

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

## SESSION 2015

Série STI2D – Toutes spécialités

Série STL – Spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

<b>PHYSIQUE-CHIMIE</b>
------------------------

**Durée : 3 heures**

**Coefficient : 4**

### ***CALCULATRICE AUTORISÉE***

*L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'elles ne soient pas connectables à un réseau.*

**Ce sujet comporte 15 pages numérotées de 1/15 à 15/15.**

Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet.

**La page 15/15 où figurent les documents réponses est à rendre avec la copie.**

Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par le candidat.

## PARTIE A : le projet Stratobus

### Texte de présentation 1:

Stratobus, étonnant engin à mi-chemin entre le drone et le satellite, permettra de remplir de nombreuses missions: observation, sécurité, télécommunication, navigation... avec une durée de vie de 5 ans.

« Thales Alenia Space le décrit comme "un nouveau concept de plateforme stratosphérique autonome". Ce projet futuriste qui répond au nom de Stratobus consiste en un imposant ballon oblong.

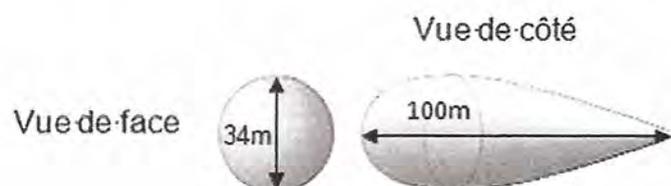


Mais l'objet n'est ni un dirigeable destiné à arpenter doucement les cieux, ni une montgolfière dérivant au gré du vent, et encore moins un ballon captif relié au sol par un câble. Une fois déployé sur le terrain et après que son enveloppe a été remplie à l'aide d'un gaz plus léger que l'air, le Stratobus larguera les amarres et grimpera en une dizaine d'heures jusqu'à la limite de la stratosphère, à 20 km de hauteur. »

<http://www.sciencesetavenir.fr/>

Stratobus mesurera 100 mètres de long pour 34 mètres de diamètre. Avec une capacité de 50 000 mètres cubes, il pourra emporter une charge utile de 300 kilogrammes.

Pour simplifier l'étude du Stratobus, nous supposerons qu'il a une forme en « goutte d'eau ».



**A.1.** « ...77 ans après la catastrophe du Hindenburg, le dirigeable, abandonné à l'époque car trop dangereux, pourrait bien faire son grand retour dans le transport d'hommes et de fret. ».

<http://www.mobilite-durable.org/>

La tragédie du  
Hindenburg le 6 mai  
1937.



Le zeppelin Hindenburg était-il gonflé à l'hélium ou au dihydrogène ? Justifier votre réponse à l'aide du **document 1 page 11**.

**A.2.** Comme il est prévu que le Stratobus soit en vol stationnaire à **20 km** d'altitude et à une température stable, il pourra être gonflé avec du dihydrogène en toute sécurité.

**A.2.1.** À l'aide du **document 2 page 11**, déterminer graphiquement la pression atmosphérique  $P$ , la température  $T$  ainsi que la masse volumique de l'air  $\rho_{\text{air}}$  à l'altitude prévue pour le Stratobus.

**A.2.2.** Convertir la température  $T$  obtenue en **A.2.1.** en degrés Celsius.

**A.2.3.** En vous aidant du **texte de présentation 1** et de la **question A.2.1**, montrer que la masse d'air  $m_{\text{air}}$  déplacée par le Stratobus vaut  $m_{\text{air}} = 4,5 \text{ t}$  à une altitude de 20 km.

**A.2.4.** Calculer alors l'intensité de la poussée d'Archimède  $F_A$  (**documents 3 et 4 page 12**). Vous donnerez votre résultat en kilonewton (kN).

**A.2.5.** Tracer sur le **document réponse DR1 page 15** les vecteurs  $\vec{F}_A$  et  $\vec{P}$  correspondant à la poussée d'Archimède et au poids du Stratobus lorsqu'il est en position stationnaire. Vous préciserez l'échelle utilisée.

**A.2.6.** Le dihydrogène contenu dans le Stratobus aura une masse volumique  $\rho_{\text{H}_2} = 7,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  à cette altitude. Calculer la masse de dihydrogène  $m_{\text{H}_2}$  contenue dans le Stratobus.

**A.2.7.** La masse du Stratobus se répartit entre le dihydrogène ( $m_{\text{H}_2}$ ), l'équipement de fonctionnement ( $m_{\text{fonc}}$ ) et la charge utile ( $m_u$ ). Exprimer le poids  $P$  du Stratobus en fonction des diverses masses et de l'accélération de la pesanteur  $g$ .

**A.2.8.** Le Stratobus devra transporter une masse utile  $m_u = 300 \text{ kg}$ . À l'aide de la question **A.2.7.** et du **document 4 page 12**, déduire la masse de l'équipement de fonctionnement  $m_{\text{fonc}}$  du Stratobus. Vous donnerez votre résultat en tonnes (t).

**A.3.** Le Stratobus devra rester stationnaire malgré des vents pouvant aller jusqu'à  $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .



