

SESSION 2018

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

PHYSIQUE-CHIMIE

Sciences et Technologies de Laboratoire

Spécialité Biotechnologies

Temps alloué : 3 heures

Coefficient : 4

**L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen,
est autorisé.**

**Ce sujet comporte 14 pages.
La page 14 est à rendre avec la copie.**

L'airbus A320

L'aéronautique est un secteur d'activité marqué ces dernières années par le développement des drones et leur réglementation, par la réussite des projets Rosetta et Solar Impulse.

C'est aussi un secteur porté par une très forte croissance du trafic aérien, plus de 3 milliards de passagers en 2013 ; et surtout un secteur de recherche et de développement où les biotechnologies sont au cœur des études sur les biocarburants, les matériaux composites ...



© AIRBUS S.A.S. 2010 - COMPUTER RENDERING BY FIXION - GWLNSD

L'étude suivante permet de répondre à de nombreuses questions autour de l'avion et plus particulièrement sur l'Airbus A320 :

- l'avion est-il polluant ?
- pourquoi vole-t-il haut ?
- comment mesure-t-on la vitesse de l'avion ?

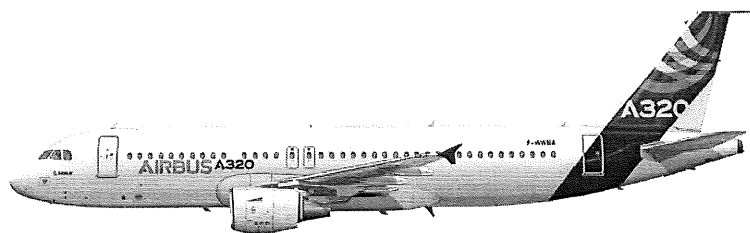
Partie A : étude du carburant et bilan carbone (8,5 points)

Partie B : mécanique du vol (6,5 points)

Partie C : instruments de bord (5 points)

Caractéristiques générales de l'Airbus A320

Airbus A320	Équipage	Nombre de passagers	Longueur	Envergure	Masse à vide	Masse maximale	Vitesse de croisière	Vitesse maximale	Poussée totale maximale	Altitude maximale de croisière
6	2 ^{ème} classe	150	37,57 m	34,10 m	42,4 tonnes	77,0 tonnes	447 nœuds	470 nœuds	320×10^3 N	11,70 km
	Classe unique	164								
	Maximum	180								



1 nœud = 1,852 km.h⁻¹

Partie A : étude du carburant et bilan carbone (8,5 points)

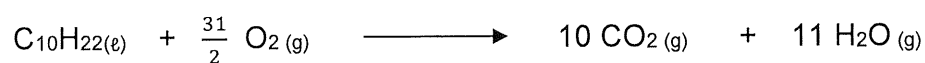
A.1. Citer un carburant et un biocarburant utilisés dans les **transports routiers**, en précisant les matières utilisées pour leur production.

A.2.1. Dans le secteur aéronautique, les biocarburants se développent. Donner un avantage et un inconvénient des biocarburants à partir du **document A1**.

A.2.2. À l'aide des données du **document A2**, exprimer et calculer avec 2 chiffres significatifs la masse volumique ρ du kérosène. La comparer à celle donnée dans le **document A4**.

A.3. Le kérosène est un mélange d'alcane, dans la suite de notre étude on l'assimilera à du **décane de formule brute C₁₀H₂₂**.

La combustion dans le réacteur, assimilée à une combustion complète produit du dioxyde de carbone et de l'eau. L'équation équilibrée de la réaction est :



Les masses molaires M des espèces sont :

$$M(\text{C}_{10}\text{H}_{22}) = 142 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \quad M(\text{CO}_2) = 44,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \quad M(\text{H}_2\text{O}) = 18,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

A.3.1. À partir du **document A2**, montrer que la quantité de matière de kérosène est égale à $7,04 \times 10^4$ mol.

A.3.2. Déterminer la quantité de matière de dioxyde de carbone produite par la combustion complète de 10 tonnes de kérosène.

A.3.3. En déduire que la masse de dioxyde de carbone obtenue pour parcourir 2000 km est égale à $3,10 \times 10^4$ kg.

