

# BACCALAURÉAT

# SUJET

Bac 2I2D : EE



MAYOTTE, RÉUNION

2026

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

## SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

**Ingénierie, innovation et développement durable**

**ÉNERGIE ET ENVIRONNEMENT**

**MERCREDI 17 JUIN 2026**

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.*

*L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 27 pages numérotées de 1/27 à 27/27.

**Constitution du sujet :**

|                                                |           |
|------------------------------------------------|-----------|
| <b>Partie commune (durée indicative 2h30)</b>  | 14 points |
| <b>Partie spécifique (durée indicative 1h)</b> | 6 points  |

**Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.  
Ces 2 parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre indifférent.**

**Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.**

**Tous les documents réponses, mêmes vierges, sont à numéroté et à rendre  
obligatoirement avec la copie.**

**Extension du centre hospitalier de Sens  
Site Michel RUSSIN**



- Présentation de l'étude et questionnaire ..... pages 3 à 8
- Documents techniques DT1 à DT7 ..... pages 9 à 13
- Documents réponses DR1 à DR5 ..... pages 14 à 16

## **Mise en situation**

Le centre hospitalier de Sens a fait réaliser une extension majeure pour moderniser et centraliser ses services, afin de répondre à l'augmentation de la demande en soins, liée à la croissance démographique de la région. Cette extension de 9 540 m<sup>2</sup> accueille plusieurs services clés, notamment le pôle « femme mère enfant », les urgences (adultes, pédiatriques, gynécologiques), l'hémodialyse, les blocs opératoires, l'hôpital de jour de pneumologie, des secteurs de consultations et une hélistation.

Afin de regrouper l'ensemble des services d'urgences, le centre hospitalier de Sens a centralisé toutes les unités dans un nouveau bâtiment, doté d'une circulation verticale optimisée et d'une hélistation, garantissant une prise en charge plus rapide et sécurisée des patients en situation critique.

Le problème est d'améliorer l'accueil des patients en urgence, en intégrant une hélistation et des systèmes techniques innovants dans un hôpital moderne.

### **Le projet d'hélistation hospitalière**

Les travaux, débutés en 2019, se sont achevés en février 2024, permettant ainsi au centre hospitalier de Sens de mieux répondre aux besoins de la population locale et d'améliorer la qualité des soins prodigués.

Dans le cadre de la modernisation de ses infrastructures de santé, l'extension de l'hôpital a été équipée d'une hélistation implantée sur le toit de ce nouveau bâtiment. Cette installation permet de prendre en charge plus rapidement les patients en situation d'urgence, notamment en cas de transferts inter-hospitaliers ou de secours héliportés.



*Figure 1 : Implantation de l'héliport*

Le chantier de l'hôpital de Sens doit respecter une démarche de développement durable. La charte prévoit le tri des déchets, la prévention des pollutions, la réduction des consommations d'eau et d'énergie. Il est également demandé d'assurer la sécurité des ouvriers, la limitation des nuisances pour les riverains et l'accessibilité pour les usagers. Sur le plan économique, le projet favorise l'optimisation des ressources et le choix de matériaux durables.

## Travail demandé

---

### Partie 1 : quelle trajectoire doit suivre l'hélicoptère pour limiter les nuisances sonores causées aux riverains ?

L'intégration d'une hélistation au sein du centre hospitalier de Sens représente un enjeu majeur pour la réponse médicale d'urgence. Ce projet soulève des problématiques techniques et réglementaires complexes. L'implantation doit s'articuler avec l'organisation interne (circulation des patients, zones de sécurité, accès véhicules) et limiter les nuisances (bruit, vibrations).

Question 1.1 | **Justifier**, en donnant un exemple pour chacun des piliers, que ce projet s'inscrit bien dans une démarche de développement durable.

Question 1.2 | **Énoncer** le besoin fondamental de ce projet, puis **compléter** le diagramme des cas d'utilisation en conséquence.

DR1

Le centre hospitalier de Sens souhaite créer une hélistation sur le toit de son bâtiment principal pour accueillir les hélicoptères du SAMU et permettre l'évacuation rapide des patients en situation d'urgence vitale. Cette infrastructure, essentielle pour sauver des vies, doit cependant s'intégrer harmonieusement dans l'environnement urbain.

L'hôpital est situé en zone péri-urbaine. Il est entouré :

- d'un quartier résidentiel au nord (300 m) ;
- d'une école primaire à l'est (450 m) ;
- d'une maison de retraite au sud (250 m) ;
- d'une zone commerciale à l'ouest (500 m).

Face aux préoccupations légitimes des riverains concernant les nuisances sonores, la direction de l'hôpital a mandaté un bureau d'études pour :

- analyser l'impact acoustique de l'hélistation ;
- proposer des solutions techniques pour minimiser les nuisances ;
- définir des procédures d'approche optimales ;
- mettre en place des dispositifs d'atténuation du bruit.

#### Données opérationnelles :

- fréquence estimée : 3 à 5 rotations par jour ;
- type d'appareil : EC155 (Airbus Helicopters) ;
- niveau sonore en survol : 85-95 dB (A) à 150 m ;
- horaires d'exploitation : 24 heures sur 24 (urgences vitales).

|                     |                                                                                                                                                                                       |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 1.3        | <b>Préciser</b> la nuisance occasionnée par le fonctionnement d'une hélistation.                                                                                                      |
| Question 1.4<br>DT1 | <b>Analyser</b> les trois trajectoires de l'hélicoptère et <b>choisir</b> celle dont l'impact sonore sur l'environnement et les riverains est le plus faible, en justifiant le choix. |
| Question 1.5<br>DT2 | Avec la trajectoire choisie, un niveau sonore de 65 dB pour les riverains a été relevé. <b>Conclure</b> sur les conséquences sur la santé et le bien être des riverains.              |

## Partie 2 : comment la sécurité des usagers de la plateforme de l'héliport est assurée tout en réduisant son impact énergétique ?

Les plateformes hospitalières accueillent les missions du Service Médical d'Urgence par Hélicoptère (SMUH). L'hélistation du centre hospitalier de Sens doit assurer le transfert rapide et sécurisé de patients en situation d'urgence. La norme impose un balisage lumineux de la zone d'hélistation et diverses contraintes en fonction des conditions météorologiques (jour/nuit, brouillard). Cette signalisation lumineuse est pilotable à distance par onde radio et GSM soit par le pilote, soit par le personnel au sol.

- Normes et obligations en matière de signalisation des surfaces d'hélistations

L'étude porte sur les fonctions et le respect des normes et obligations en matière de signalisation des surfaces d'hélistations en terrasse (en sommet de bâtiments) pour un SMUH.

|                     |                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 2.1<br>DT3 | <b>Indiquer</b> les fonctions que doit remplir l'éclairage (les projecteurs et les balises) de la zone d'hélistation de l'hôpital de Sens.                                                                              |
| Question 2.2<br>DT3 | <b>Calculer</b> le périmètre de la zone d'hélistation en prenant pour rayon 9,8 m.<br><br><b>En déduire</b> le nombre minimum de balises qui devraient être installées pour respecter l'intervalle imposé par la norme. |
| Question 2.3<br>DT3 | Il y a 26 balises et 6 projecteurs installés sur la surface de l'hélistation.<br><b>Conclure</b> sur le respect de la norme.                                                                                            |

- Étude de la consommation énergétique annuelle de l'éclairage de l'hélistation

L'étude porte sur l'économie d'énergie annuelle réalisée en comparant 2 modes de fonctionnement pour les 26 balises et les 6 projecteurs :

- grâce au système de pilotage depuis l'hélicoptère, ils sont pilotés à 25 % de leur puissance maximum en moyenne pour 3 heures de fonctionnement par nuit sur un an ;
- en utilisant un système classique non piloté, ils fonctionnent à 100 % de leur puissance sur une moyenne de 8 heures par nuit.

|                     |                                                                                                                                                                                   |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 2.4<br>DT4 | <b>Calculer</b> l'énergie consommée en kWh sur un an par les balises et les projecteurs à 100 % de leur puissance pour 8 heures de fonctionnement par nuit en moyenne.            |
| Question 2.5<br>DT4 | <b>Calculer</b> l'énergie consommée en kWh sur un an par les balises et les projecteurs à 25 % de leur puissance pour 3 heures de fonctionnement en moyenne par nuit.             |
| Question 2.6        | En <b>déduire</b> l'économie annuelle réalisée en contrôlant l'énergie consommée, avec un coût de 20 centimes d'euros par kWh.                                                    |
| Question 2.7        | <b>Conclure</b> en précisant en quoi les projecteurs et les balises jouent un rôle en matière de sécurité des usagers de la plateforme et de réduction de son impact énergétique. |

### Partie 3 : comment identifier l'hélicoptère pour lui permettre d'accéder à l'hélistation en toute sécurité ?

L'hélicoptère est identifié par son immatriculation transmise par un boîtier radio. Cette valeur est codée sur 6 octets et après traduction de ce code binaire en hexadécimal, elle est traduite en ASCII pour obtenir cette immatriculation.

