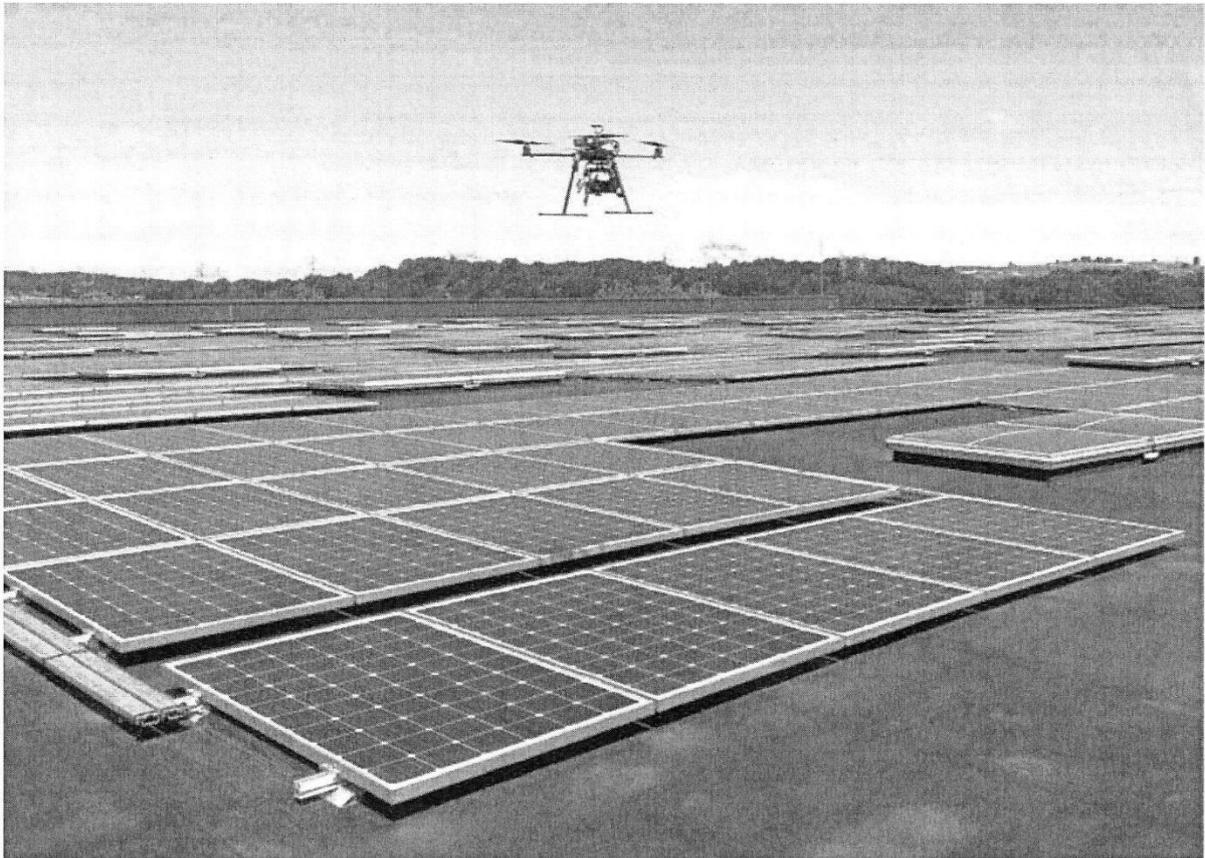


## UN DRONE POUR LA MAINTENANCE D'UNE CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE

Certaines centrales solaires photovoltaïques couvrent une surface au sol de plusieurs dizaines d'hectares, soit une surface équivalente à plusieurs dizaines de terrain de football. Au fil du temps, des défauts dans le fonctionnement des panneaux solaires apparaissent et l'énergie électrique produite diminue pour un même ensoleillement. C'est pourquoi des techniciens inspectent régulièrement les panneaux solaires pour y repérer ces défauts. Des drones équipés d'une caméra thermique sont utilisés pour assurer la surveillance des panneaux solaires et réaliser la maintenance nécessaire.



<https://www.studioflytechnologie.fr/inspection-panneaux-solaires-drone-centrale-photovoltaïque/>

## **PARTIE A : Implantation d'une centrale photovoltaïque**

La centrale photovoltaïque peut être une solution pour produire l'énergie électrique nécessaire aux agglomérations. L'objectif est d'estimer l'ordre de grandeur de la superficie d'une centrale photovoltaïque capable d'alimenter une ville de 250 000 foyers.