A.3.4. Déterminer la masse (en gramme) de dioxyde de carbone produite par km.

A.3.5. À partir de la simulation proposée par la Direction Générale de l'Aviation Civile, **document A3** :

A.3.5.a. Calculer la masse de dioxyde de carbone (en gramme) produite par kilomètre et par passager pendant le vol.

A.3.5.b. Pour 137 passagers, la masse de dioxyde de carbone produit, par kilomètre et par passager, s'élève à 118 g. À l'aide du **document A5**, indiquer si l'avion est le mode de transport ayant le moins bon bilan carbone. Justifier votre réponse.

A.3.6. On s'intéresse maintenant à l'énergie dégagée par la combustion du carburant.

A.3.6.a. En utilisant l'équation de la réaction, et le **document A6**, calculer l'enthalpie molaire standard ΔH_R^0 de la réaction de combustion du kérosène assimilé à du décane.

A.3.6.b. Montrer que l'enthalpie massique standard de la réaction est égale à : $-44,7 \times 10^6 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$.

A.3.6.c. Comparer cette valeur au PCI du kérosène du **document A4**. Proposer une explication à cet écart.

A.3.6.d. À l'aide des caractéristiques du **document A4** et de vos connaissances, justifier l'emploi du kérosène comme carburant pour les avions de ligne.

Annexe de la partie A

[...] De plus, ces biocarburants sont souvent couplés au kérosène qui fournit la moitié de l'énergie. Plusieurs biocarburants ont donc été testés à base de plantes différentes.

Les biocarburants présentent de nombreux avantages écologiques et sont favorables au développement durable, mais présentent également des inconvénients.

- **Les avantages**

Les biocarburants possèdent de nombreux avantages notamment en termes de préservation de l'environnement si on considère uniquement leur impact lors de leur combustion. Les moteurs aux biocarburants rejettent, en effet, des gaz polluants en plus faible dose.

Les deux biocarburants pour l'instant testés, et rentables un minimum paraissent être les carburants issus des algues et du jatropha cusas. En effet, les algues possèdent un potentiel 50 fois plus important en huile que les végétaux utilisés autrement. Quant au jatropha cusas, c'est un arbuste qui pousse dans des régions désertiques et pauvres en eau. Il est donc intéressant pour une grande production.

- **Les inconvénients**

Pour comprendre vraiment l'impact des biocarburants sur la planète, il faut considérer l'énergie utilisée depuis sa récolte jusqu'à sa fabrication. En effet, pour utiliser des biocarburants pour tout le trafic aérien, il faudrait en produire plusieurs tonnes chaque année. [...]

En plus du coût que cette production représenterait, il y a l'impact sur l'écosystème. Détruire des forêts ou des cultures entières pour gagner quelques milligrammes de CO₂, le bilan paraît bien lourd. [...] Ces cultures intensives pourraient entraîner un dysfonctionnement des sols et plus généralement une pollution due aux engrais et pesticides susceptibles d'être utilisés.

Les biocarburants ne seront donc peut-être pas les carburants du futur, mais pourraient, pour le moment, être la seule alternative pour une aviation plus écologique.


D'après <http://aviondufutur.e-monsite.com/pages/carburants-alternatifs/les-biocarburants-en-generale-et-l-utilisation-en-aeronautique.html>

Document A1

L'envolée des cours du pétrole porte un nouveau coup dur à la compétitivité des compagnies aériennes qui voient enfler le poste carburant dans leur coût d'exploitation. « Le kérosène en représente un tiers [...] » Un avion de type Airbus A320 consomme 10 tonnes de kérosène, soit 13000 litres pour effectuer 2000 km [...] En Europe, l'objectif est de réduire de 50 % la consommation de carburant d'ici 2020 [...]