Ce n'est qu'après authentification de cet hélicoptère que le pilotage du balisage lumineux et le guidage automatique sont autorisés. Seuls les aéronefs certifiés et d'état sont autorisés sur cette hélistation.

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 3.1<br>DT6<br>DR2 | En utilisant le codage FSK, <b>décoder</b> la trame en binaire et compléter le DR2.                                                                                                                                                                     |
| Question 3.2<br>DT6<br>DR3 | <b>Compléter</b> le DR3 en plaçant les valeurs binaires des deux octets de cette trame dans le bon ordre.                                                                                                                                               |
| Question 3.3<br>DT7<br>DR4 | <b>Convertir</b> ces deux octets en hexadécimal. En utilisant l'extrait de la table de conversion des caractères ASCII, <b>rechercher</b> les deux lettres manquantes du numéro d'identification de l'hélicoptère en approche. <b>Compléter</b> le DR4. |

Question 3.4 | En **déduire** si cet hélicoptère est bien autorisé à atterrir sur cette  
DT5 | hélisation. **Justifier** votre réponse.

#### Partie 4 : la batterie du système Hénilock est-elle suffisamment dimensionnée ?

Dans un hôpital, la plateforme d'hélisation d'urgence est destinée uniquement aux hélicoptères de secours (SAMU, protection civile, etc ...). Pour garantir la sécurité des patients, du personnel et des pilotes, il est indispensable que l'hélicoptère soit immobilisé rapidement et de façon fiable après son atterrissage.



Figure 2 : Plateforme d'hélisation

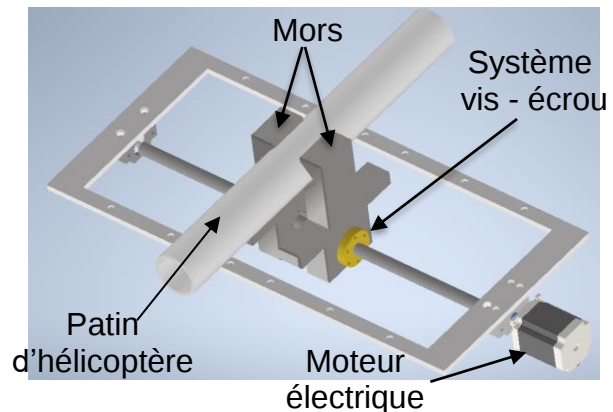


Figure 3 : Système Hénilock

Lorsqu'un hélicoptère atterrit sur la plateforme de l'hôpital, le système Hénilock immobilise automatiquement ses patins pour garantir sa stabilité. Ce système fonctionne grâce à un moteur électrique qui entraîne une vis trapézoïdale permettant le serrage des mors autour des patins. L'ensemble est alimenté par une batterie 24 V. Afin d'assurer le bon fonctionnement et la sécurité du dispositif, il est nécessaire d'étudier la chaîne de puissance, de choisir le moteur adapté et de vérifier que l'alimentation est suffisante pour répondre aux besoins du système.

- Identification de la chaîne de puissance

L'énergie électrique fournie par la batterie est convertie en énergie mécanique permettant le déplacement symétrique des mors. La chaîne de puissance doit être identifiée et justifiée.

Question 4.1 | **Compléter** les blocs du schéma de la chaîne de puissance en indiquant  
DR5 | la fonction correspondante parmi les propositions suivantes : Convertir, Distribuer, Alimenter / Stocker.

Question 4.2 | **Associer** à chaque fonction la solution technique correspondante.  
DR5

Question 4.3 | **Caractériser** la nature des flux d'énergie échangés entre chaque bloc.  
DR5

Le document réponse DR5 montre les différentes nominations utilisées :

- les rendements  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $\eta_3$  et le rendement global  $\eta$  ;
- les puissances  $P_1$ ,  $P_2$  et  $P_3$  ;
- la vitesse angulaire  $\omega_2$  ;
- le couple  $C_2$ .

Dans un système vis – écrou, la vitesse linéaire est définie par la relation suivante :

$$v = \frac{p \cdot \omega}{2\pi}$$

- $v$  : vitesse linéaire en ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )
- $\omega$  : vitesse angulaire en ( $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ )
- $p$  : pas du système vis-écrou en (m)

Dans le cas de cette étude, le pas  $p = 0,004$  m et la vitesse  $v = 0,01$   $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Question 4.4 | **Calculer** la vitesse de rotation  $\omega_2$  en  $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Question 4.5 | **Calculer** la puissance  $P_2$  en W sachant que le couple  $C_2$  est égal à 7,3 N·m.

Question 4.6 | Sachant que la puissance  $P_3 = 40$  W, **montrer** que le rendement  $\eta_3$  est égal à 0,35.

Le rendement  $\eta_2$  est égal à 0,9 et celui de la carte de commande  $\eta_1$  est égal à 0,95.

Question 4.7 | **Calculer** le rendement global  $\eta$ .

- Vérification de l'autonomie du système

Le système est alimenté par 6 batteries de 24 V– 40 Ah (960 Wh) chacune. Chaque cycle complet (serrage + desserrage + escamotage) consomme 60 Wh. Pour la suite de l'étude, le rendement global  $\eta$  est égal à 0,3.

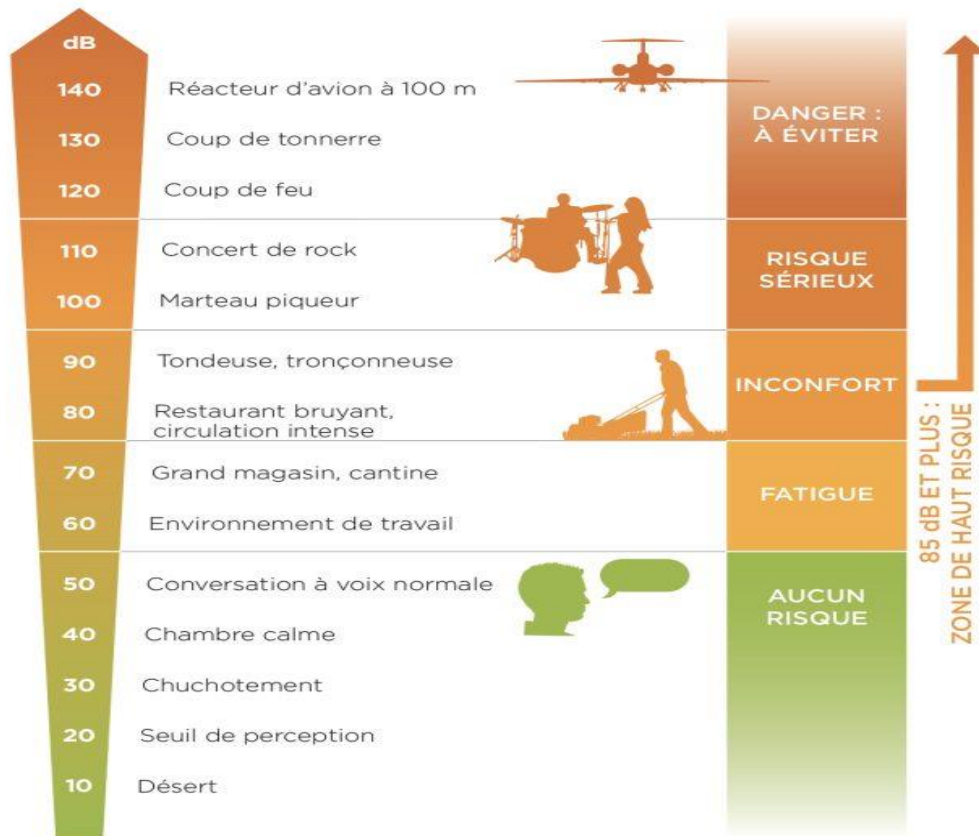
Question 4.8 | **Calculer** l'énergie  $E_{20\text{cycles}}$  en Wh nécessaire au système pour réaliser 20 cycles sans recharge.