**A.3.1.** Donner la vitesse maximale des vents  $v_{\text{vent}}$  en mètres par seconde.

**A.3.2.** L'intensité de la force  $F_{\text{vent}}$  exercée par les vents sur le Stratobus est donnée par la relation :

$$F_{\text{vent}} = \frac{1}{2} \cdot \rho_{\text{air}} \cdot S \cdot C_x \cdot v^2$$

$\rho_{\text{air}}$  : masse volumique de l'air en  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

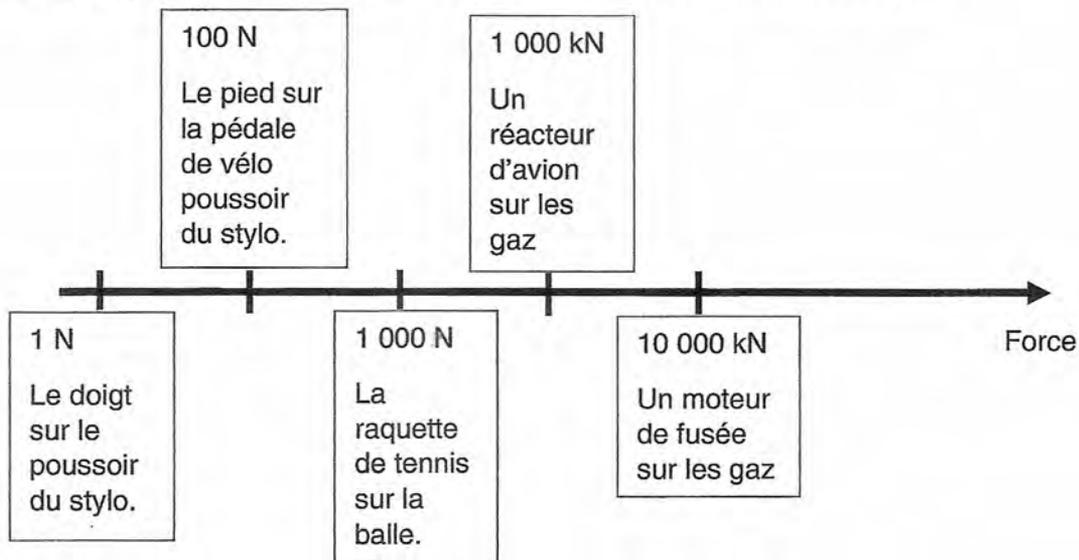
$S$  : surface **frontale** du Stratobus en  $\text{m}^2$ .

$C_x$  : coefficient de trainée sans unité

$v$  : vitesse des vents en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

Calculer la force de résistance maximale de l'air  $F_{\text{vent}}$  qui s'exercerait sur le Stratobus en vous aidant du **texte de présentation 1**, de la **question A.2.1.** et du **document 5 page 12**. Vous donnerez votre résultat en kilonewton (kN).

**A.3.3.** Comparer votre résultat avec les exemples donnés ci-dessous.



## PARTIE B : panneau solaire photovoltaïque et pile à combustible

### Partie B.1 : étude d'un panneau solaire photovoltaïque

Texte de présentation 2 :

« ...les Stratobus fonctionneront à l'énergie solaire. Ils seront dotés de panneaux photovoltaïques d'une efficacité « très supérieure à ce qui se fait aujourd'hui » et devront offrir un « rendement de 30 % » pour garantir l'autonomie. Thales prévoit une rotation de l'enveloppe autour d'une bague fixe pour conserver une bonne orientation des panneaux par rapport au soleil. » <http://si-management.blogspot.fr/>



**B.1.1.** Indiquer la conversion d'énergie réalisée par un panneau solaire photovoltaïque.

**B.1.2.** Des mesures électriques d'un panneau photovoltaïque récent ont été réalisées sous une irradiance de  $750 \text{ W.m}^{-2}$ .

<b>I (A)</b>	1,10	1,10	1,10	1,00	0,90	0,75	0,60	0,46	0,30
<b>U (V)</b>	0,00	4,41	52,7	88,7	104	114	119	123	127

Les dimensions du panneau photovoltaïque sont  $1414 \text{ mm} \times 1114 \text{ mm}$ .

Compléter la dernière ligne du **document réponse DR2 page 15** afin de connaître la puissance fournie par le panneau photovoltaïque lors de chaque mesure.

**B.1.3.** Calculer le rendement maximal  $\eta_{\text{max}}$  du panneau solaire photovoltaïque. Vous indiquerez votre démarche sur votre copie.

**B.1.4.** En vous aidant du **document 6 page 12**, déduire graphiquement la (les) famille(s) possible(s) du panneau solaire photovoltaïque étudié (**Si cristallin** ou **films minces** ou **organique** ou **nouveaux matériaux**).

**B.1.5.** En vous aidant du **texte de présentation 2 page 5**, rappeler le rendement des panneaux devant équiper le Stratobus et les comparer au rendement des panneaux étudiés à la question **B.1.2. page 5**.

