

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Janvier 2022

Série STI2D — Toutes spécialités

PHYSIQUE-CHIMIE-MATHÉMATIQUES

Durée : 3 heures

Coefficient 16 en Mars

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 :

- Une partie physique chimie sur 28 points : 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.
- Une partie mathématiques sur 12 points : feuille A3 recto verso indépendante.

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

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.

Le sujet est à rendre avec la copie dans son intégralité pour la partie physique chimie.

La partie Mathématiques est à compléter directement sur le sujet qui sera rendu sur le paquet correspondant.

PARTIE A : le projet Stratobus

Texte de présentation 1 :

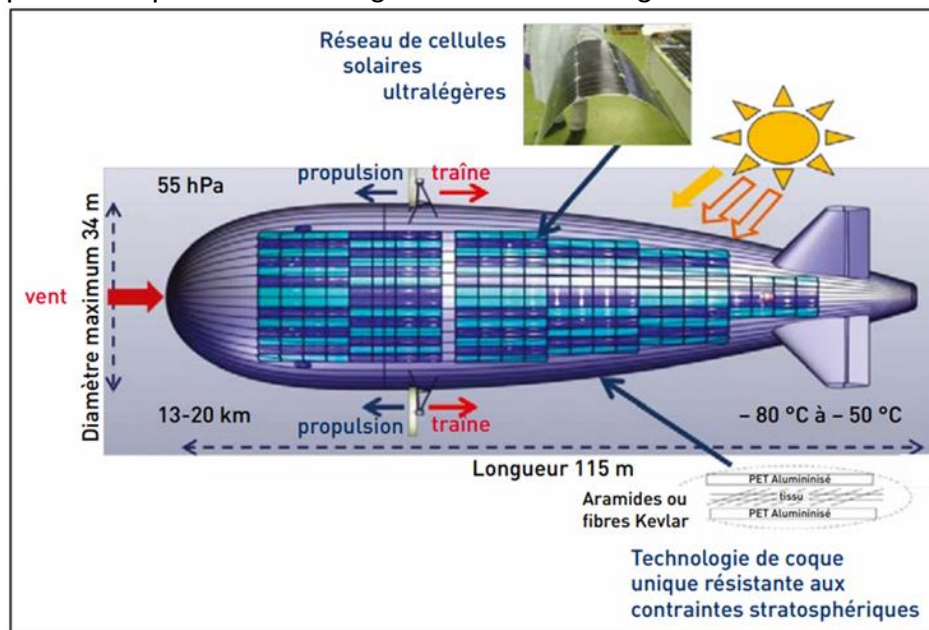
Stratobus, étonnant engin à mi-chemin entre le drone et le satellite, permettra de remplir de nombreuses missions : observation, sécurité, télécommunication, navigation... avec une durée de vie de 5 ans.

« 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.

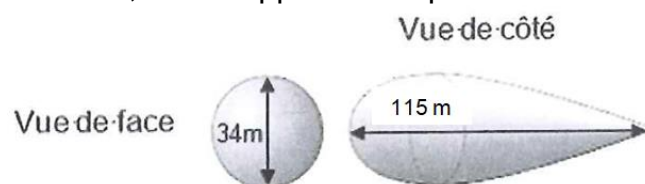


Mais l'objet n'est ni un dirigeable destiné à arpenter doucement les cieux, ni une montgolfière dérivant au gré du vent, et encore moins un ballon captif relié au sol par un câble. Une fois déployé sur le terrain et après que son enveloppe a été remplie à l'aide d'un gaz plus léger que l'air, le Stratobus 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 115 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.



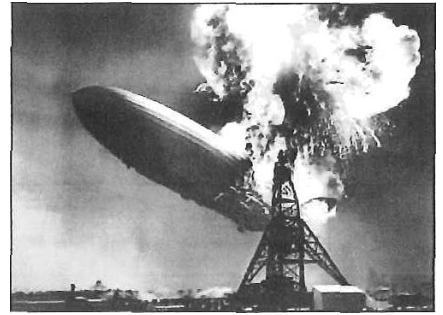
Pour simplifier l'étude du Stratobus, nous supposons qu'il a une forme en « goutte d'eau ».