Question 4.9 | **Déterminer** le nombre minimal de batteries pour 20 cycles et **conclure** sur le dimensionnement du système.

**DT1 : tableau d'analyse des trajectoires**

| Trajectoire | Zones survolées            | Population impactée      | Niveau Sonore (dB) | Avantages                                                                                                                                | Inconvénients                                                                                                                                                 |
|-------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b>    | Maison de retraite + École | ~330 personnes sensibles | 81dB               | <ul style="list-style-type: none"><li>• Évite zone résidentielle</li><li>• Approche dégagée</li></ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Survol populations sensibles</li><li>• Impact école (heures de cours)</li><li>• Impact maison retraite</li></ul>      |
| <b>B</b>    | Zone résidentielle dense   | ~500 habitations         | 79dB               | <ul style="list-style-type: none"><li>• Trajet direct</li><li>• Temps de vol court</li></ul>                                             | <ul style="list-style-type: none"><li>• Survol direct des habitations</li><li>• Impact maximal sur les résidents</li><li>• Nuisances en soirée/nuit</li></ul> |
| <b>C</b>    | Zone commerciale           | Zone d'activités (jour)  | 75dB               | <ul style="list-style-type: none"><li>• Évite zones sensibles</li><li>• Survol zone commerciale</li><li>• Aligné vent dominant</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Légèrement plus long</li><li>• Proximité relative école</li></ul>                                                     |

## DT2 : échelle des décibels (seuils de tolérance au bruit)



### **DT3 : fonction de l'éclairage de l'hélistation**

---

Les feux d'hélistations sont conçus pour l'éclairage des différentes zones.

Les projecteurs à LED sont des dispositifs lumineux d'aire de prise de contact et d'envol. Ils aident le pilote à obtenir la bonne information sur l'état et la qualité de la surface. Les projecteurs aident à détecter un obstacle présent sur zone, la neige, le sable et autres désagréments pour les pilotes. Ils sont conçus pour la bonne lecture de la qualité du terrain et pour garantir au pilote de ne pas être perturbé par le faisceau lumineux. Les balises périphériques d'aire de prise de contact et d'envol sont des feux fixes omnidirectionnels de couleur verte. Ils indiquent la zone d'atterrissage et de décollage.

La norme impose pour les aires de forme circulaire : 10 balises minimum à 3 mètres d'intervalle et 6 projecteurs minimum.

### **DT4 : balise de l'hélistation et projecteur d'approche**

---

|                        | Balise de l'hélistation | Projecteur |
|------------------------|-------------------------|------------|
| Intensité lumineuse    | 65 cd                   | 20 000 cd  |
| Indice de protection   | IP 67                   | IP 66      |
| Poids                  | 1,4 kg                  | 5,2 kg     |
| Tension d'alimentation | 230 VAC                 | 230 VAC    |
| Puissance absorbée     | 10 W                    | 45 W       |

## DT5 : extrait de la norme internationale des immatriculations des aéronefs

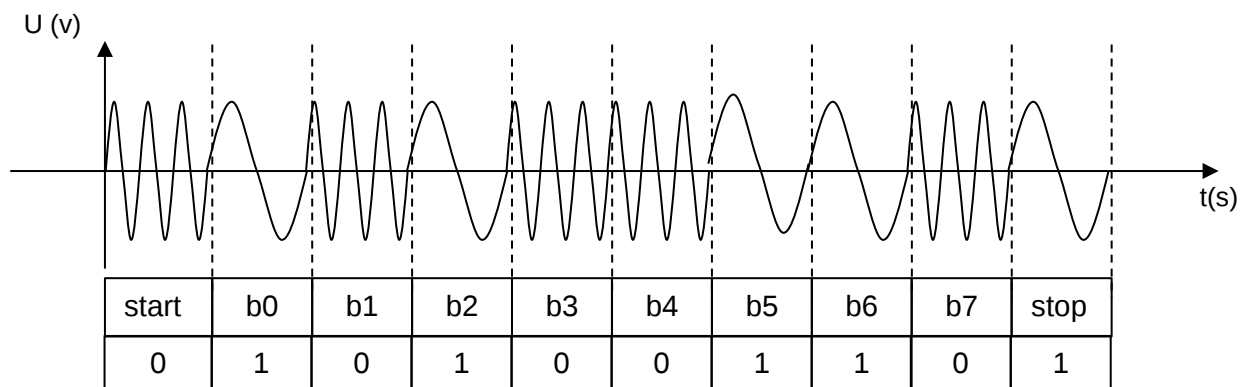
L'article 20 de la Convention de Chicago indique que tout aéronef engagé dans le trafic international doit porter des marques de nationalité et d'immatriculation. L'immatriculation est une suite de caractères dont les premiers sont le code OACI désignant le pays. En France le code pays est "F" et le code d'identification est composé de 4 caractères alphabétiques, l'immatriculation est donc de type F-ABCD avec ajout d'un tiret séparateur.

|                                                                                            |    |                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------|
|  Finlande | OH | OH-AAA à OH-ZZZ                                  |
|  France   | F  | F-AAAA à F-ZZZZ                                  |
|                                                                                            |    | F-Azzz aéronefs de collection                    |
|                                                                                            |    | F-Bzzz, F-Gzzz, F-Hzzz aéronefs civils certifiés |
|                                                                                            |    | F-Czzz planeurs et motoplaneurs                  |
|                                                                                            |    | F-Jzzz ULM                                       |
|                                                                                            |    | F-Pzzz construction amateur                      |
|                                                                                            |    | F-Ozzz Outre-Mer                                 |
|                                                                                            |    | F-Rzzz, F-Zzzz aéronefs d'état                   |
|                                                                                            |    | F-Wzzz prototypes                                |
|  Gabon    | TR | TR-AAA à TR-ZZZ                                  |

Le numéro d'identification est unique et attribué par l'aviation civile aux différents appareils. Seuls les hélicoptères de la sécurité civile et de la gendarmerie sont autorisés à utiliser cet hélicopt (aéronefs civils certifiés).

## DT6 : principe du codage FSK

Le codage FSK (décalage en fréquence) associe à chaque bit un signal sinusoïdal de fréquence déterminée :



### Exemple :

- le bit b1 correspond à un « zéro logique » car sa fréquence est de 29 kHz ;
- le bit b0 correspond à un « un logique » car sa fréquence est de 9 kHz.