D'après un article du Figaro Mars 2011 V Guillemard

Document A2

Choix  de l'itinéraire

Aéroport de départ (France)
NICE-COTE D'AZUR

Pays de destination
SUEDE

Aéroport de destination
STOCKHOLM-ARL

Aller simple Aller-retour **Calculer**

Résultats de votre recherche

Distance (km)	Emissions de CO ₂ / passager (en kg) pour le vol	Consommation de kérosène / passager (en litre)
1921	163	65
Soit 3,4 L/100km		

Emissions de CO₂/passager (en kg) pour la production et distribution du kérosène

31

Emissions totales de CO₂/passager (en kg)

194

Document A3

	Essence	Gazole	Kérosène	GPL
Point éclair	- 40°C	55°C	49°C à 55°C	< 50°C
Prix au litre (octobre 2015)	1,35 €	1,15 €	0,48 €	0,74 €
Limite de filtrabilité	-	- 20°C	< 50°C	-
Masse volumique (kg.L ⁻¹) à 25°C	0,74	0,83	0,80	0,53
PCI (MJ.kg ⁻¹)	42,9	42,6	43,2	46,0
PCI (MJ.L ⁻¹)	32,2	35,4	34,6	24,4

* Le **point éclair** d'un liquide est la température à partir de laquelle le liquide libère suffisamment de vapeur pour s'enflammer en surface.

* **PCI** (pouvoir calorifique inférieur) : valeur absolue de l'énergie thermique dégagée lors de la réaction de combustion complète du carburant, l'eau est obtenue à l'état de vapeur.

Document A4

Palmarès de modes de transport

Émission de CO₂ (en gramme, par passager et par kilomètre)

	TGV	Avion de taille moyenne (137 passagers)	Voiture électrique	Voiture diesel (taille moyenne)	Voiture essence (taille moyenne)	Bus
Émission de CO ₂	13	118	22	127	135	130

<http://www.consoglobe.com/les-14-modes-de-transport-les-moins-polluants-cg>

Document A5

Enthalpie standard de formation à 25°C en kJ.mol⁻¹ :

Espèce chimique	H ₂ O (g)	CO ₂ (g)	O ₂ (g)	C ₁₀ H ₂₂ (l)
ΔH ⁰ _f en kJ/mol	-242	-394	0	-250

v_i et v_j sont les coefficients stœchiométriques respectifs des produits et des réactifs de l'équation chimique.

$$\Delta H^0_r = \sum_i v_i \Delta H^0_{fi} (\text{produits}) - \sum_j v_j \Delta H^0_{fj} (\text{réactifs})$$

Document A6

Partie B : mécanique du vol (6,5 points)

B.1. L'avion en vol est soumis à un certain nombre d'actions modélisées par des forces dont :

- la portance (force qui permet le maintien de l'avion en vol) notée \vec{R} ,
- la trainée (force de frottement) notée \vec{T} ,
- la poussée (force motrice) notée \vec{F} .

Le document B1, donne les expressions ou valeurs de celles-ci.

B.1.1. Compléter, si besoin, le bilan des forces s'exerçant sur l'appareil en vol de croisière.

B.1.2. En vol de croisière, à une altitude maximale d'environ 12 km, le mouvement de l'avion est rectiligne et uniforme.

B.1.2.a. Dans ce cas, donner la relation entre les différentes forces.

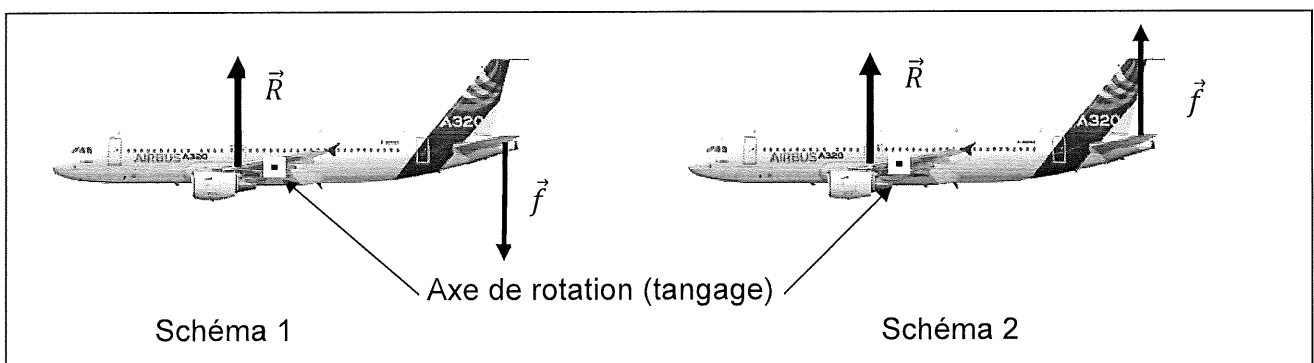
B.1.2.b. Compléter le document-réponse DR1 en indiquant les vecteurs force présents.