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 8.

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 cette altitude, on considère que la masse volumique de l'air ρ_{air} vaut : $\rho_{air} = 0,09 \text{ kg.m}^{-3}$.

A.2.1. À l'aide du document 2 page 8, déterminer graphiquement la pression atmosphérique P, la température T 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, montrer que la masse d'air m_{air} déplacée par le Stratobus vaut $m_{air} \approx 4,5 \text{ t}$ 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 9). Vous donnerez votre résultat en kilonewton (kN).

A.2.5. Tracer sur le document réponse DR1 page 10 les vecteurs F_A et 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 a une masse volumique : $\rho_{H_2} = 7,0.10^{-3} \text{ kg.m}^{-3}$ à cette altitude. Calculer la masse de dihydrogène m_{H_2} contenue dans le Stratobus.

A.2.7. La masse du Stratobus se répartit entre le dihydrogène (m_{H_2}), l'équipement de fonctionnement (m_{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 9, déduire la masse de l'équipement de fonctionnement m_{fonc} du Stratobus. Vous donnerez votre résultat en tonnes (t).

A.3. Le Stratobus devra rester stationnaire malgré des vents allant jusqu'à 90 km.h^{-1} .

A.3.1. Donner la vitesse maximale des vents v en mètres par seconde.

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

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

avec

ρ_{air} la masse volumique en kg.m^{-3}

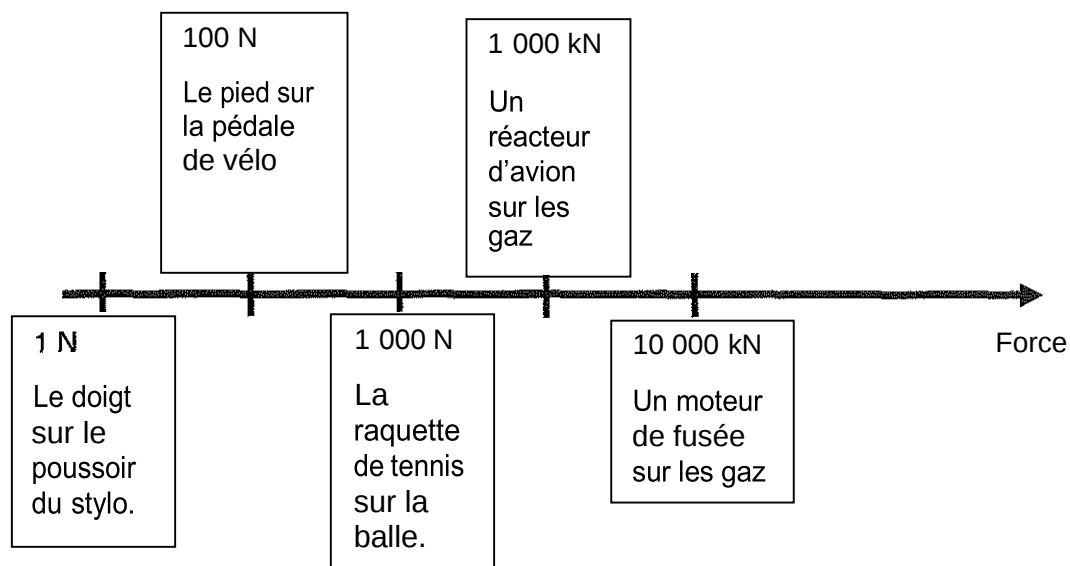
S la surface **frontale** du Stratobus en m^2 .

C_x le coefficient de trainée sans unité

v la vitesse des vents en m.s^{-1} .

Calculer la force de résistance maximale de l'air F_{vent} qui s'exercerait sur le Stratobus en vous aidant du texte de présentation 1, de la question A.2. et du document 5 page 9. Vous donnerez votre résultat en kilonewton (kN).