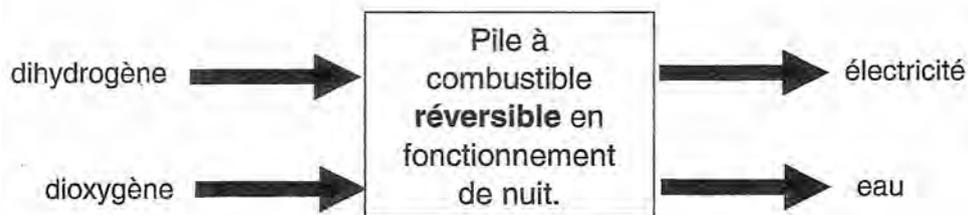
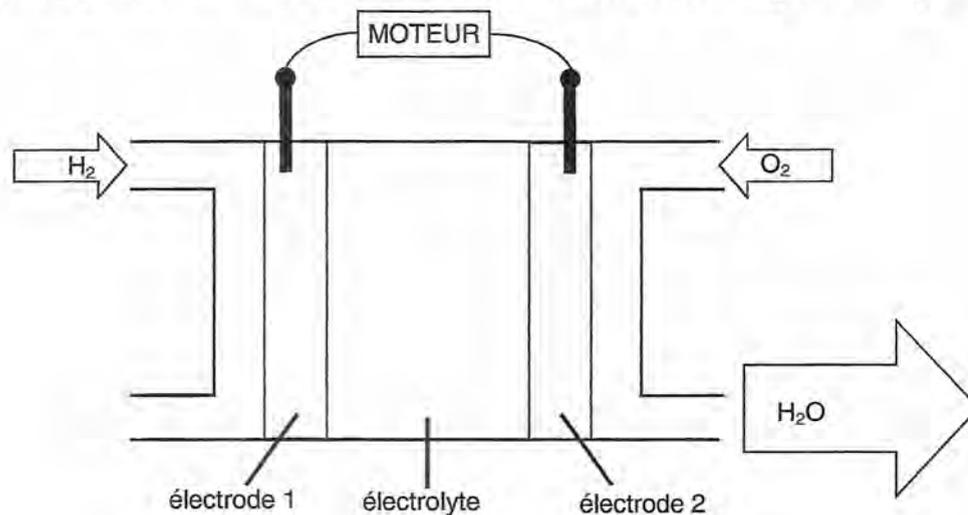
## Partie B.2 : étude de la pile à combustible réversible

### Texte de présentation 3 :

Le stratobus possède deux moteurs électriques à hélices alimentés par une pile à combustible qui lui permettront de maintenir sa position, même lorsqu'il est soumis à des vents soufflant jusqu'à 90 km/h.

L'énergie électrique fournie par les panneaux solaires pourra être stockée grâce à une grosse pile à combustible **réversible**. Ainsi, le dirigeable devrait pouvoir opérer même la nuit, durant plusieurs mois.

La pile à dihydrogène est une pile à combustible utilisant le dihydrogène et le dioxygène. Il s'agit d'une réaction d'oxydo-réduction contrôlée de dihydrogène et de dioxygène, avec production simultanée d'électricité, d'eau et d'énergie thermique.



Réaction à l'électrode 1 :  $\text{H}_{2(g)} = 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

Réaction à l'électrode 2 :  $\text{O}_{2(g)} + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

**B.2.1.** Quelle électrode (1 ou 2) fournit les électrons au moteur ? Quelle est l'équation qui correspond à une oxydation ? Pourquoi ?

**B.2.2.** Flécher sur le **document réponse DR3 page 15** le sens des électrons (notés  $\text{e}^-$ ) et celui du courant  $I$ .

**B.2.3.** Indiquer sur le **document réponse DR3 page 15** le sens de circulation des protons  $\text{H}^+$  dans l'électrolyte.

**B.2.4.** Écrire l'équation globale de la réaction qui régit la pile à dihydrogène lorsqu'elle débite du courant.

**B.2.5.** Quel intérêt environnemental possède la pile à combustible par rapport aux énergies fossiles ?

**B.2.6.** Conversion :  $1 \text{ A.h} = 3600 \text{ C}$

Supposons que la pile à dihydrogène débite un courant d'intensité  $I = 100 \text{ A}$  pendant 8,00 heures.

**B.2.6.1.** Calculer la quantité d'électricité  $Q$  (en coulomb C) libérée en 8,00 heures.

**B.2.6.2.** Donnée : la quantité d'électricité d'une mole d'électrons est  $q = 96500 \text{ C}$ .

En déduire le nombre de moles  $n_e$  des électrons, ayant circulé dans le circuit, pendant 8,00 heures. Calculer alors le nombre de moles  $n_{(\text{H}_2)}$  de dihydrogène consommées en vous aidant de **l'équation à l'électrode 1**.

**B.2.7.** La pile à dihydrogène est **réversible**, ce qui permettra de stocker de l'énergie sous forme de dihydrogène le jour pour pouvoir alimenter les moteurs la nuit.

Compléter le **document réponse DR4 page 15** avec les mots « dihydrogène », « dioxygène », « eau » et « électricité » correspondant au fonctionnement le jour, c'est-à-dire lorsque la pile réversible est alimentée par les panneaux photovoltaïques.

