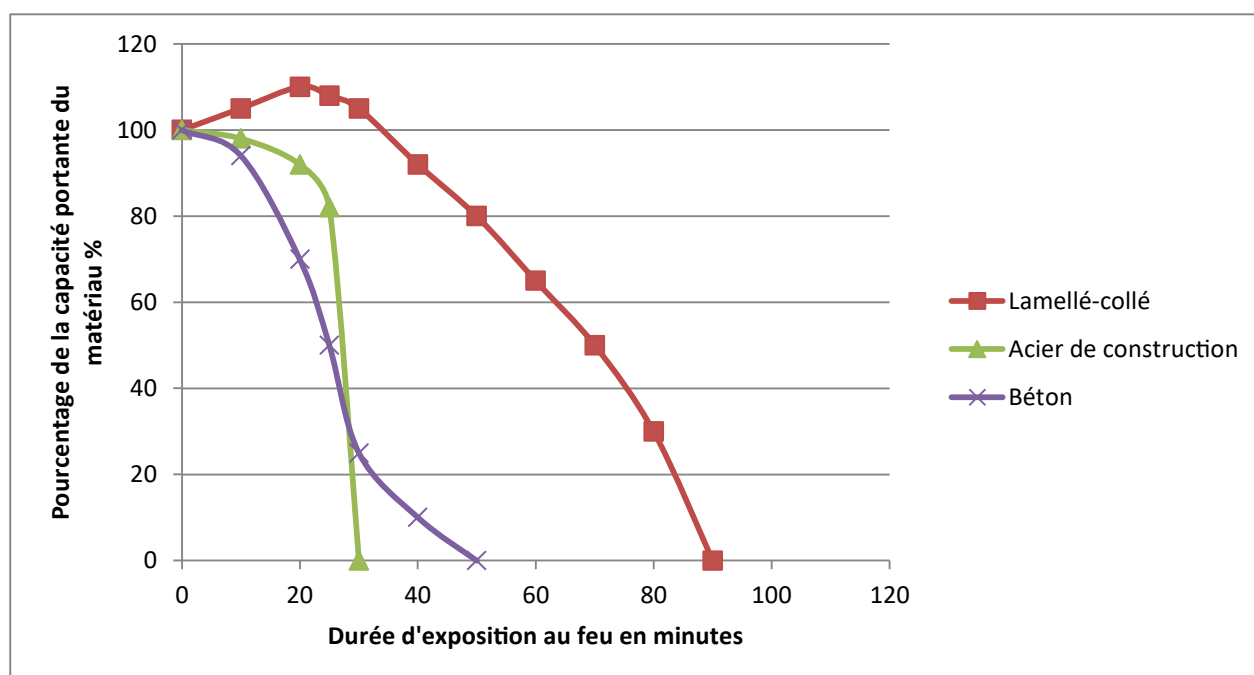


DT15 - Relevé des températures extrêmes mesurées dans la zone du refuge

Mois	T° mini (°C)	T° maxi (°C)
Janvier	-26	0
Février	-32,5	-1,4
Mars	-24,7	-2,8
Avril	-31,2	-2,1
Mai	-18,2	1,4
Juin	-13	5,6
Juillet	-10,4	2,1
Août	-10,4	5,6
Septembre	-18,2	3,5
Octobre	-19,5	1,4
Novembre	-31,2	-1,4
Décembre	-27,3	-4,2

DT16 - Coefficients de dilatation des matériaux

Matériau	Coefficient de dilatation α
Bois lamellé-collé	$4 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$
Acier	$11 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$
Béton armé	$10 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

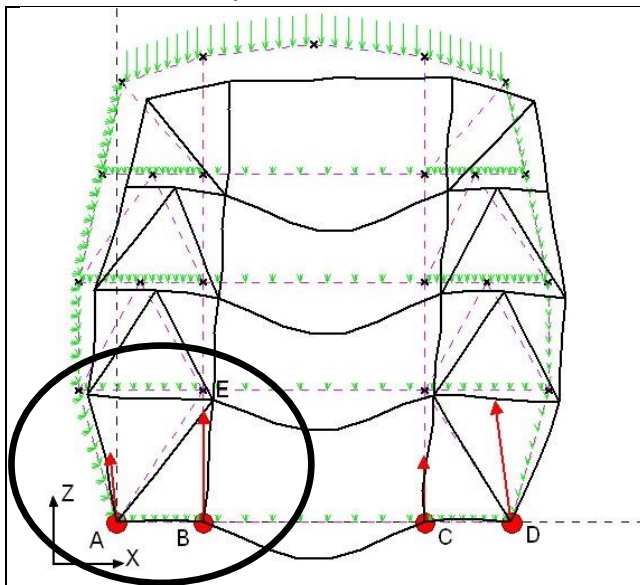
DT17 - Évolution de la capacité portante des matériaux en fonction de la durée d'exposition au feu