B1.2.c. À partir du résultat précédent et à l'aide du document B1, montrer que :

- la valeur de la portance R est égale à 539 kN,
- la valeur de la trainée T est égale à 31,0 kN.

B.1.3. À l'aide des documents B1 et B2, exprimer et calculer la vitesse v de l'avion avec 3 chiffres significatifs. Ce résultat est-il en accord avec celui indiqué par le constructeur (caractéristiques générales de l'Airbus A320 en page 2) ?

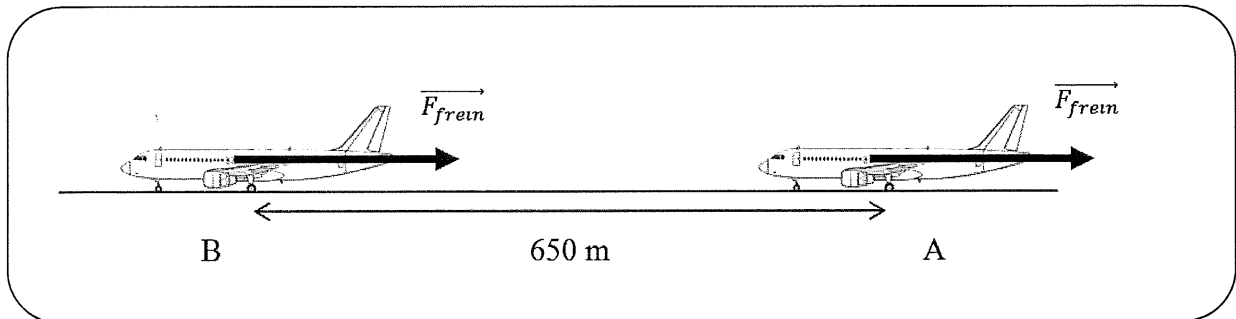
Pour réaliser une rotation autour de l'axe de tangage, le pilote pousse ou tire sur le « manche ». Cette action crée une force (notée \vec{f}) exercée sur l'empennage arrière comme indiquée ci-dessous.



B.2. Indiquer le schéma qui correspond à un piqué de l'avion (situation où l'avion s'incline vers l'avant).

B.3. Après la descente, l'appareil atterrit. Sa masse est alors égale à 50 tonnes. Il touche le sol en A avec une vitesse égale à $62,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; il s'arrête en B en 16 secondes après avoir parcouru 650 m.

On assimile la force de freinage notée \vec{F}_{frein} à la résultante des forces appliquées à l'avion et on la suppose constante lors du freinage.



B.3.1. Calculer la décélération a au cours de la phase d'atterrissage.

B.3.2. Exprimer et calculer la variation d'énergie cinétique entre A et B.

B.3.3. Exprimer le travail de la force de freinage \vec{F}_{frein} au cours du déplacement AB.

B.3.4. À l'aide du document B3, et en supposant que seule la force de freinage réalise un travail, déterminer la valeur de la force de freinage.

Annexe de la partie B

Caractéristiques vol en croisière (à 11,7 km d'altitude)

Masse avion : 55,0 tonnes

Intensité de la pesanteur : $g = 9,80 \text{ N.kg}^{-1}$

Poussée des réacteurs : $F = 31,0 \times 10^3 \text{ N}$

Portance R : expression $R = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_z$ avec $C_z = 0,52$