**Remarque :** chaque octet est envoyé encadré d'un bit « start » et d'un bit « stop ». Ceci permet l'envoi de plusieurs octets à la suite. Les bits de poids faible sont envoyés avant les bits de poids fort. Dans l'exemple ci-dessus l'octet est donc  $(01100101)_2$

## DT7 : extrait de la table ASCII

---

Extrait de la table de conversion des caractères ASCII

|           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Hex       | 2e | 2f | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 3a | 3b | 3c | 3d |
| Caractère | .  | /  | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | :  | ;  | <  | =  |

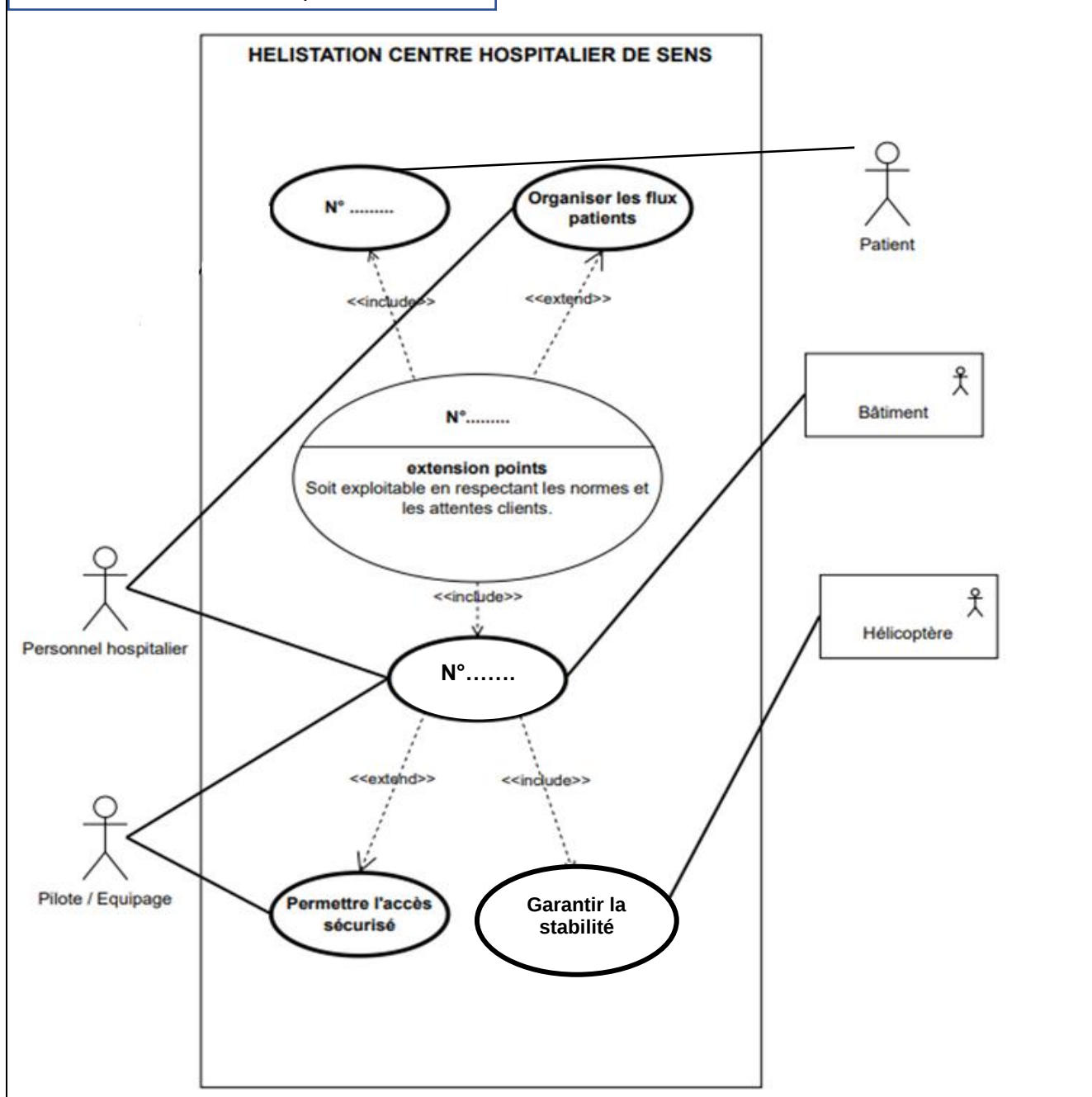
|           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Hex       | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 4A | 4B | 4C | 4D | 4E | 4F |
| Caractère | @  | A  | B  | C  | D  | E  | F  | G  | H  | I  | J  | K  | L  | M  | N  | O  |



## DR1 : diagramme des cas d'utilisation

### Question 1.2

uc : hélisation centre hospitalier de Sens



Numéros des éléments à replacer dans le diagramme :

| N°1                                  | N°2                     | N°3                 |
|--------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Assurer le service médical d'urgence | Accueillir les patients | Assurer la sécurité |

... / ...

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

(en majuscules)

**PRENOM :**

**RENOM :**  
(en majuscules)

**N° candidat :**

**N° d'inscription :**



Liberté • Égalité • Fraternité

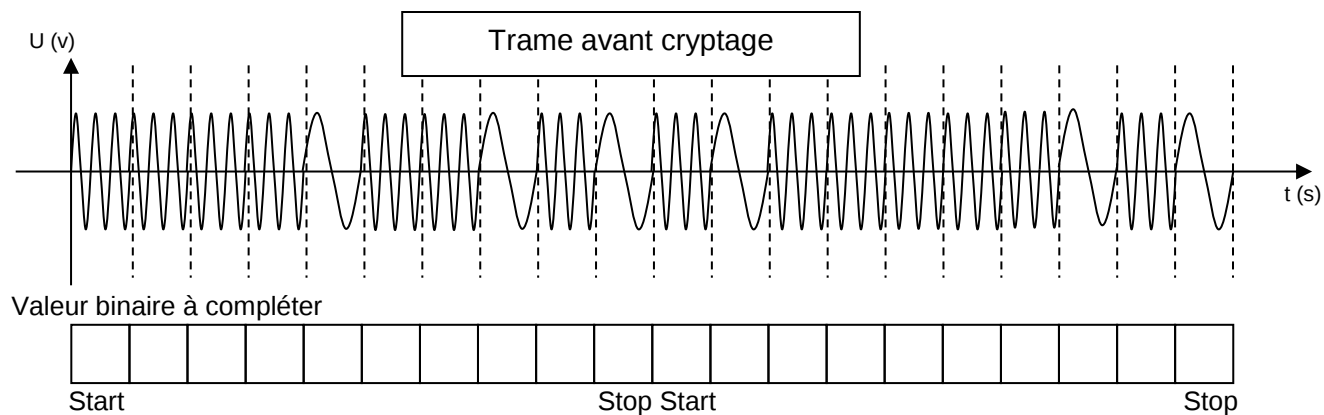
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Né(e) le :**

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

## DR2 : transmission et codage des données de l'hélicoptère

### Question 3.1



## DR3 : valeurs binaires des deux derniers octets

### Question 3.2

Valeur binaire à compléter

| Octet 1 |  |  |  |  |  |  |  | Octet 2 |  |  |  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|
|         |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |

