

# CONCOURS «SCIENCE EN PLEIN VOL»

Session 2016

## L'aventure PERLAN 2

Nom de l'élève : .....
Prénom: .....
Classe : .....
Etablissement : .....

- L'épreuve dure **2 heures** et comporte deux parties obligatoires : un **QCM** (questionnaire à choix multiple) et une **rédaction** . Il est conseillé de répartir son temps comme suit ...

- **QCM : 1h 10 min**

- **Rédaction : 50 min**

- Pour répondre au QCM une seule lettre est à inscrire (a, b, c ou d) dans la case Réponse .

- Une calculatrice non programmable et non alphanumérique est autorisée.

## Perlan 2, le planeur d'Airbus qui veut étudier la stratosphère *(Article de Futura Sciences 28-09-2015)*

Sans moteur ni ballon, peut-on monter à 27 km d'altitude ? Oui, affirme Airbus qui soutient depuis des années le projet Perlan: un planeur qui grimperait dans la stratosphère grâce aux puissants courants ascendants au-dessus de la cordillère des Andes. L'appareil vient d'être testé en vol. Les objectifs se veulent scientifiques.



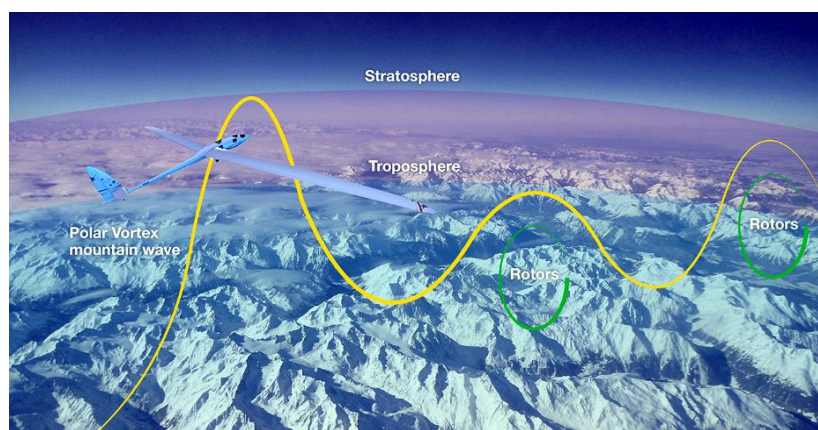
Ce 23 septembre 2015, un avion monomoteur à hélice, un Piper Pawnee, bien connu dans l'épandage agricole (et héros du film d'animation Planes), a largué un grand planeur dans le ciel de l'Oregon, aux États-Unis, à 1500 m au-dessus de l'aéroport de Redmond (siège de Microsoft, mais cela n'a rien à voir). La scène pourrait être banale mais ce planeur-là, pressurisé, est conçu pour battre le record du monde d'altitude de sa catégorie et grimper en 2016 à 90 000 pieds, comme on dit dans l'aéronautique, soit 27 km. À cette altitude, la pression de l'air est d'un peu plus d'un centième de ce qu'elle est au sol et la température se situe autour de -50 °C. Le planeur volerait alors plus haut que ne le faisaient les avions espions SR-71 et U-2. Dans cet air raréfié, le planeur devra atteindre des vitesses très élevées de près de 650 km/h.

Le projet Perlan, initié par Steve Fossett (aventurier et homme d'affaires) et Einar Enevoldson (pilote d'essai de la Nasa), consiste à aller visiter cette région en planeur, une gageure car les mouvements ascendants, ceux que cherchent les pilotes de ces engins (et les oiseaux qui aiment planer) sont très faibles dans la stratosphère où l'air plus froid en bas, est stable. Mais il y a les montagnes qui soulèvent le vent, générant en aval des ondes orographiques, utilisées par les planeurs (c'est le vol d'onde).

### **Record actuel pour un planeur : 15.460 m lors de l'opération Perlan I**

Dans les régions polaires, ces vents rencontrent les courants circulaires des vortex polaires (un système cyclonique), tournant autour des pôles, faisant apparaître des ascendances qui grimpent dans la stratosphère.

Le site du projet Perlan rappelle que la météorologiste Elizabeth Austin (qui fait partie de l'équipe) avait conclu en 1998 que ces vents verticaux doivent grimper jusqu'à 39 km du sol. Ce sont ces ascenseurs que vise le projet Perlan. Dans le domaine de l'aéronautique, ce serait l'exploration d'un domaine de vol nouveau, dans lequel se sont hasardés bien peu d'appareils. Ce serait aussi le moyen d'étudier des régions de l'atmosphère peu fréquentées, par exemple là où se forme le « trou d'ozone » dans les régions polaires.



# 1<sup>ère</sup> partie: QCM

## Les études préalables

**Le préparation du projet Perlan a exigé des études rigoureuses dans les domaine des sciences physiques chimiques et technologiques pour toutes les phases de vol.**

### Avant les vols: Les activités de maintenance

Au regard de l'altitude envisagée, un apport en oxygène sera indispensable.

Pour cela, le programme d'entretien de l'aéronef devra être mise à jour. Le pilote devra effectuer une demande d'approbation du programme d'entretien au G-NAV<sup>1</sup> puis un essai de fonctionnement sera nécessaire avant le décollage.