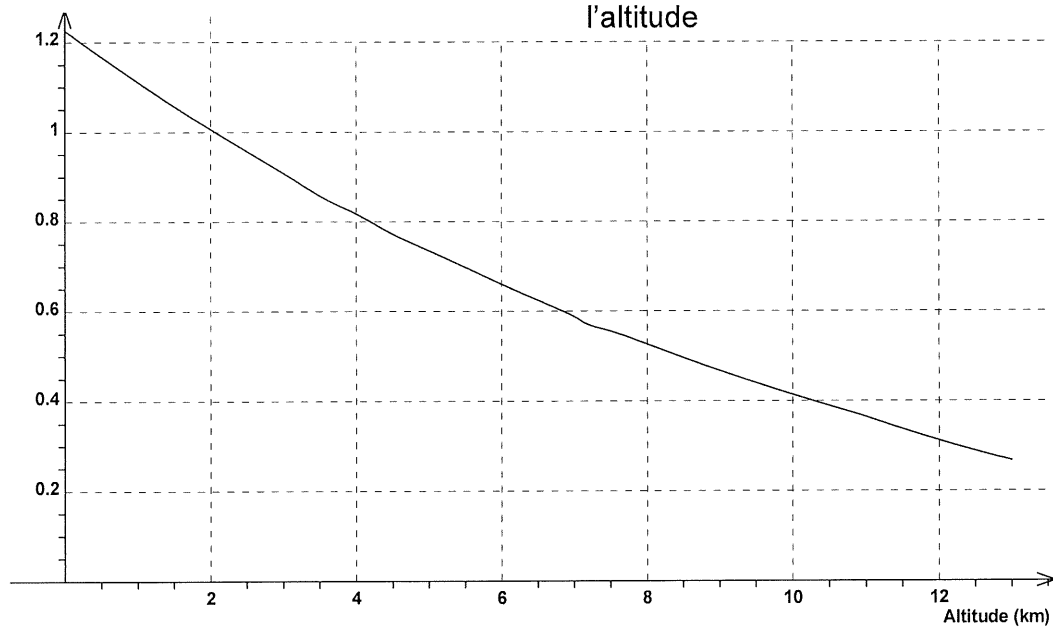
Trainée T : expression $T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_x$ avec $C_x = 0,030$

Vitesse : $v = ?$

Surface : $S = 122 \text{ m}^2$

Document B1

ρ en kg.m^{-3} Évolution de la masse volumique de l'air en fonction de l'altitude



Document B2

Théorème de l'énergie cinétique

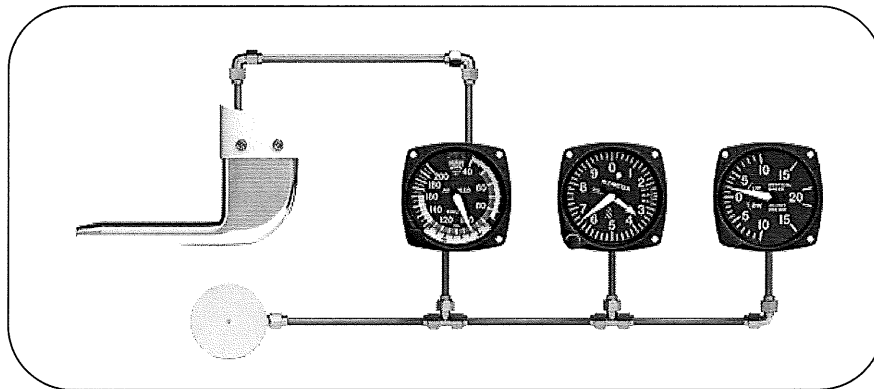
La variation d'énergie cinétique entre A et B est égale à la somme des travaux des forces sur le déplacement AB.

Document B3

Partie C : instruments de bord (5 points)

La pression est une grandeur physique d'une très grande importance dans le milieu aéronautique.