**B.2.8.** En fonctionnement de jour, la pile réversible fonctionne-t-elle en générateur ou en récepteur électrique. L'énergie produite sera-t-elle stockée à l'intérieur ou à l'extérieur de la pile réversible ?

**B.2.9.** Le stockage du dihydrogène à l'état gazeux demande un grand volume de stockage. Quel changement d'état proposez-vous pour gagner en volume ? Comment s'appelle cette transformation ?

## **PARTIE C : ondes et stratosphère**

**C.1.** Un premier prototype du Stratobus pourrait être opérationnel dans les cinq années à venir ; le temps de mettre au point une enveloppe résistant aux effets destructifs des rayons ultraviolets durant des missions de longue durée.

**C.1.1.** Quel groupe d'ultra-violet (UV) est complètement absorbé par la stratosphère (documents 7 et 8 page 13) ?

**C.1.2.** Données :

L'énergie d'un photon est donnée par la relation :

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

$h$  : constante de Planck qui vaut  $6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s.

$\lambda$ : longueur d'onde en mètres.

L'électronvolt est une unité d'énergie.

Un électronvolt (e.V) correspond à  $1,6 \cdot 10^{-19}$  joule (J).

Les ultraviolets sont des ondes qui se propagent dans le vide à la vitesse  $c = 3,00 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>.

Calculer l'énergie minimale  $E_{\min}$  des photons du groupe d'UV de la question **C.1.1.**. Exprimer le résultat en électronvolts (e.V).

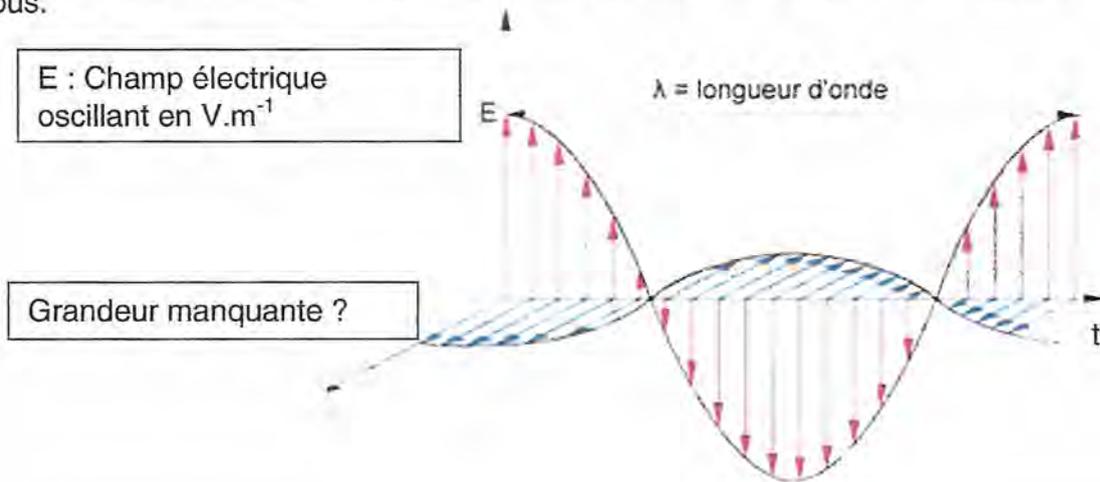
**C.1.3.** Donner les noms des domaines des ondes associées aux numéros 1,2 et 3 du **document 7 page 13**. Vous préciserez sur votre copie les rayons plus énergétiques que les rayons ultraviolets.

**C.2.** Les Stratobus seront bien adaptés à des missions de télécommunications. Ainsi, ils peuvent « renforcer le réseau GSM (*Global Signal Mobil*)» au cours d'événements de masse ou « améliorer le système GPS (*Global Positioning System*) ».

**C.2.1.** À quelle famille d'onde appartiennent les ultraviolets et les ondes radio comme le GPS ou le réseau GSM ?

**C.2.2.** Les ultraviolets et les ondes radio sont constitués de deux grandeurs oscillantes.

Préciser, sur votre copie, le nom et l'unité de la grandeur manquante du document ci-dessous.



**C.2.3.** Les liaisons par GPS utilisent deux ondes de longueurs d'onde  $\lambda_1 = 0,19 \text{ m}$  et  $\lambda_2 = 0,25 \text{ m}$ .

Les ondes radio sont des ondes qui se propagent à la vitesse  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  dans l'air.

Calculer les deux fréquences utilisées par le système GPS sachant que la vitesse d'une onde radio est égale au produit de sa longueur d'onde avec sa fréquence.

Exprimer les résultats avec trois chiffres significatifs.

**C.2.4.** Le système GSM 1800 (entre 1,71 GHz et 1,79 GHz) est utilisé par les téléphones mobiles, y compris pour les connexions de données.

Est-ce que les fréquences des ondes du système GPS calculées au **C.2.3.** empiètent sur les fréquences utilisées pour les liaisons GSM 1800 ? Justifier votre démarche.