### **A.1. Exemple de la centrale photovoltaïque « La Menudelle »**

Une centrale photovoltaïque permet de transformer l'énergie solaire reçue par les panneaux en énergie électrique avec un certain rendement. L'ordre de grandeur du rendement de la centrale « La Menudelle » va être estimé à partir de l'exploitation des **documents A1 et A2** ci-après.

**A.1.1.** Calculer la surface de l'ensemble des panneaux solaires installés dans cette centrale photovoltaïque.

Les panneaux de cette centrale sont fixes. Ils absorbent une énergie solaire qui dépend de leur orientation géographique (Nord, Sud, Est ou Ouest) et de leur inclinaison par rapport à l'horizontale.

**A.1.2.** Justifier l'orientation et l'inclinaison choisies pour installer les panneaux solaires de la centrale étudiée.

La région Provence-Alpes-Côte-d'Azur bénéficie d'un ensoleillement intéressant en termes de production d'énergie solaire. Les panneaux photovoltaïques du site « La Menudelle » reçoivent par mètre-carré, une énergie solaire de  $1100 \text{ kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}$  par an.

**A.1.3.** Vérifier que l'énergie solaire annuelle reçue par ces panneaux est de  $120 \text{ GW}\cdot\text{h}$ .

**A.1.4.** Compléter la chaîne énergétique du **document réponse 1** des panneaux photovoltaïques en indiquant le nom des différentes formes d'énergies.

**A.1.5.** Montrer que le rendement de ces panneaux solaires est de l'ordre de grandeur de 14 %.

### **A.2. Alimentation d'une ville par l'énergie solaire**

En France, en 2012, le secteur résidentiel représentait approximativement 32 millions de foyers. L'exploitation des **documents A1 et A3** va permettre d'estimer la consommation d'une ville de 250 000 foyers et de connaître la surface de la centrale photovoltaïque nécessaire pour son alimentation électrique.

**A.2.1.** Déterminer la consommation d'énergie électrique annuelle en France en 2012.

**A.2.2.** Calculer la consommation d'énergie électrique dédiée au secteur résidentiel en France durant l'année 2012.

**A.2.3.** Vérifier que l'énergie électrique consommée en moyenne chaque année par un foyer est de l'ordre de  $5,5 \text{ MW}\cdot\text{h}$ .

**A.2.4.** Déterminer le nombre de centrales photovoltaïques identiques à celle de « La Menudelle » nécessaire à l'alimentation en énergie électrique d'une ville de 250 000 foyers.

- A.2.5.** Montrer que la surface totale correspondant à cet ensemble de centrales photovoltaïques est de l'ordre de 2400 hectares.
- A.2.6.** Exprimer en pourcentage, le rapport entre la surface au sol occupée par ces centrales photovoltaïques et la surface de cette ville estimée à 5 000 hectares. Conclure.

## DOCUMENTS DE LA PARTIE A

### Document A1

Une centrale photovoltaïque d'une puissance de 12 MW et de 29 hectares a été inaugurée ce 14 septembre 2012 près de l'ancienne décharge d'Entressen sur un site appelé « La Ménudelle ». Le site se positionne sur le territoire de la commune de Saint-Martin-de-Crau, près d'Arles. Trente millions d'euros ont été investis dans la réalisation de cette centrale photovoltaïque d'une puissance installée de 12 MW, capable de produire  $16,8 \times 10^3$  MW·h par an, soit l'équivalent de la consommation électrique annuelle d'une petite ville. Elle comprend 150 000 panneaux orientés vers le sud et inclinés de  $25^\circ$  par rapport à l'horizontale. Chaque panneau a une longueur  $L = 1,00$  m et une largeur  $l = 0,70$  m.