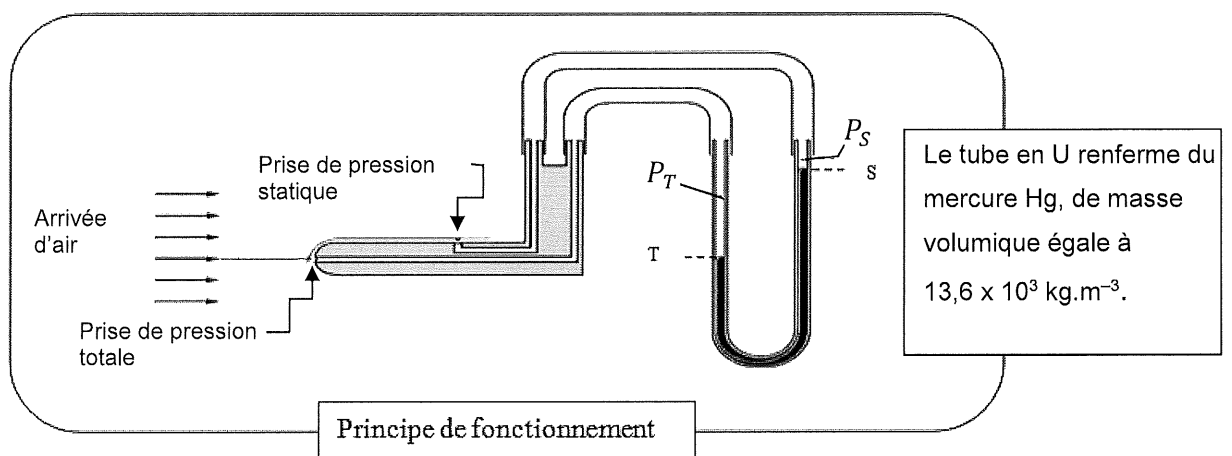
En effet, sa mesure permet de déterminer soit des altitudes, soit des vitesses.



C.1. En aéronautique, on utilise pour unité d'**altitude** et de **vitesse** respectivement le pied et le nœud.

Donner le nom des unités dans le système international des grandeurs : altitude, vitesse et pression.

C.2. Pour mesurer la vitesse, on place une prise d'air nommée « tube de Pitot » orientée vers l'avant de l'avion. Cette prise d'air mesure la pression de l'air P_T (pression totale) qui augmente avec la vitesse de déplacement et par différence avec la pression atmosphérique (pression statique) P_S , on déduit la vitesse. Son fonctionnement peut être modélisé par le schéma ci-dessous :



C.2.1.a. Donner la relation fondamentale de l'hydrostatique entre les points S et T du tube en U en précisant les notations utilisées.

C.2.1.b. La différence de pression entre T et S est égale 342,5 hPa. Déterminer la hauteur (en cm) de mercure correspondante.

C.2.1.c. Le dispositif « tube en U » est-il adapté à l'utilisation dans un avion ? Justifier.

C.2.2. Dans un manuel aéronautique, on peut lire l'information : « *par un calcul rapide et simple, on considère que la vitesse augmente de 10 % par rapport à la vitesse indiquée au niveau de la mer, tous les 1800 m.* »

La variation de pression ($P_T - P_S$) enregistrée est constante et égale à 342,5 hPa.

C.2.2.a. Justifier le fait que ($P_T - P_S$) soit une pression relative.

C.2.2.b. À l'aide du **document C1**, montrer que la vitesse v_0 de l'avion au niveau de la mer (altitude nulle) vaut 236 m.s⁻¹.

C.2.2.c. La vitesse de l'avion à l'altitude de 1800 m, notée v_{1800} , est égale à 258 m.s⁻¹. L'information du manuel d'aéronautique est-elle correcte ? Justifier votre réponse.

C.3. Étude d'un capteur de pression (modèle 26 PCC de Honeywell) dont les caractéristiques figurent dans le **document C2**.

C.3.1. Dans les caractéristiques, il est indiqué qu'il s'agit d'un modèle à pression relative. Cette dénomination est-elle correcte ? Sinon la corriger.

C.3.2. Préciser le nom des grandeurs d'entrée et de sortie.

C.3.3. Indiquer l'étendue de mesure.

C.3.4. La sensibilité S d'un capteur est donnée par la relation : $S = \frac{\Delta U}{\Delta p}$.

Calculer la sensibilité S de ce capteur en précisant son unité.

C.3.5. Un altimètre est un instrument barométrique. Il indique une altitude, ou une hauteur. Cette distance affichée dans le cockpit est déterminée par une chaîne de mesures dont le premier élément est le capteur. Le **document C3** représente l'évolution de l'altitude en fonction de la pression.