**C.3.** Le Stratobus sera un dirigeable à l'assaut de la stratosphère.

Des élèves de STI2D ont fabriqué un ballon stratosphérique. Le ballon contient un capteur de pression et un GPS. Le capteur de pression est étalonné avec la pompe à vide du lycée.

Lors du lâcher de ballon, les élèves reçoivent les mesures au sol par liaison radio avec le GPS.

**C.3.1.** Estimer l'altitude maximale à laquelle est monté le ballon stratosphérique des élèves ainsi que la durée de l'ascension (**document 9 page 14**). Calculer la vitesse ascensionnelle moyenne  $v_{\text{moy}}$ .

**C.3.2.** La pression atmosphérique à l'altitude de 20 km est de  $P_{\text{atm}} = 6,00 \text{ kN.m}^{-2}$ . Rappeler la formule reliant la pression  $P$  exercée par une force d'intensité  $F$  s'exerçant sur une surface  $S$ . Vous préciserez les unités.

**C.3.3.** Donnée : 1 bar correspond à  $10^5 \text{ Pa}$ .

Relever la pression mesurée  $P_{\text{capt}}$  par le capteur des élèves à 20 km d'altitude (**document 9 page 14**).

**C.3.4.** Y-a-t-il une différence avec la valeur théorique  $P_{\text{atm}}$  et la valeur mesurée  $P_{\text{capt}}$  ?

Si oui, calculer l'incertitude relative  $\frac{(P_{\text{capt}} - P_{\text{atm}})}{P_{\text{atm}}}$ .

Exprimer votre résultat en pourcentage.

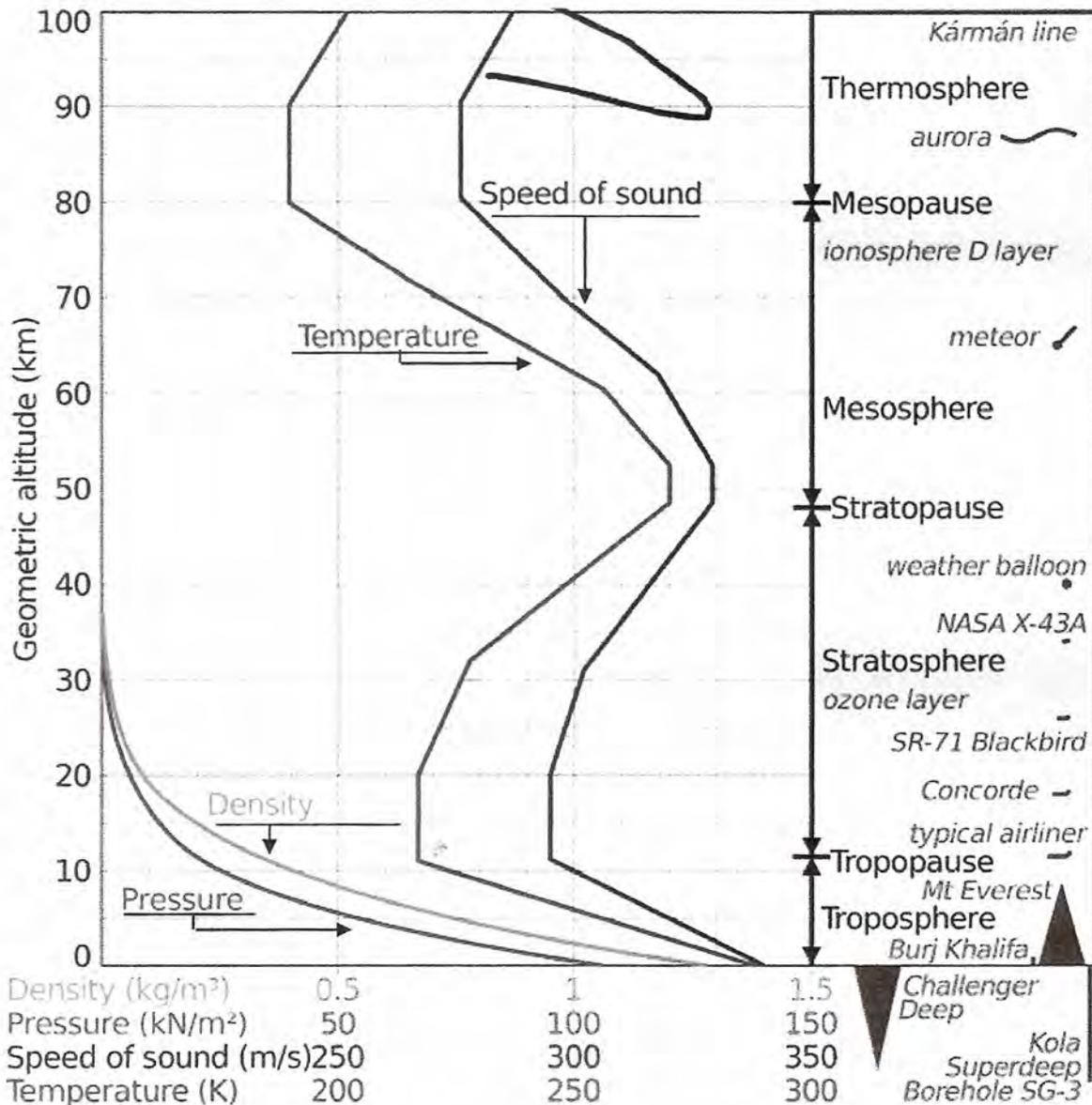
**C.3.5.** Les élèves s'étaient fixé une incertitude relative inférieure à 10%. L'objectif a-t-il été atteint ? Si non, donner une ou plusieurs raison(s) permettant d'expliquer cette situation.