DT18 - Étude statique du refuge

L'étude statique du refuge se fait dans deux cas :

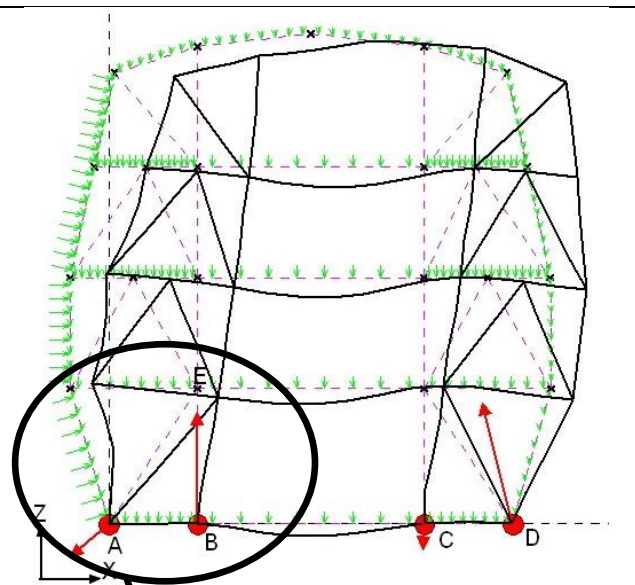
CAS N°1

Bâtiment occupé soumis à un vent latéral

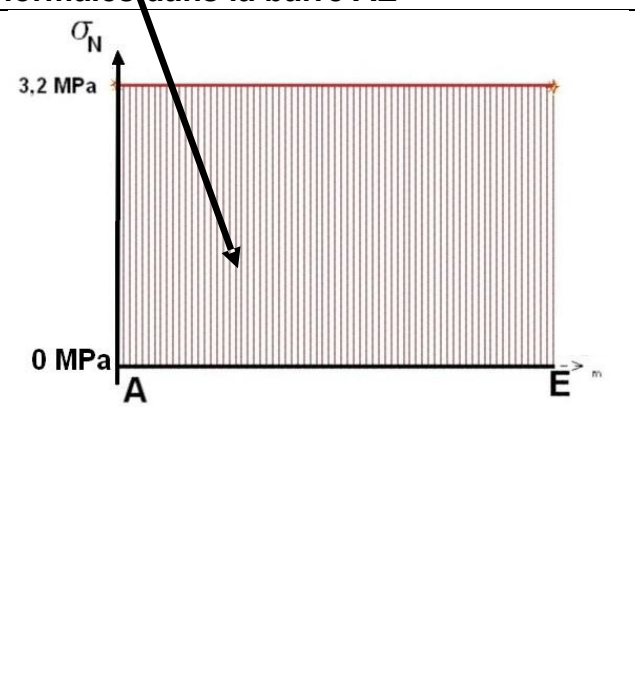
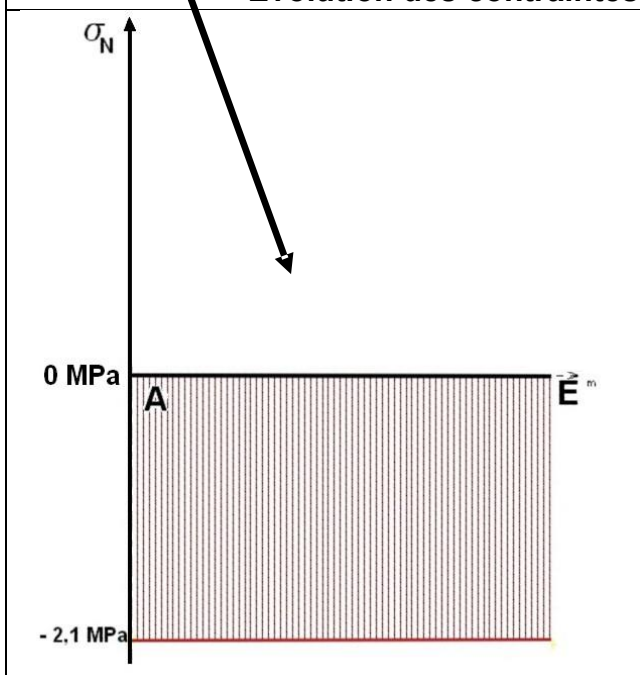