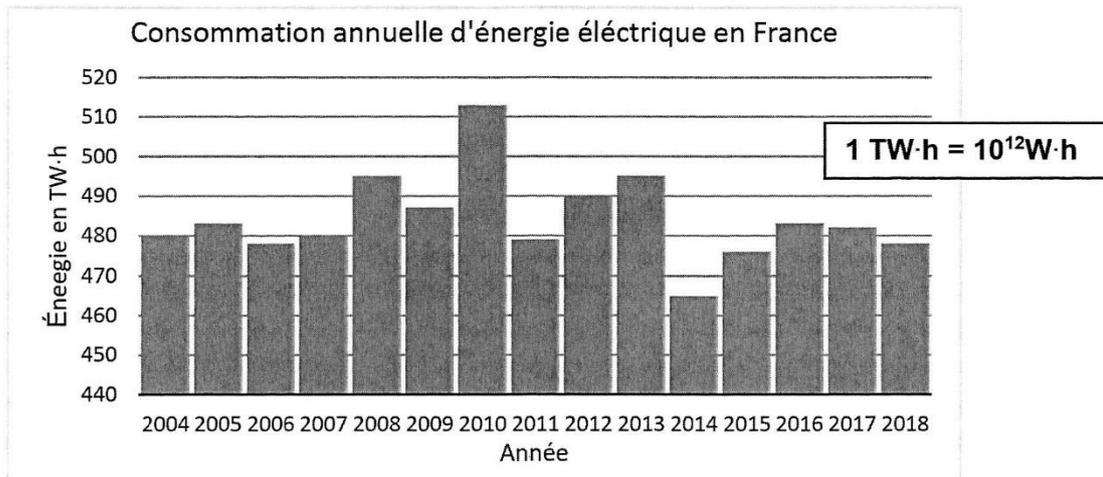
D'après : <https://www.usinenouvelle.com/article/edf-en-et-la-ville-de-marseille-inaugurent-une-centrale-solaire-a-saint-martin-de-crau.N182037>  
et de google earth (nombre de panneaux et surface utile)

### Document A2 : Facteur de correction de l'énergie solaire reçue par un panneau photovoltaïque en fonction de l'orientation et de l'inclinaison choisies

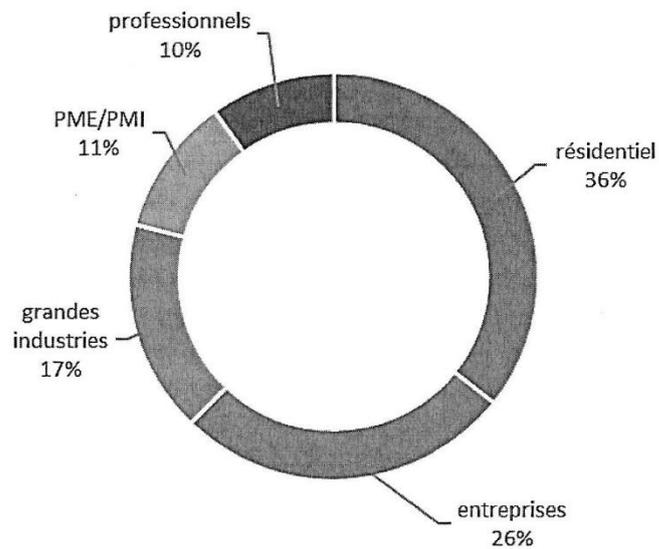
FACTEURS DE CORRECTION POUR UNE INCLINAISON ET UNE ORIENTATION DONNEES					
INCLINAISON \ ORIENTATION		 0° 	 30° 	 60° 	 90° 
		Est 		0,93	0,90
Sud-Est 		0,93	0,96	0,88	0,66
Sud 		0,93	1,00	0,91	0,68
Sud-Ouest 		0,93	0,96	0,88	0,66
Ouest 		0,93	0,90	0,78	0,55

D'après <https://www.energies-nouvelles.net/>

**Document A3 : Évolution de la consommation d'énergie électrique en France  
(source RTE-France)**



**Répartition moyenne de la consommation d'énergie électrique par secteur d'activité  
en France  
(Source RTE-France)**



## PARTIE B : ÉTUDE DU DRONE

Afin de réaliser la maintenance nécessaire, une surveillance de la centrale photovoltaïque est réalisée à partir d'un drone équipé d'une caméra thermique.

Le drone utilisé est équipé de 4 moteurs et présente une masse totale de 1,38 kg (hélices et batteries incluses). L'étude porte sur la batterie qui doit permettre une autonomie de 20 à 30 minutes du drone pour survoler l'ensemble de l'installation.