## DR4 : numéro d'identification de l'hélicoptère en approche

### Question 3.3

Valeur hexadécimale à compléter

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|

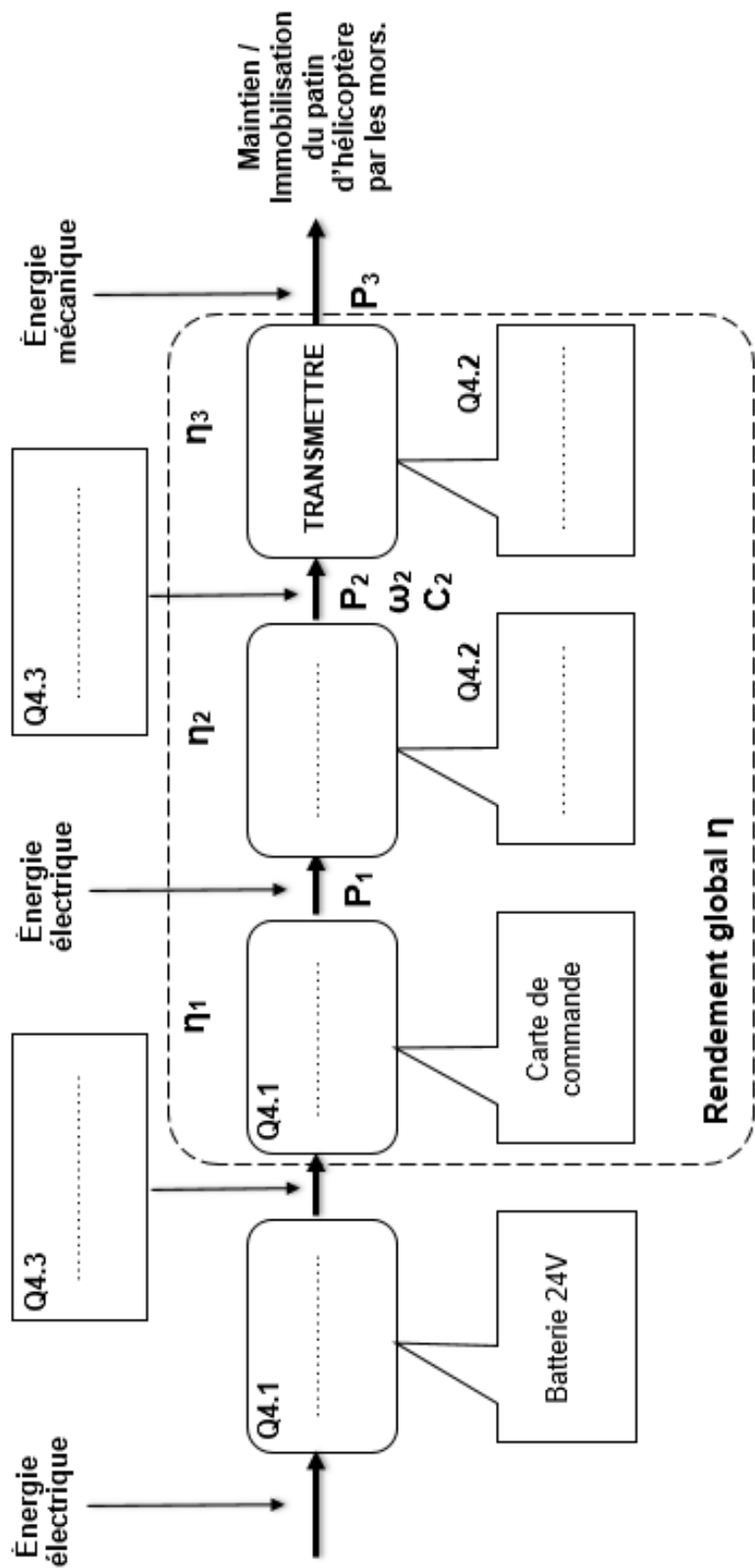
Immatriculation de l'hélicoptère (Valeur ASCII à compléter)

|   |   |  |  |   |   |
|---|---|--|--|---|---|
| F | - |  |  | G | E |
|---|---|--|--|---|---|

... / ...

1.2

Question 4.1, 4.2 et 4.3



1.2

**PARTIE ENSEIGNEMENT SPÉCIFIQUE (1h)..... 6 points**

**Vous prendrez une nouvelle copie pour traiter cette partie.**

**ÉNERGIE ET ENVIRONNEMENT**

**Extension du centre hospitalier de Sens**

**Site Michel RUSSIN**



- Présentation de l'étude et questionnaire ..... pages 18 à 21
- Documents techniques DTS1 à DTS5 ..... pages 22 à 25
- Documents réponses DRS1 à DRS3 ..... pages 26 à 27

## ***Mise en situation***

Dans le cadre de la transition énergétique et du développement durable, les établissements de santé doivent aujourd'hui répondre à des enjeux cruciaux de sécurité tout en intégrant les préoccupations environnementales.

L'objectif de garantir un niveau de sécurité maximal lors de l'arrivée d'un patient par hélicoptère impose d'assurer la visibilité permanente de l'hélistation en toutes circonstances. Par ailleurs, l'acheminement sécurisé du patient, depuis l'hélicoptère jusqu'à sa prise en charge par les services d'urgences, nécessite le fonctionnement d'au moins un ascenseur dédié au transport médical d'urgence.

Cette double exigence, balisage lumineux de l'hélistation et alimentation d'un ascenseur, impose une disponibilité énergétique permanente, fiable et indépendante des défaillances potentielles du réseau électrique principal.

Pour répondre à cette exigence, plusieurs dispositifs d'alimentation électrique sont déployés :

- des groupes électrogènes programmés pour un déclenchement automatique en cas de défaillance du réseau de distribution d'énergie électrique ;
- des circuits d'alimentation de secours raccordés au réseau principal.

## **Problématique générale**

**Comment garantir l'autonomie énergétique de l'hélistation en cas de défaillance simultanée du réseau de distribution d'énergie électrique et des groupes électrogènes de secours ?**

## Partie A : comment choisir la source d'énergie renouvelable la plus adaptée au contexte hospitalier ?

L'hélistation présente des contraintes spécifiques liées à la sécurité des vols et à l'environnement médical. L'étude d'impact doit évaluer la compatibilité de chaque solution avec des exigences particulières.

|                      |                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question A.1<br>DRS1 | À partir du bilan des critères d'impact, <b>compléter</b> les tableaux d'analyse des deux solutions énergétiques en indiquant une pondération de (+1) pour un critère favorable ou de (0) pour un critère défavorable. |
| Question A.2<br>DRS2 | À partir des résultats comparatifs obtenus, <b>compléter</b> le document DRS2 puis <b>calculer</b> les totaux. <b>Indiquer</b> le choix de la solution retenue. <b>Justifier</b> ce choix.                             |

## PARTIE B : quels sont les besoins énergétiques nécessaires au fonctionnement de l'ascenseur et du balisage de l'hélistation ?

Dans cette étude, un scénario d'urgence critique est envisagé, nécessitant 10 cycles complets de montée et descente pour l'ascenseur dédié au transport des patients, depuis l'hélistation (niveau FATO) jusqu'aux services d'urgences.

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question B.1<br>DTS1 | <b>Indiquer</b> quel ascenseur doit être choisi pour assurer la montée et la descente d'un patient entre le niveau FATO et le niveau le plus bas de l'hôpital. <b>En déduire</b> la course maximale $d_{\text{course\_maxi}}$ qui peut être parcourue en montée ou en descente. |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

L'énergie mécanique est définie par la relation suivante :

$$E_{\text{méca\_montée}} = m \cdot g \cdot h$$

$E_{\text{méca\_montée}}$  : énergie mécanique (en J)

$m$  : masse (en kg)

$h$  : hauteur (en m)

$g$  : accélération de la pesanteur ( $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ )

|                      |                                                                                                                                                                              |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question B.2<br>DTS2 | <b>Calculer</b> l'énergie mécanique requise $E_{\text{méca\_montée}}$ pour élever la charge maximale sur la course maximale de l'ascenseur. <b>Donner</b> le résultat en Wh. |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Le rendement énergétique global de l'ascenseur est déterminé par les caractéristiques du groupe : variateur de vitesse + moteur (voir DRS3).

Question B.3 | À partir des documents techniques figure 2 et figure 3, **déterminer**  
DTS2, DRS3 la valeur maximale du rendement  $\eta_G$  du modèle SPNL2000 puis **compléter** le document réponse DRS3.

**Montrer** que l'énergie électrique  $E_{\text{élec\_montée}}$  nécessaire pour assurer l'élévation de la charge maximale sur la course maximale de l'ascenseur, est égale à 110 Wh.

Question B.4 | **Calculer** le rendement  $\eta_{\text{var}}$  du variateur de vitesse puis **donner**  
DRS3 la nature de l'énergie notée  $E_{\text{modulée}}$ . **Compléter** le document réponse DRS3.

Les énergies sont proportionnelles aux courants consommés, leur relation est définie ci-dessous :

$$\frac{I_{\text{descente}}}{I_{\text{montée}}} = \frac{E_{\text{élec\_descente}}}{E_{\text{élec\_montée}}}$$

Question B.5 | À l'aide de la relation présentée ci-dessus et de l'intensité du  
DTS2 courant électrique consommé (voir figure 4), **calculer** en Wh l'énergie électrique  $E_{\text{élec\_descente}}$  consommée par le moteur d'ascenseur lors d'une descente effectuée à 100 % de sa puissance.