C.3.5.a. Les avions volent à des altitudes comprises entre 0 et 12000 m (altitude de croisière). À l'aide des **documents C2 et C3**, indiquer sur le **document-réponse DR2** le domaine utilisable de la grandeur de sortie du capteur. (La valeur des limites est à préciser).

C.3.5.b. Justifier le choix du capteur « 26PCC » comme altimètre.

Annexe de la partie C

La relation mathématique reliant la vitesse à la variation de pression est donnée par :

$$v^2 = \frac{2(P_T - P_S)}{\rho} \quad \text{avec :}$$

v vitesse de l'avion
 P_T pression totale
 P_S pression statique
 ρ masse volumique de l'air en kg.m^{-3}

} unités du système international

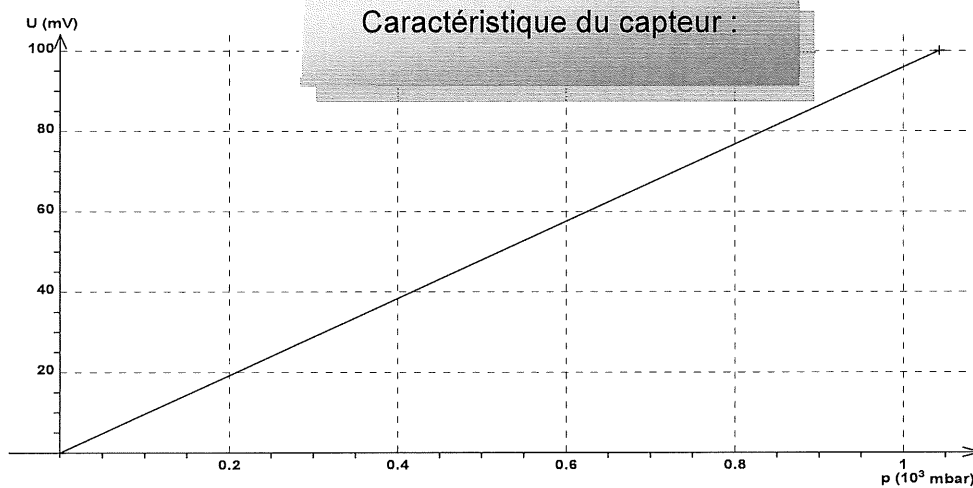
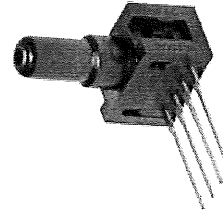
Variation de la masse volumique de l'air en fonction de l'altitude

Altitude (en km)	0	0,10	0,50	1,00	1,50	1,80	2,00	2,50	3,00	3,60	4,00
Masse volumique ρ de l'air (en kg.m^{-3})	1,225	1,213	1,167	1,112	1,057	1,027	1,017	0,957	0,909	0,846	0,819

Altitude (en km)	4,50	5,00	5,40	6,00	6,50	7,00	8,00	9,00	10,0	11,0	12,0
Masse volumique ρ de l'air (en kg.m^{-3})	0,770	0,736	0,705	0,660	0,624	0,590	0,526	0,467	0,414	0,365	0,312