### B.1 Caractéristiques de la batterie alimentant le drone

Le drone est alimenté par l'intermédiaire d'une batterie d'accumulateurs de type « PHANTOM 4 » dont les caractéristiques principales sont présentées dans les **documents B1 et B2**.

- B.1.1.** Montrer que l'énergie stockée dans une batterie « PHANTOM 4 » est de l'ordre de 89 W·h.
- B.1.2.** Calculer l'énergie massique de cette batterie sachant que l'unité de l'énergie massique est le  $W \cdot h \cdot kg^{-1}$ .
- B.1.3.** Montrer que le résultat précédent est en accord avec les caractéristiques de la batterie « PHANTOM 4 ».
- B.1.4.** Cette technologie est la plus couteuse de celles présentées dans le **document B2**. Justifier ce choix de type de batteries pour alimenter un drone.

### B.2 Autonomie de la batterie du drone

On donne dans le **document réponse 2** la schématisation simplifiée de la batterie utilisée pour alimenter le drone.

- B.2.1.** Compléter ce schéma en indiquant :
  - le sens de circulation du courant électrique.
  - le sens de circulation des électrons.

La masse de lithium présente dans cette batterie est estimée à 1,6 g.  
Le lithium a une masse molaire  $M_{Li} = 7,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

- B.2.2.** Montrer que la quantité de matière de lithium contenue dans cette batterie est  $n_{Li} = 0,23 \text{ mol}$ .
- B.2.3.** Sur une des électrodes de la batterie, la réaction chimique qui se produit est représentée par l'équation chimique :



Indiquer si l'atome de lithium est oxydé ou réduit en justifiant votre réponse.  
Indiquer à quelle électrode (positive ou négative) se déroule cette réaction chimique.

- B.2.4.** Justifier qu'à chaque mole de Lithium réagissant dans la batterie, une mole d'électrons est libérée à l'électrode considérée.

- B.2.5.** À partir du raisonnement précédent, calculer la quantité d'électricité  $Q$ , exprimée en coulomb, que peut libérer 1,6 g de lithium.  
Vérifier que l'ordre de grandeur de la quantité d'électricité stockée par la batterie est cohérent avec celui de la capacité de la batterie indiquée par le constructeur.
- B.2.6.** Sachant que l'intensité moyenne du courant électrique débité par la batterie en fonctionnement permanent est  $I = 12$  A. Retrouver par calcul la durée d'utilisation possible du drone avec cette batterie.

### B.3. Décollage du drone

L'étude porte sur les forces qui s'exercent sur le drone au moment du décollage.  
L'accélération de pesanteur a une valeur  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

Au décollage, chaque moteur fournit une force ascensionnelle verticale de valeur  $F = 4,1$  N.

La schématisation du drone avec ses quatre moteurs M1, M2, M3 et M4 et son centre de gravité G est représentée sur le **document réponse 3**.

- B.3.1.** Sur le **document réponse 3**, représenter en respectant l'échelle, le vecteur  $\vec{P}$  associé au poids s'exerçant sur le drone.
- B.3.2.** Sur le **document réponse 3**, représenter en respectant l'échelle, les 4 vecteurs  $\vec{F}$  associés respectivement à la force générée par chacun des quatre moteurs.
- B.3.3.** Les quatre moteurs permettent-ils au drone de décoller ?  
Justifier votre réponse.

## DOCUMENTS DE LA PARTIE B

### Document B1 : BATTERIES « PHANTOM 4 »

Type : Lithium-ion-polymère    Capacité : 5,87 A·h    Tension : 15,2 V    Masse : 439 g

Cette batterie permet au drone de voler pendant une durée de 30 minutes, mais il est ensuite nécessaire de laisser le drone au sol entre 20 et 24 minutes pour recharger la batterie.

Extrait de « Phantom 4 user's manuel »

Rappels d'électricité :

$$Q = I \times \Delta t = n_e \times F$$

$$1\text{A}\cdot\text{h} = 3600 \text{ C}$$

$Q$  : quantité d'électricité en coulomb (C).

$n_e$  : quantité de matière d'électrons en mole (mol).

$F$  : constante de Faraday :  $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

$\Delta t$  : durée en seconde (s).

$I$  : intensité en ampère (A).