## DOCUMENTS

### Document 1 :

<b>Hélium</b>	<b>Dihydrogène</b>
C'est un gaz extrêmement léger et il est par conséquent très volatile.	C'est un gaz extrêmement léger et il est par conséquent très volatile.
Masse volumique de la phase gazeuse (1,013 bar et 15 °C): 0,1692 kg/m <sup>3</sup>	Masse volumique de la phase gazeuse (1,013 bar et 15 °C) : 0.0852 kg/m <sup>3</sup>
	 

### Document 2 :



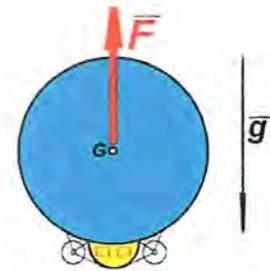
**Document 3 :** La poussée d'Archimède:

Tout corps plongé dans l'air, subit de la part de celui-ci, une poussée verticale dirigée vers le haut et égale au poids du volume  $V$  d'air déplacé.

L'intensité de la poussée d'Archimède  $F = m_{\text{air}} \cdot g$

$m_{\text{air}}$  : masse d'air déplacé.

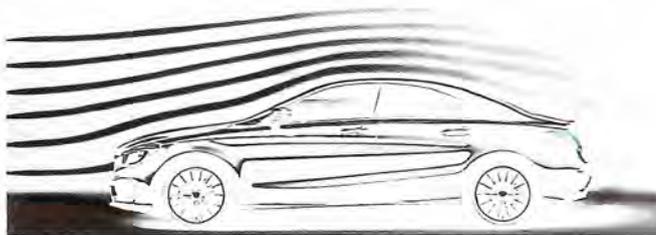
$g$  : accélération de la pesanteur ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ).



**Document 4 :** Evolution de l'accélération  $g$  en fonction de l'altitude.

Altitude (km)	$g$ ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ )
0	9,81
20	9,75
40	9,69
50	9,66

**Document 5 :** Coefficient de traînée  $C_x$

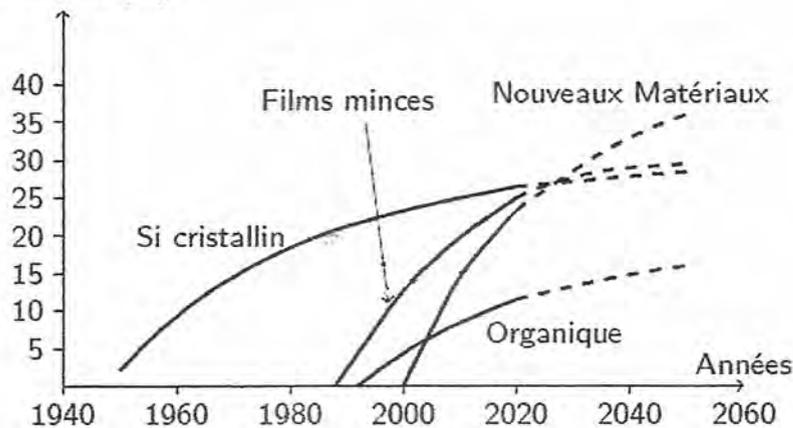


Forme		Coefficient de traînée
Sphère	→	0.47
Demi-sphère	→	0.42
Cube	→	1.05
Corps profilé	→	0.04
Semi-corps profilé	→	0.09

Mesures des coefficients de traînée

**Document 6 :**

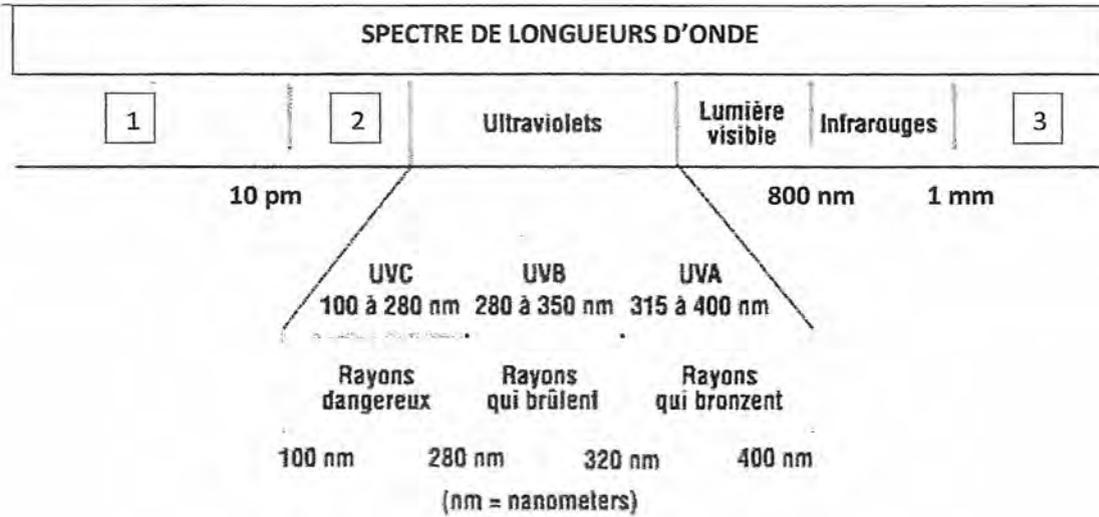
Rendement [%]