Question B.6 | En supposant un scénario d'urgence critique, **calculer** l'énergie  
électrique requise  $E_{\text{élec\_10cycles}}$  pour 10 cycles complets de montée et descente.

### **PARTIE C : comment assurer l'autonomie énergétique de l'ascenseur et du balisage de l'hélistation en cas de défaillance majeure ?**

Pour la suite, le besoin global en énergie électrique  $E_{\text{besoin}}$  permettant d'assurer le fonctionnement de l'ascenseur et du balisage sera pris égal à 3000 Wh par jour.

Une simulation numérique Calsol permet d'évaluer l'irradiation solaire moyenne journalière sur l'année.

|              |                                                                                                                 |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question C.1 | <b>Déterminer</b> la valeur moyenne quotidienne la plus défavorable de l'Irradiation Globale sur le Plan (IGP). |
| DTS3         |                                                                                                                 |

Les panneaux solaires sont connectés à un régulateur Maximum Power Point Tracker (MPPT) et bénéficient d'une bonne ventilation.

|              |                                                           |
|--------------|-----------------------------------------------------------|
| Question C.2 | <b>Calculer</b> la puissance crête à installer ( $P_c$ ). |
| DTS4         |                                                           |

L'autonomie de réserve souhaitée en cas de rupture totale des alimentations de secours est fixée à 2 jours.

L'hôpital est situé dans une zone géographique où les températures peuvent être très basses en hiver.

|              |                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question C.3 | <b>Déterminer</b> dans ces conditions :                                                                                                                                                                                                        |
| DTS5         | <ol style="list-style-type: none"><li>1. la profondeur de décharge requise (<math>P_D</math>) ;</li><li>2. le coefficient de température (<math>K_T</math>) applicable au site en tenant compte du tableau de record de température.</li></ol> |

|              |                                                                                                                                        |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question C.4 | <b>Calculer</b> la capacité $C_{48}$ nécessaire du parc de batteries pour assurer une autonomie de 48 heures ( $T_d = 2 \times 24h$ ). |
| DTS5         |                                                                                                                                        |

|              |                                                                                  |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Question C.5 | <b>Expliquer</b> en quoi la solution retenue répond à la problématique générale. |
|              |                                                                                  |

## DTS1 : définition des ouvrages

**FATO = Final Approach and Take-Off area.**  
Zone d'approche finale et de décollage pour les hélicoptères.

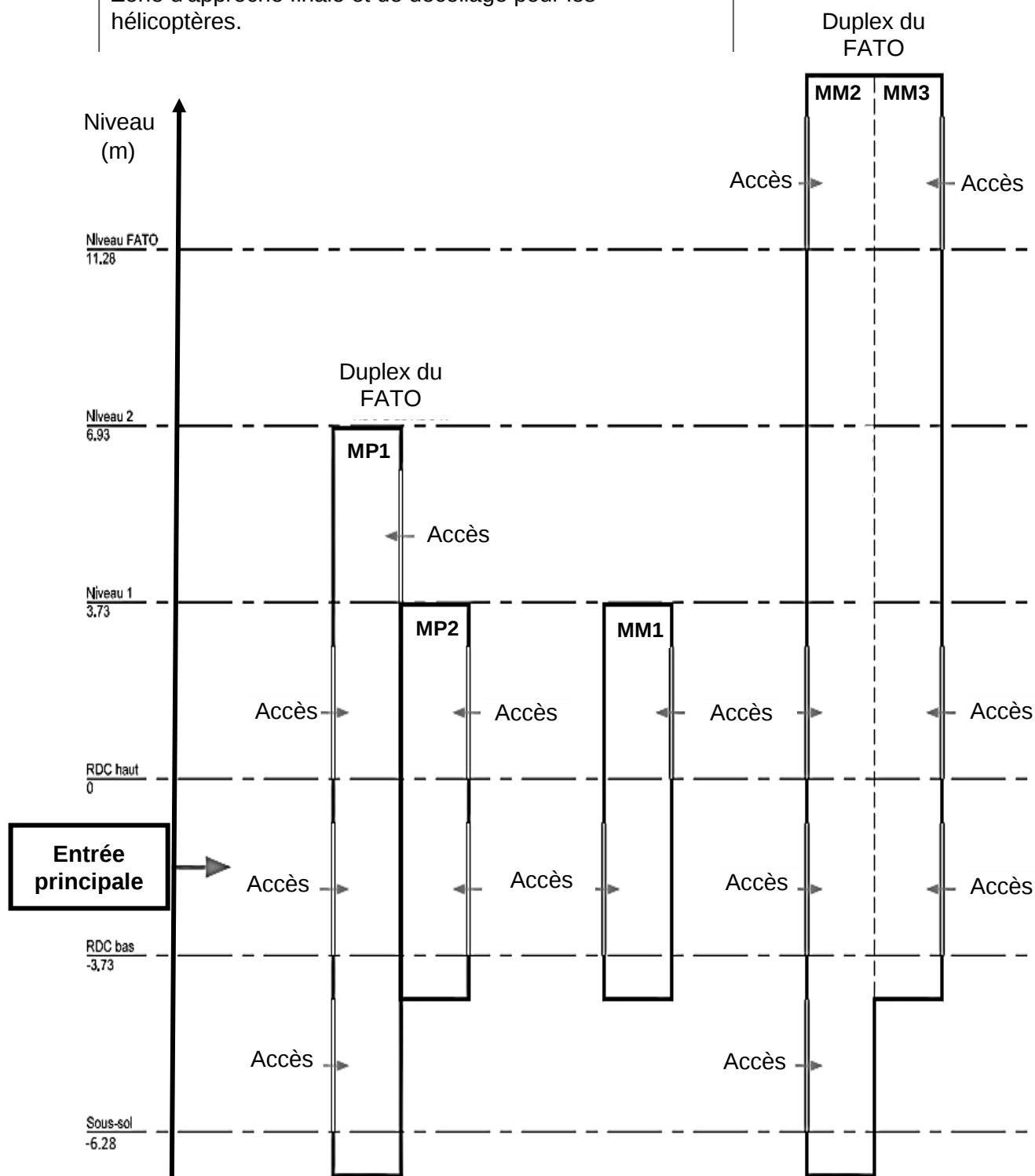


Figure 1 : synoptique des ascenseurs MM1, MM2, MM3, MP1 et MP2

## DTS2 : caractéristiques de l'ascenseur (extraits)

| Caractéristiques techniques (extraits) |                                                                                                 |                         |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Charge maximale                        | 1850 kg                                                                                         | (cabine + 24 personnes) |
| Nombre de personnes                    | 24 maximum                                                                                      | accessible au PMR       |
| Vitesse de montée /descente            | 1,00 m/s                                                                                        |                         |
| Entrainement                           | Par moteur « Gearless ».<br>Ralentissement progressif de la vitesse par variation de fréquence. |                         |