CAS N°2

Bâtiment vide soumis à un vent latéral



Évolution des contraintes normales dans la barre AE



Caractéristiques de la barre AE pour la vérification en résistance

Propriétés de la barre AE

Actions de liaison aux extrémités de la barre AE (cas N°2)

Matériau : Bois Lamellé collé GL 28h

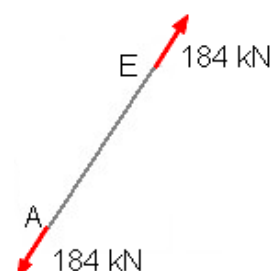
Section : 240 mm x 240 mm

Propriétés de résistance :

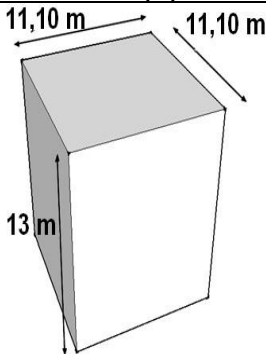
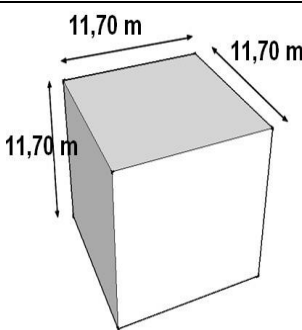

Contrainte limite de flexion = 28 MPa

Contrainte limite de traction = 19,5 MPa

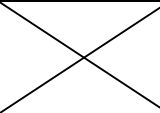
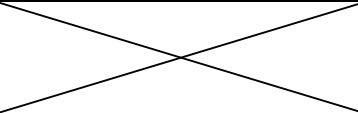
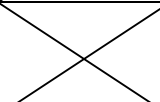
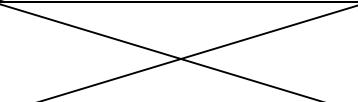
Coefficient de sécurité minimal : 3



DR1 - Comparaison de la compacité selon la forme du bâtiment (Q 1.1.1)

Parallélépipède	Cube	Ovoïde
		
Volume (V) : 1600 m ³	Volume (V) : 1600 m ³	Volume (V) : 1600 m ³
Calcul de la surface S des parois extérieures dont le sol :	Calcul de la surface S des parois extérieures dont le sol :	Surface des parois extérieures (S) : S = 640 m ²
Compacité = V/S C =	Compacité = V/S C =	Compacité = V/S = 2,5 C = 2,5

DR2 - Résistance thermique des parois du refuge (Q 1.1.3)

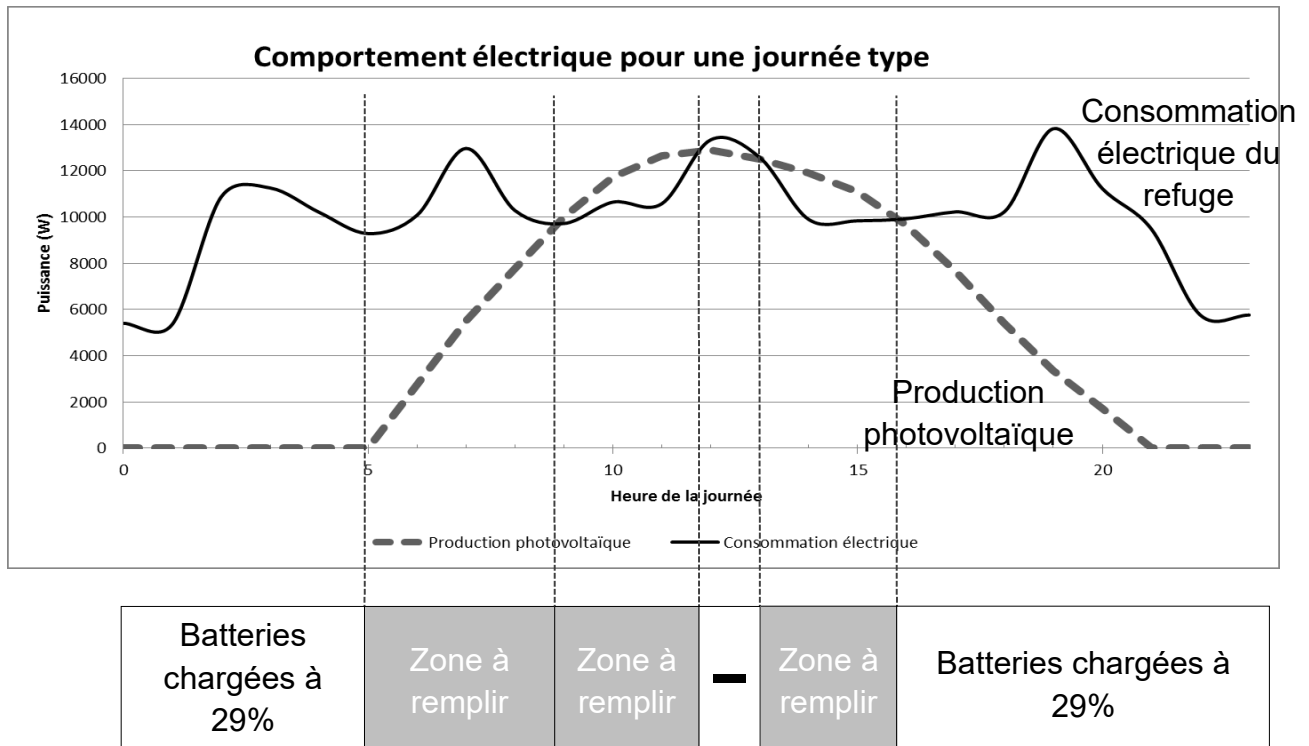
Matériau	Épaisseur « e » en mètres	Conductivité thermique λ en (W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)	Résistance thermique (m ² ·K·W ⁻¹) = e / λ
Panneau isolant fibres de bois	0,08	0,044	1,82
Isolation fibres de bois	0,2	0,038	5,26
Laine de roche
Autres éléments de la paroi			0,1
Résistance thermique globale		