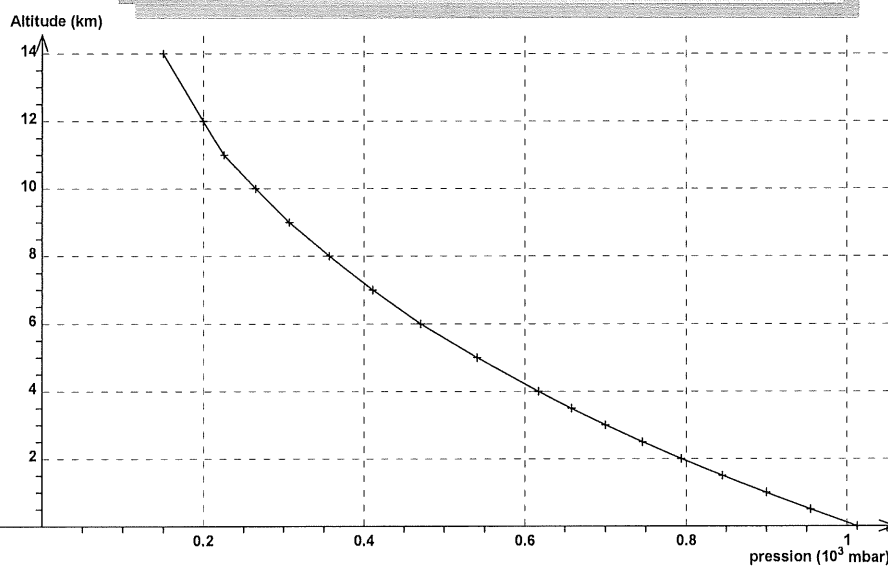
Capteur de pression 26 PCC de Honeywell

Entrée : 0 - 1043 mbar
 Température d'utilisation : - 40°C , 85°C
 Temps de réaction : 1 ms
 Volume : 2,18 cm³
 Sortie : 0 ; 100 mV
 Sensibilité S : ?
 Modèle : pression relative (par rapport au vide)
 Raccord tuyau : $\Phi = 6,35$ mm



Document C2

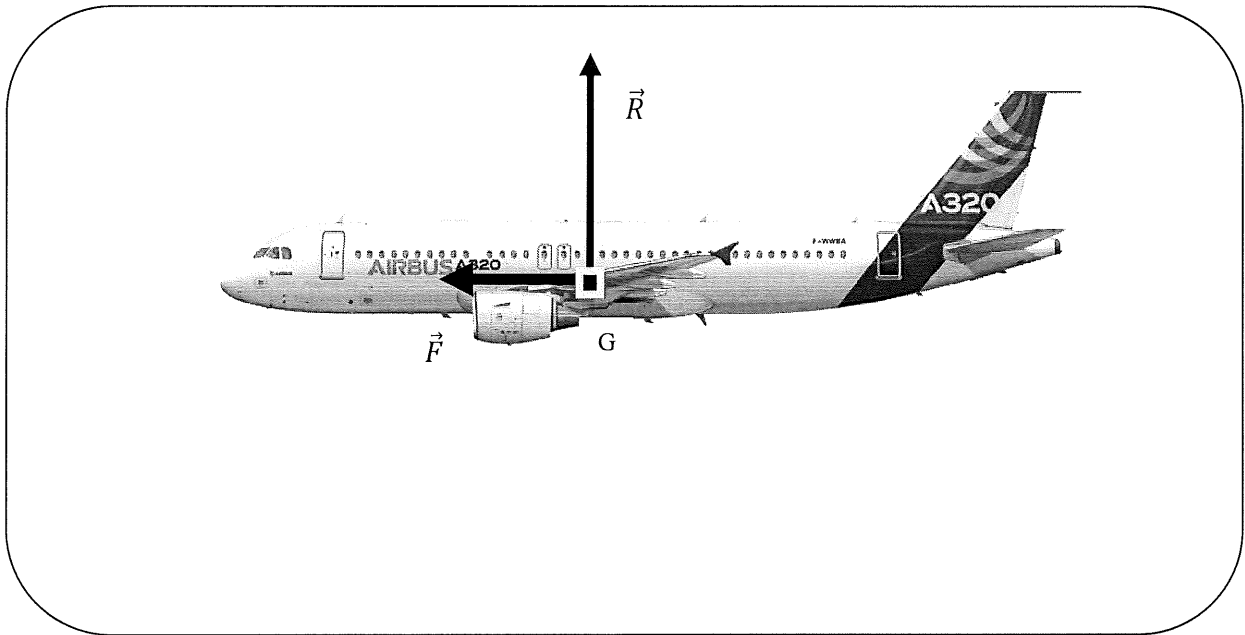
Variation de l'altitude en fonction de la pression



Document C3

DOCUMENTS-RÉPONSES - À RENDRE AVEC LA COPIE

DR 1 - Bilan des forces (les échelles de représentation horizontale et verticale sont différentes)



DR 2 - Capteur