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



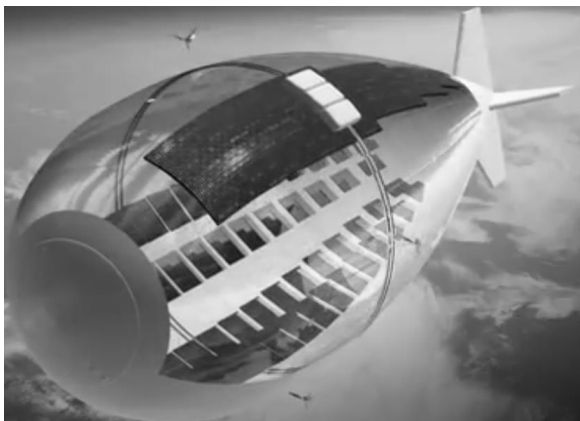
PARTIE B : panneau solaire photovoltaïque et pile à combustible

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-managencent.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 W.m^{-2} .

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

Les dimensions du panneau photovoltaïque sont 1414 mm x 1114 mm.

Compléter la dernière ligne du document réponse DR2 page 10 afin de connaître la puissance fournie par le panneau photovoltaïque lors de chaque mesure.

B.1.3. Vérifier que le rendement maximal η_{max} du panneau solaire photovoltaïque vaut environ 8 %. Vous indiquerez votre démarche sur votre copie.

B.1.4. En vous aidant du texte de présentation 2, rappeler le rendement des panneaux devant équiper le Stratobus et le comparer au rendement des panneaux étudiés à la question précédente. Commenter.

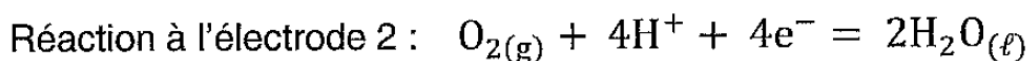
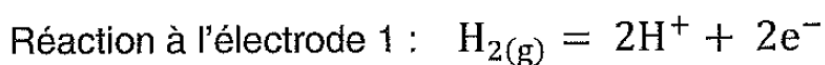
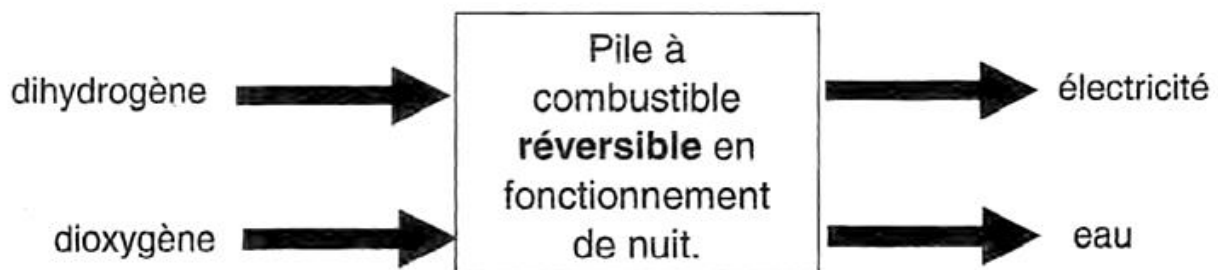
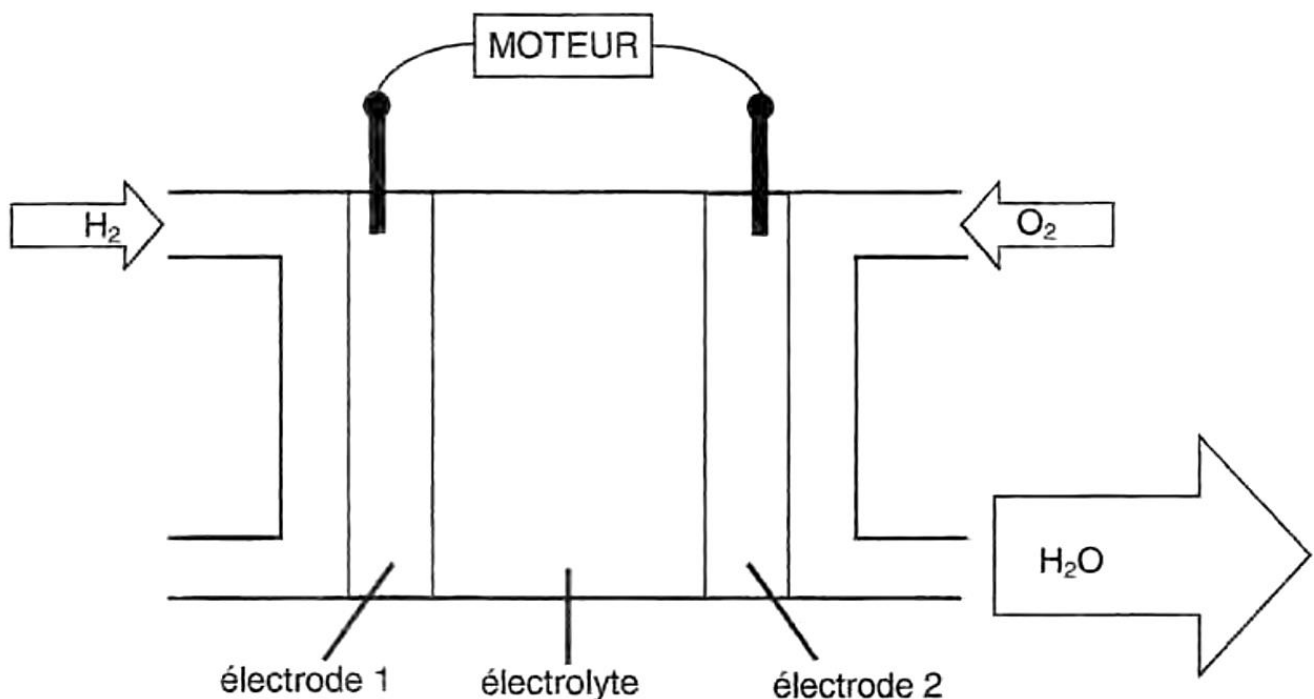
PARTIE B.2 : étude de la pile à combustible réversible