### Document B2 : Caractéristiques de quelques batteries

Type	W·h/kg	W·h/dm <sup>3</sup>
Pb/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /PbO <sub>2</sub> Tubulaire	30-40	70-100
Cd/KOH/NiOOH	40-60	120-160
MH/NiOOH	50-80	150-200
H <sub>2</sub> /NiOOH	60-70	60-90
Zn/AgO	80-120	200-300
Na/NiCl <sub>2</sub> zébra	80-120	140-150
Li-ion-Polymère	100-210	200-400

Extrait de [https://www.gfp.asso.fr/wp-content/uploads/Fauvarque\\_JFF.pdf](https://www.gfp.asso.fr/wp-content/uploads/Fauvarque_JFF.pdf)

# DOCUMENT RÉPONSE

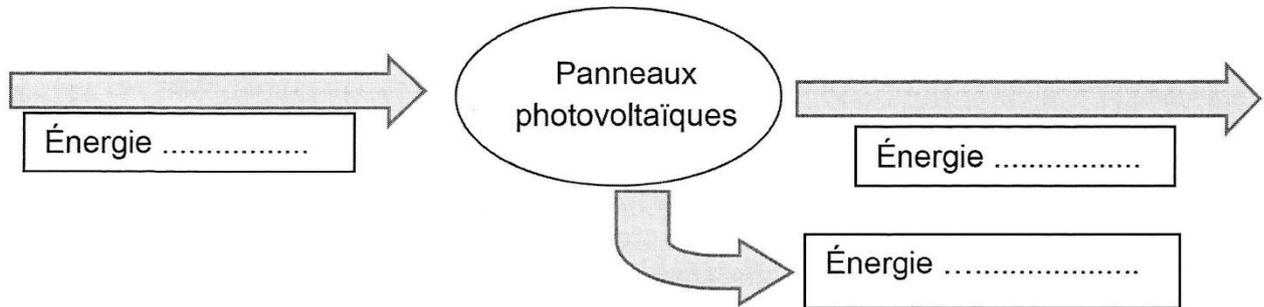
NOM : .....

Prénom : .....

Classe : .....

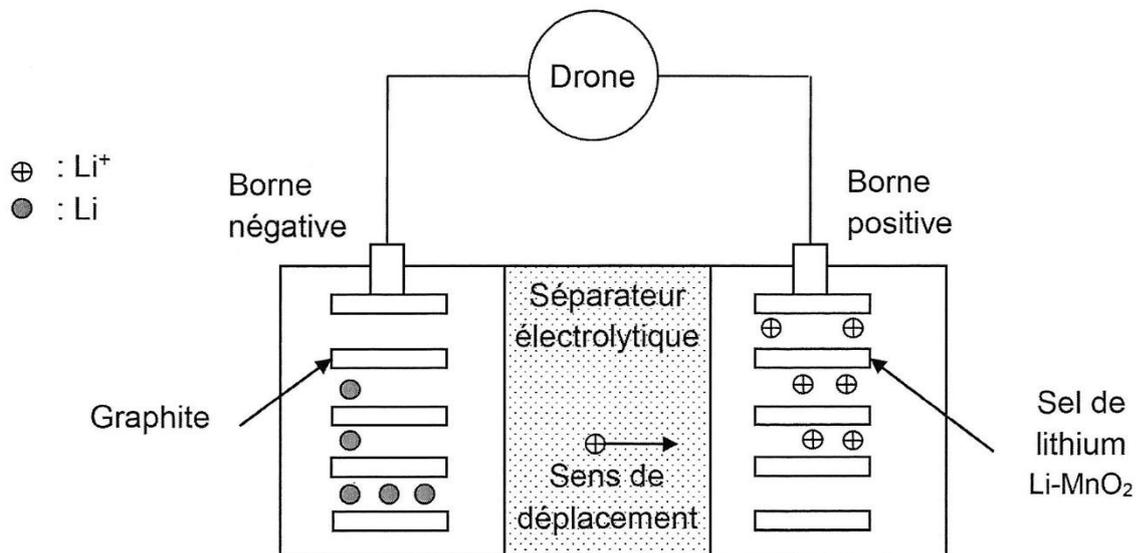
## Document réponse 1

Chaîne énergétique des panneaux de la centrale photovoltaïque



## Document réponse 2

Schématisme simplifiée de la batterie alimentant le drone



## Document réponse 3

Schéma du drone

Échelle pour la représentation des forces : 1cm ⇔ 4 N