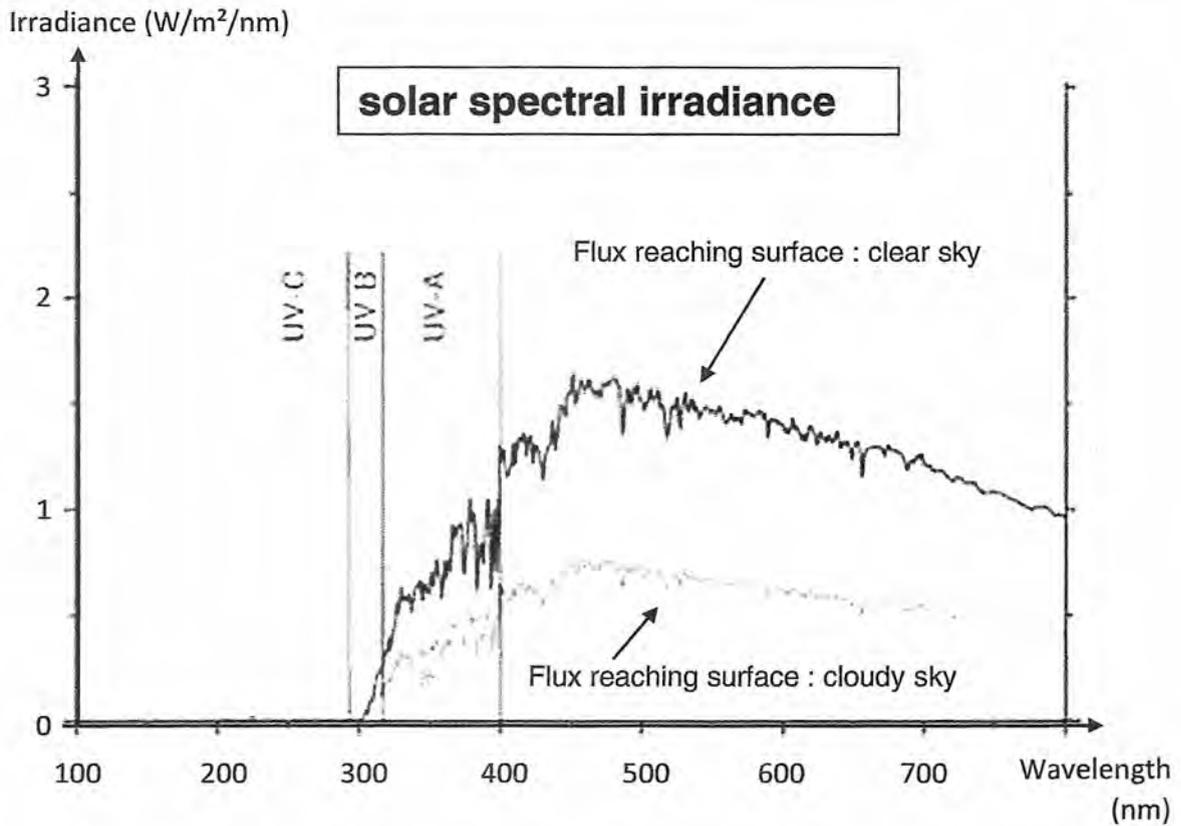
Évolution des rendements des principales familles PV <sup>7</sup>