Figure 2 : caractéristiques techniques de l'ascenseur SPNL2000

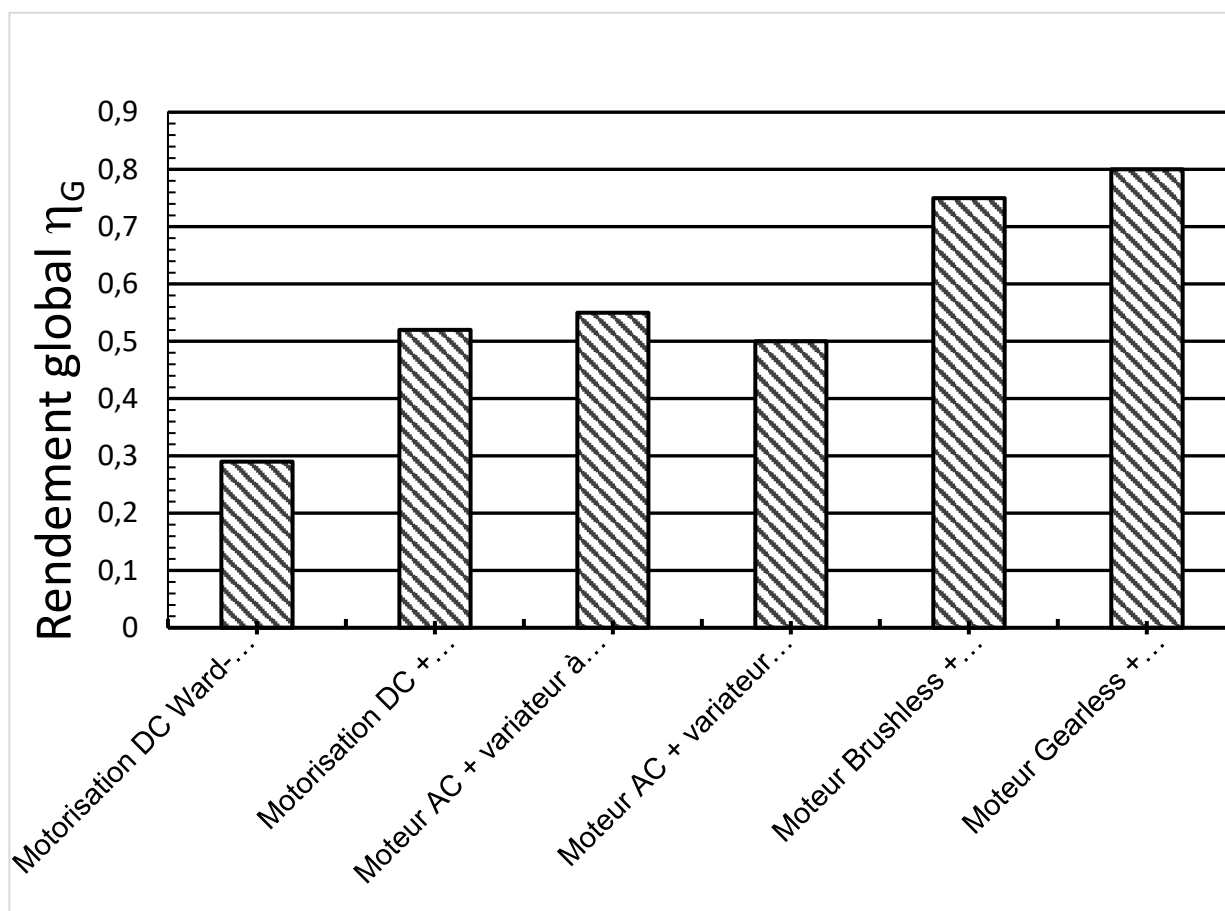


Figure 3 : rendement global  $\eta_G$  des entraînements

| Mesures d'intensités et de vitesses               | 0%      | 50%     | 100%    |
|---------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Relevés en vitesse nominale, sens montée          | 18,8A   | 3,2A    | 26,5A   |
| Relevés en vitesse nominale, sens descente        | 22,6A   | 3,2A    | 17,9A   |
| Maintien de la vitesse de déplacement en descente | 1,0 m/s | 1,0 m/s | 1,0 m/s |
| Maintien de la vitesse de déplacement en montée   | 1,0 m/s | 1,0 m/s | 1,0 m/s |

Figure 4 : intensité du courant électrique consommé

### DTS3 : irradiation solaire à Sens obtenue par simulation Calsol

Tableau des valeurs moyennes de l'irradiation solaires exprimées en kWh·m<sup>-2</sup> par jour, pour une orientation optimale des panneaux solaires.

IGP signifie Irradiation Globale sur le Plan des panneaux solaires.

IGP = IBP+IDP+IRP.

| Irradiation        | Jan  | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Année |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| Directe.<br>(IBP)  | 1,77 | 1,42 | 2,24 | 2,62 | 2,93 | 2,92 | 2,53  | 2,63 | 2,82 | 1,97 | 0,94 | 0,68 | 2,12  |
| Diffuse<br>(IDP)   | 0,65 | 0,99 | 1,48 | 2,04 | 2,44 | 2,62 | 2,57  | 2,22 | 1,67 | 1,14 | 0,71 | 0,52 | 1,59  |
| Réfléchie<br>(IRP) | 0,03 | 0,03 | 0,06 | 0,08 | 0,1  | 0,11 | 0,1   | 0,09 | 0,07 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,06  |
| Globale<br>(IGP)   | 2,44 | 2,44 | 3,77 | 4,74 | 5,46 | 5,65 | 5,19  | 4,93 | 4,56 | 3,15 | 1,67 | 1,21 | 3,78  |

Tableau 1 : Irradiation solaire en kWh/m<sup>2</sup>

### DTS4 : dimensionnement du parc photovoltaïque

Formule de calcul de la puissance crête minimale à installer :

$$P_c \geq \frac{E_{\text{besoin}} \times P_i}{E_i \times PR}$$

- $P_c$  : puissance crête du champ photovoltaïque (kW).
- $E_i$  : irradiation solaire IGP (kWh/m<sup>2</sup> par jour).
- $E_{\text{besoin}}$  : besoin énergétique journalier (kWh par jour).
- $P_i$  : puissance d'éclairement du panneau solaire aux conditions standards ( $P_i = 1\text{kW/m}^2$ ).
- $PR$  : ratio de performance (sans unité).



|                         |                     | Modules<br>très peu<br>ventilés | Modules<br>peu<br>ventilés | Modules<br>ventilés | Modules<br>bien<br>ventilés |
|-------------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Ratio de<br>performance | Absence<br>du MPPT  | 0,55                            | 0,60                       | 0,65                | 0,70                        |
| <b>PR</b>               | Présence<br>du MPPT | 0,60                            | 0,65                       | 0,70                | 0,75                        |

Tableau 2 : ratio de performance des modules photovoltaïques

### DTS5 : calcul de la capacité du parc de batteries

L'autonomie de réserve correspond à la capacité du parc de batteries à alimenter seul les charges électriques pendant un nombre déterminé de jours, sans apport solaire.

| Autonomie de réserve ( $N_j$ )                                                 | Profondeur maximale de décharge ( $P_D$ ) |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Autonomie de réserve ( $N_j$ ) $\geq 8$ jours                                  | $80\% \leq P_D$                           |
| $3 \text{ jours} \leq \text{Autonomie de réserve } (N_j) \leq 7 \text{ jours}$ | $50\% \leq P_D \leq 80\%$                 |
| Autonomie de réserve ( $N_j$ ) $\leq 3$ jours                                  | 50%                                       |

Tableau 3 : choix du taux de décharge des batteries

|                   | Sens    |
|-------------------|---------|
| Record de chaleur | 63,4 °C |
| Record de froid   | - 10 °C |

Tableau 4 : record de température à Sens

| Température de fonctionnement des batteries | -20 °C | -10 °C | 0 °C | 10 °C | 20 °C | 30°C | 40 °C | 50 °C |
|---------------------------------------------|--------|--------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| Coefficient de température ( $K_T$ )        | 0,80   | 0,85   | 0,90 | 0,95  | 1,00  | 1,04 | 1,10  | 1,13  |

Tableau 5 : coefficient de température

**Formule de calcul de la capacité minimale du parc de batteries à installer :**

$$C_{Td} \geq \frac{N_j \times E_{\text{besoin}}}{P_D \times K_T \times U_{\text{bat}}}$$

- $C_{Td}$  : capacité exprimée en (Ah) du parc de batteries pour la durée  $T_d$  (heure).
- $T_d$  :  $T_d = N_j \times 24$  (unité en heure).
- $E_{\text{besoin}}$  : besoin énergétique journalier (Wh/j).
- $P_D$  : profondeur maximale de décharge (sans unité).
- $K_T$  : coefficient correctif de température (sans unité).
- $U_{\text{bat}}$  : tension du parc de batteries fixée à 48 V.
- $N_j$  : nombre de jours d'autonomie.