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.



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 10 le sens des électrons (notés e^-) et celui du courant I .

B.2.3. Indiquer sur le document réponse DR3 page 10 le sens de circulation des protons 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. Justifier.

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

B.2.6. Donnée : $1 A.h = 3600 C$

Supposons que la pile à dihydrogène débite un courant d'intensité $I = 100 A$ 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. En déduire le nombre de moles n_e des électrons, ayant circulé dans le circuit, pendant 8,00 heures.

Donnée : la quantité d'électricité d'une mole d'électrons est $q = 96500 C$.

B.2.6.3. Calculer alors le nombre de moles $n(H_2)$ de dihydrogène consommées en justifiant à l'aide 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 10 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 ?

B.2.9. Le stockage du dihydrogène à l'état gazeux demande un grand volume de stockage. Sous quel état stockeriez-vous le dihydrogène pour gagner en volume ? Comment s'appelle ce changement d'état ?

B.2.10. À l'aide du document 6 page 9, déterminer les états physiques du dihydrogène correspondants aux zones 1, 2 et 3.

B.2.11. Donner le nom des points A et B sur le document 6 page 9.

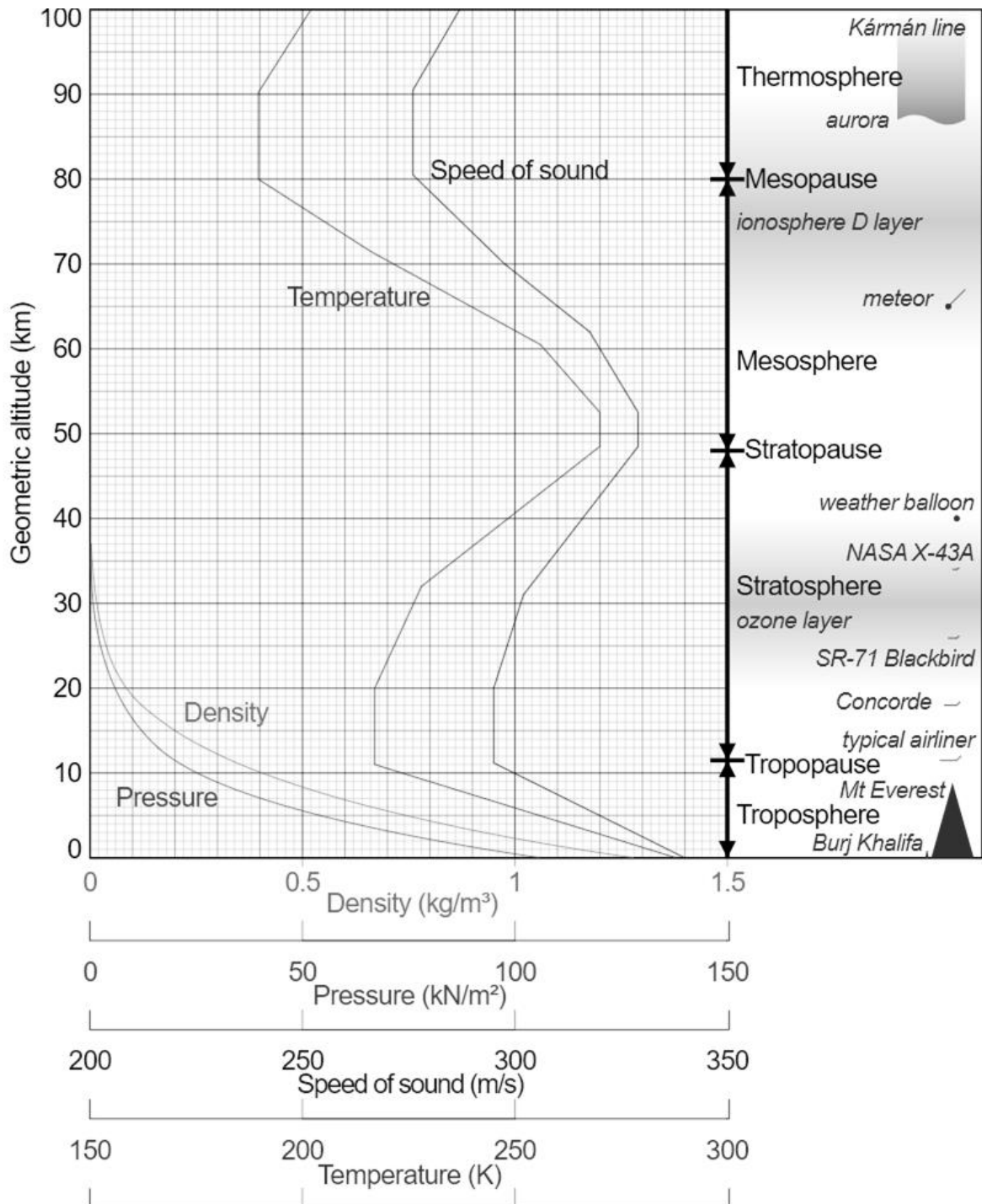
B.2.12. À l'aide du document 6 page 9, à la pression atmosphérique, à quelle température le dihydrogène passe de l'état liquide à l'état gazeux ?

DOCUMENTS

Document 1 :

Hélium	Dihydrogène
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 ³	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) : 0,0852 kg/m ³
	 

Document 2 :



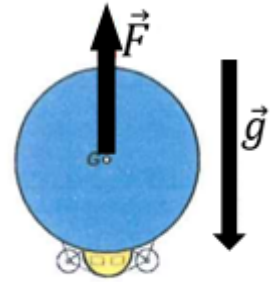
Document 3 : La poussée d'Archimède :

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 (en N) de la poussée d'Archimède : $F = m_{\text{air}} \cdot g$

m_{air} : masse d'air déplacé (kg)