DR3 - Comportement énergétique

Q 1.2.1

Constituants	Convertir l'énergie	Stocker l'énergie	Adapter l'énergie
Onduleur			
Capteur solaire thermique			
Batterie électrique			
Pompes des circuits hydrauliques pour l'alimentation en eau froide			

Q 1.2.3



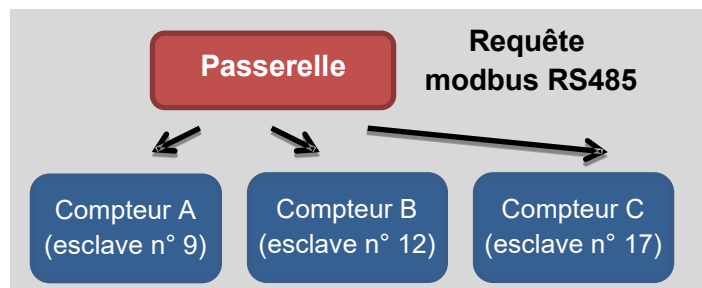
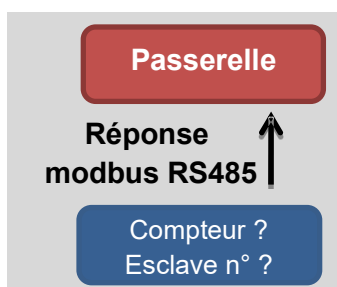
Indiquer le comportement des batteries dans les zones à remplir :

+ (pour charge) ou **-** (pour décharge) ou **=** (ni charge, ni décharge)

DR4 - Communications dans le réseau modbus RS485 (Q 1.3.4)

Trame de requête de la passerelle (notation hexadécimale) :