## DRS1 : bilan des critères d'impacts

### Question A.1

| Projet            | Description de l'installation                                                                                         | Sécurité aérienne                                                                                                                                                               |     | Environnement hospitalier                                                                                                               |     | Maintenance et fiabilité                                                                                                             |     |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Solution éolienne | Installation d'un parc de mini éoliennes verticales du type « tulipe » sur le toit du local technique de l'ascenseur. | C1.1 Nécessite un balisage lumineux rouge permanent.                                                                                                                            | 0   | C1.4 : Émission de bruit mécanique faible peu gênant pour les patients hospitalisés dans les services proches.                          | ... | C1.7 : Maintenance préventive assez complexe nécessitant des interventions spécialisées.                                             | ... |
|                   |                                                                                                                       | C1.2 Génération de turbulences aérodynamiques faible dans un rayon de 30 m sans incidence sur la stabilité des hélicoptères en phase d'approche et d'atterrissage.              | +1  | C1.5 : Très faibles vibrations transmises au sol par les fondations, sans risque d'affecter les équipements électriques de l'ascenseur. | ... | C1.8 : Fonctionne pour une large gamme de vitesses des vents.                                                                        | ... |
|                   |                                                                                                                       | C1.3 Rotation des pales créant un effet stroboscopique pouvant perturber la visibilité des pilotes, particulièrement critique lors des vols de nuit ou par mauvaise visibilité. | 0   | C1.6 : Faible impact visuel de la structure en rotation permanente depuis les chambres d'hospitalisation.                               | ... | C1.9 Durée de vie des composants mécaniques limitée avec risque de panne imprévisible des parties mobiles.                           | ... |
| Solution solaire  | Installation d'un parc photovoltaïque sur le toit du local technique de l'ascenseur.                                  | C2.1 : Installation sans création d'obstacle aérien ni modification des couloirs de vol.                                                                                        | ... | C2.4 : Fonctionnement totalement silencieux préservant la tranquillité des patients et du personnel médical.                            | ... | C2.7 : Maintenance réduite limitée au nettoyage annuel et contrôle visuel, sans intervention technique lourde.                       | ... |
|                   |                                                                                                                       | C2.2 : Absence totale de parties mobiles éliminant tout risque de turbulence ou d'interférence avec la navigation aérienne.                                                     | ... | C2.5 : Absence de vibrations mécaniques garantissant la non-perturbation des équipements électriques de l'ascenseur.                    | ... | C2.8 : Production prévisible selon les données météorologiques permettant une planification assez fiable de l'autonomie énergétique. | ... |
|                   |                                                                                                                       | C2.3 : Surface plane et réfléchissante pouvant affecter la visibilité des pilotes par beau temps.                                                                               | ... | C2.6 : Intégration architecturale discrète sur toiture existante sans impact visuel depuis les espaces de soins.                        | ... | C2.9 : Durée de vie (25-30 ans) avec garantie de performance et dégradation progressive prévisible des rendements.                   | ... |

... / ...

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

(en majuscules)

**PRENOM :**

**RENOM :**  
(en majuscules)

**N° candidat :**

**N° d'inscription :**



Liberté • Égalité • Fraternité

---

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Né(e) le :**

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

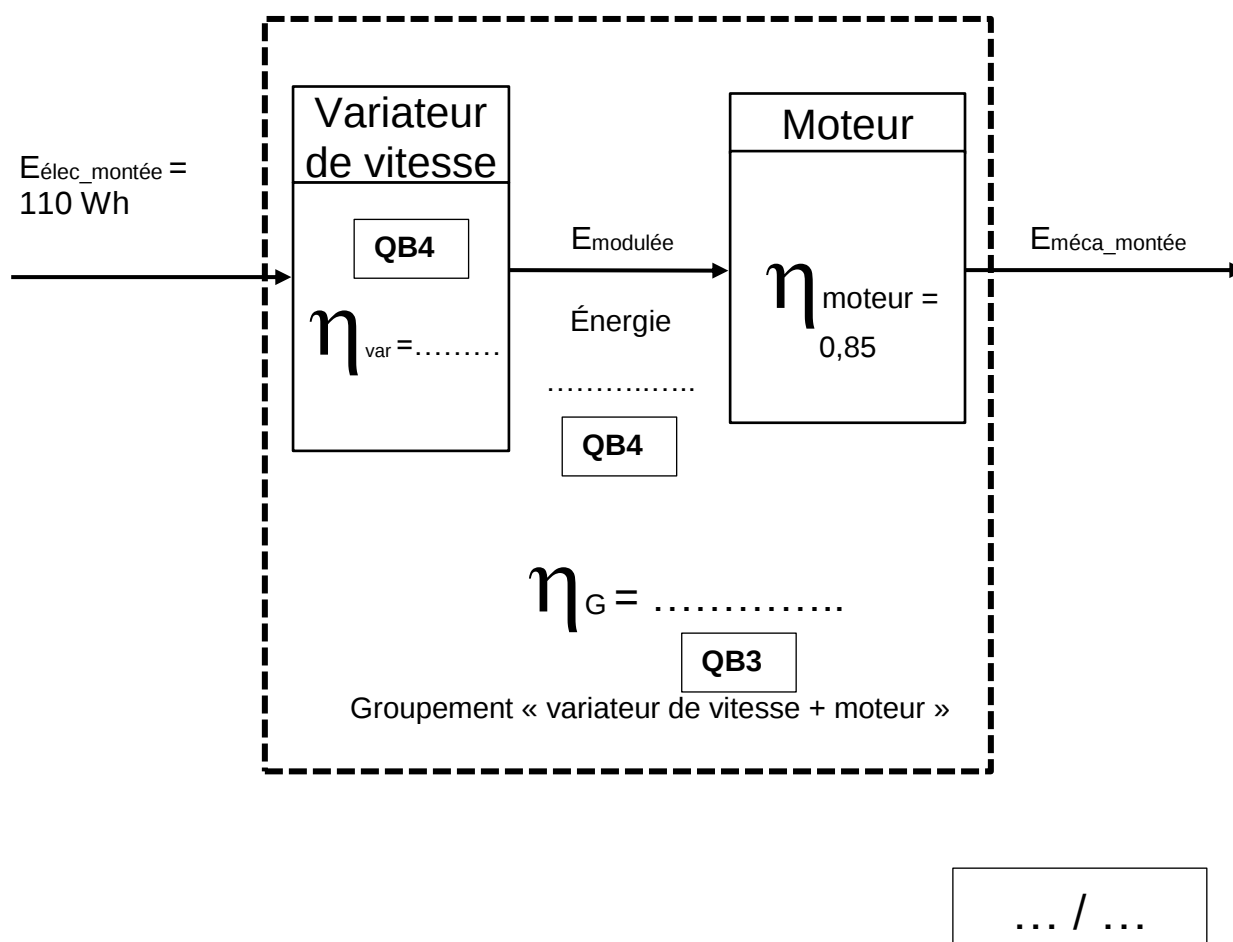
## DRS2 : bilan des pondérations « solution éolienne/solution solaire »

Question A.2

| Critères éolienne | C1.1                                       | C1.2 | C1.3 | C1.4 | C1.5 | C1.6                                      | C1.7 | C1.8 | C1.9 | Total |
|-------------------|--------------------------------------------|------|------|------|------|-------------------------------------------|------|------|------|-------|
| Pondération       | 0                                          | +1   | 0    |      |      |                                           |      |      |      |       |
| Critères solaire  | C2.1                                       | C2.2 | C2.3 | C2.4 | C2.5 | C2.6                                      | C2.7 | C2.8 | C2.9 | Total |
| Pondération       |                                            |      |      |      |      |                                           |      |      |      |       |
| Choix retenu      | <input type="checkbox"/> Solution éolienne |      |      |      |      | <input type="checkbox"/> Solution solaire |      |      |      |       |

## DRS3 : synoptique du groupement « variateur de vitesse + moteur » dans le cas de la montée de l'ascenseur

Questions B.3 et B.4



**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

(en majuscules)

**PRENOM :**

**RENOM :**  
(en majuscules)

**N° candidat :**

**N° d'inscription :**



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Né(e) le :**

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)