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



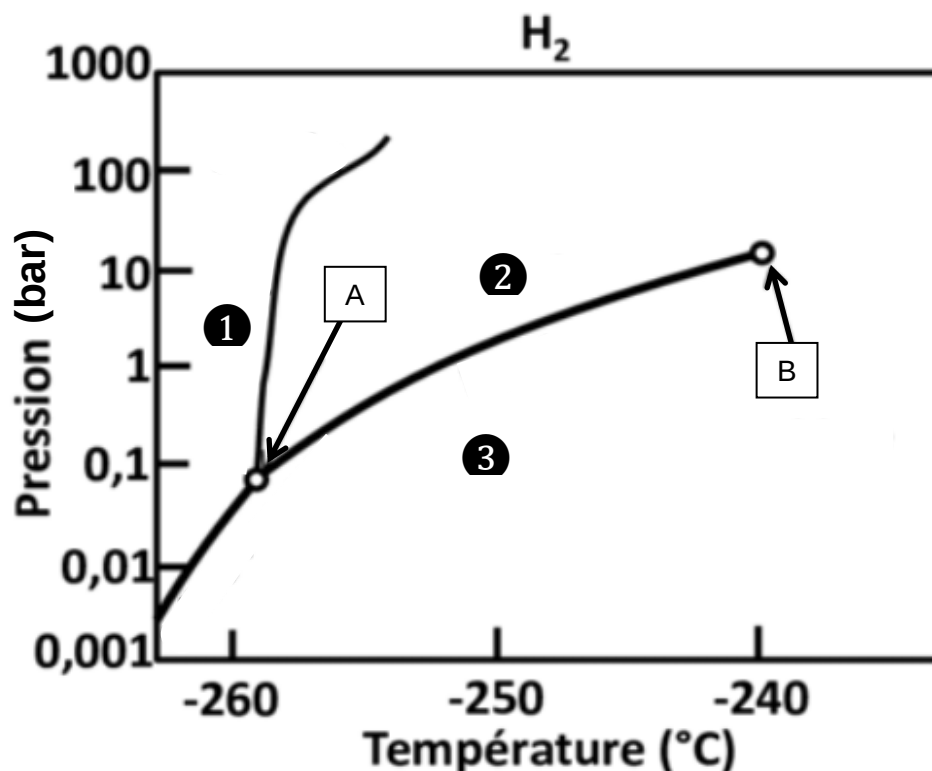
Document 4 : Évolution de l'accélération g en fonction de l'altitude.

Altitude (km)	g (m.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

Document 6 : Diagramme (p, T) du dihydrogène

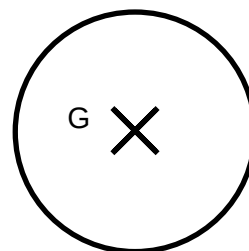


ANNEXE À COMPLÉTER

DR1 (Question A.2.5) :

Echelle :

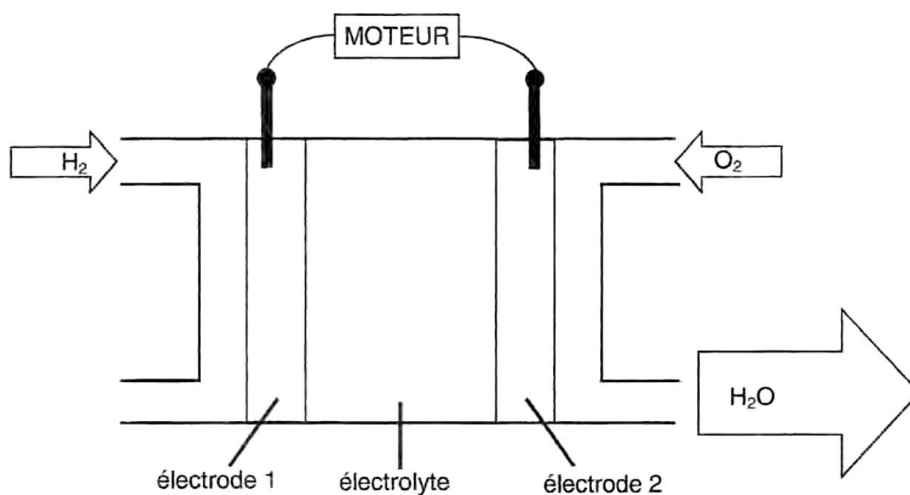
Vue de face du Stratobus avec son centre de gravité G.



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

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

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



DR4 (Questions B.2.7.) :