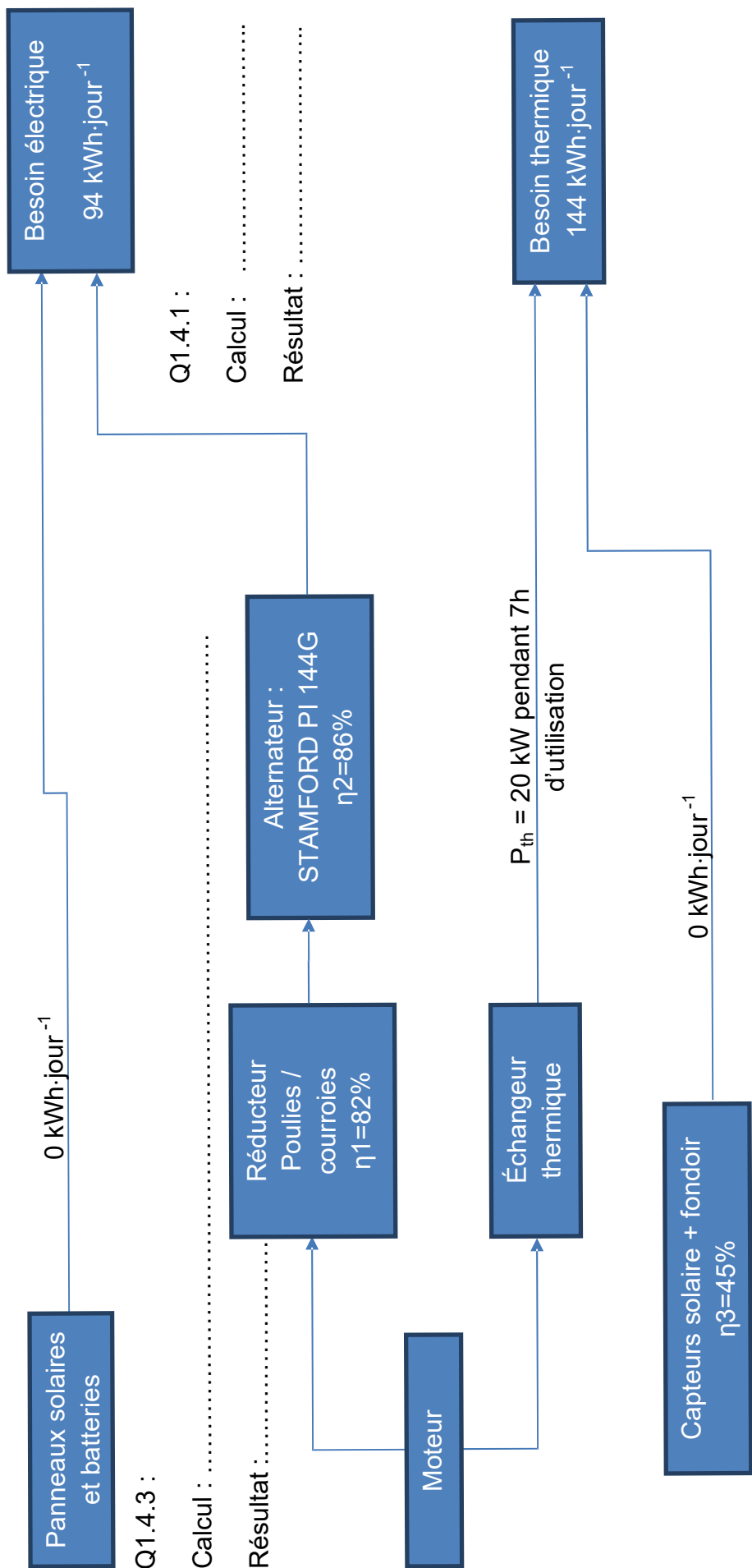
11 03 00 81 00 01 25 3D



Trame de réponse du compteur concerné (notation hexadécimale) :

11 03 02 04 CD 02 8E

DR5 - Sources d'énergie du refuge en cas de mauvais temps



DR6 - Émissions carbone pour le transport et la fabrication de la poutre (Q 2.5)

Longueur de la poutre considérée : 50 m

Masse linéique du bois lamellé-collé : $60 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$

Masse linéique de la poutre IPE 300 : $42,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$

Masse linéique de la poutre en béton armé : $250 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$

Émissions de carbone lors de l'extraction et la fabrication du lamellé-collé : $-917 \text{ kg}_{\text{eqCO}_2}\cdot\text{t}^{-1}$

Émissions de carbone lors de l'extraction et la fabrication de l'acier : $2145 \text{ kg}_{\text{eqCO}_2}\cdot\text{t}^{-1}$

Émissions de carbone lors de l'extraction et la fabrication du béton armé : $862 \text{ kg}_{\text{eqCO}_2}\cdot\text{t}^{-1}$

Émissions de carbone lors d'un trajet aller / retour en hélicoptère: $184 \text{ kg}_{\text{eqCO}_2}$

Masse maximale transportée en hélicoptère : 500 kg

Masse de matériau en kg		
Poutre lamellé-collé 0,2 x 0,5 m	Poutre acier IPE 300	Poutre en béton armé 0,2 x 0,5 m
	2110	12500
Nombre de voyages en hélicoptère pour le transport		
	5	25
Masse d'équivalent CO₂ pour le transport en kg_{eqCO2}		
	920	4600
Masse d'équivalent CO₂ pour l'extraction et la fabrication en kg_{eqCO2}		
-2751	4526	10775
Masse d'équivalent CO₂ totale en kg_{eqCO2}		
	5446	15375