7. J.C Muller, Électricité Photovoltaïque - Filières et Marchés; Techniques de l'Ingénieur, BE8579, 2007

**Document 7 :**

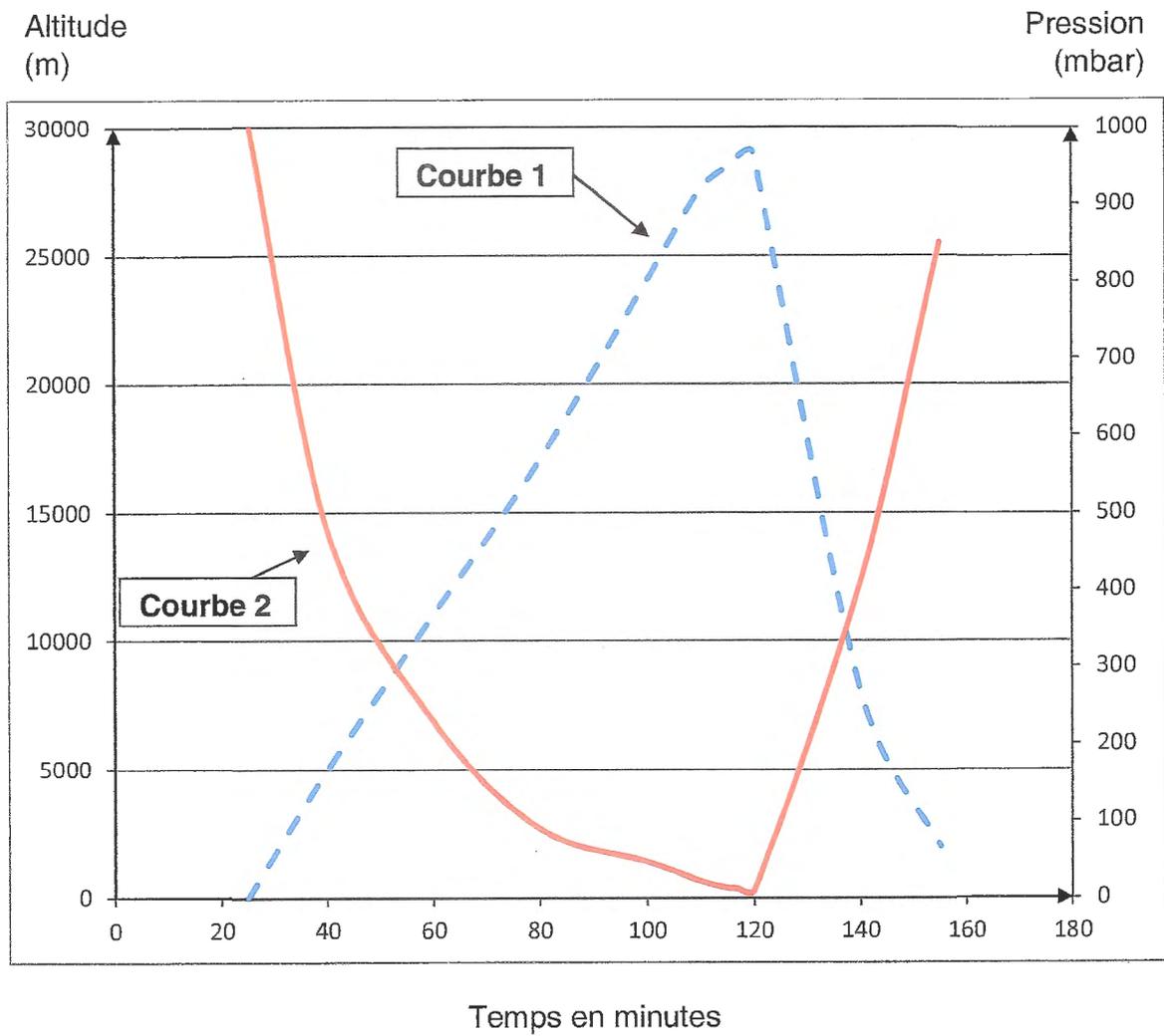


**Document 8 :**



**Document 9 :** Relevés du lâcher de ballon des élèves de STI2D.

**Courbe 1** - - - : Altitude en fonction du temps  
**Courbe 2** ——— : Pression en fonction du temps



**Annexe à rendre avec la copie**

**DR1 (Question A.2.4.) :**

Échelle : .....

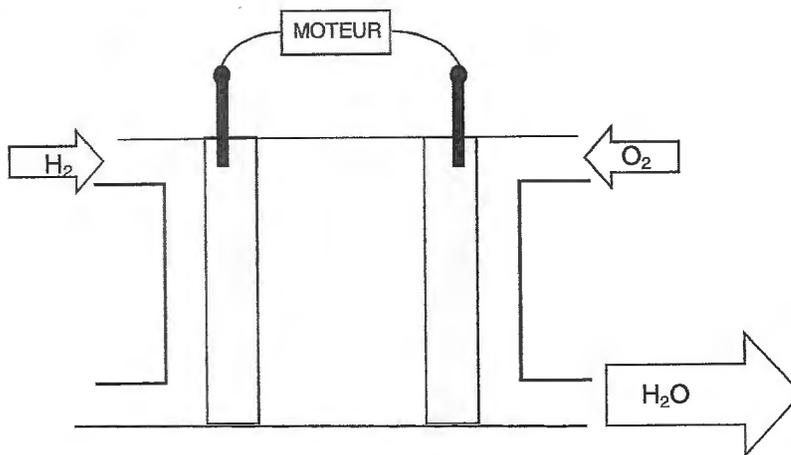
**Vue de face du  
Stratobus avec son  
centre de gravité G.**



**DR2 (Question B.1.2.) : Calcul de puissance.**

<b>I(A)</b>	1,10	1,10	1,10	1,00	0,90	0,75	0,60	0,46	0,30
<b>U (V)</b>	0,00	4,41	52,7	88,7	104	114	119	123	127
<b>P (.....)</b>									

**DR3 (Questions B.2.2. et B.2.3.) :**



**DR4 (Questions B.2.7.):**