#### 1. Lors des opérations de maintenance quel est le risque lié à l'oxygène ?

a) Il s'enflamme au contact d'un corps gras, b) Il corrode la structure du planeur, c) Il colore l'aluminium, d) Il explose au contact de l'air .	Réponse →  /1	<b>a</b>
--	---------------------	----------

Le moignon en composite qui relie les deux demi-ailes à la structure doit être vérifié. Le risque étant le délaminage qui peut provoquer la rupture pendant le vol...

#### 2. Quels sont les signes de délaminage sur une structure en composite ?

a) fissure apparente (crique), b) résonance anormale suite à un « taping » , c) apparition de traces noires sur la zone sollicitée, d) déformation permanente de la structure.	Réponse →  /1	<b>b</b>
---	---------------------	----------

<sup>1</sup> Groupement pour la Navigabilité des Aéronefs du Vol à Voile

## Le décollage du PERLAN2

Un avion remorqueur emportera le planeur en altitude en le tractant à l'aide d'un câble avec une force de traction  $F_{\text{tractage}}$ . Le planeur de poids  $P_{\text{planeur}}$  subit une force de traînée aérodynamique  $F_{\text{traînée}}$ .

### 3. Pour que l'ensemble s'élève il faut que:

a) $F_{\text{tractage}} < F_{\text{traînée}}$	Réponse → /1	<b>C</b>
b) $F_{\text{tractage}} = P_{\text{planeur}}$		
c) $F_{\text{tractage}} > F_{\text{traînée}}$		
d) $F_{\text{tractage}} > P_{\text{planeur}}$		

On assimile le planeur "Perlan 2" à un mobile afin d'étudier sa cinématique lors de son mouvement rectiligne uniformément accéléré (MRUA) au roulage et au décollage.

Conditions de départ :

- Le planeur est à l'arrêt, sa vitesse initiale est nulle.

Conditions au moment du décollage

- $V = 160 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .
- La longueur de décollage est de 250 m.

### 4. L'accélération du planeur est :

a) $4,95 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$	Réponse → /1	<b>b</b>
b) $3,95 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$		
c) $6,95 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$		
d) $5,95 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$		

Le planeur est tracté à l'aide d'un câble. La force de tractage  $F$  est estimée à  $F_{\text{maxi}} = 300 \text{ N}$

Sachant qu'il est soumis à une sollicitation de traction, quel doit être le diamètre minimum du câble pour qu'il résiste en toute sécurité ?

On donne les relations suivantes :

- $\sigma = \frac{F}{S}$
- $\sigma \leq \frac{Re}{s'}$

$S$  est la section du câble (rond plein)

$s'$  est le coefficient de sécurité  $s' = 10$

$\sigma$  est la contrainte de traction en MPa

$Re$  : Résistance élastique du matériau  $Re_{\text{mini}} = 203 \text{ MPa}$

5. Le diamètre minimum du câble est :

a) 2 mm b) 3 mm c) 4 mm d) 5 mm	Réponse → /1	d
--	-----------------	---

6. Pour amener un planeur à l'altitude nécessaire on peut envisager diverses solutions mais l'une d'entre elles n'est jamais envisagée, laquelle:

a) câble relié à un treuil arrimé au sol, b) remorquage par un ULM, c) propulsion avec lanceur pyrotechnique, d) utilisation d'un moteur auxiliaire.	Réponse → /1	C
---	-----------------	---

### Pendant le vol

La finesse d'un planeur exprime la distance parcourue par rapport à l'altitude perdue en air calme ex: un planeur ayant une finesse de 30 perdra 100 m d'altitude pour 3 km parcourus.

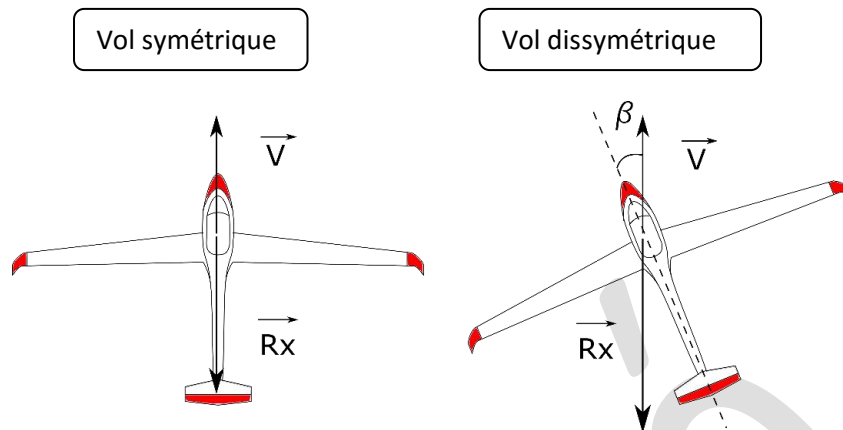
En pivotant sur l'axe de tangage, le planeur modifie l'incidence qui est l'angle entre la corde de l'aile et la direction des filets d'air. Le vélivole (pilote de planeur) cherche toujours à voler à la finesse optimale afin de parcourir la plus distance possible. Il adapte donc en permanence cette incidence.

7. Parmi les propositions suivantes, laquelle permet le plus long vol plané ?

a) vol à incidence maxi, b) vol à incidence de finesse maxi, c) vol à incidence de finesse mini, d) vol à incidence de taux de chute mini.	Réponse → /1	b
---	-----------------	---

8. Depuis les 80 dernières années la finesse maximale a fortement évoluée, si dans les années 1930 elle était de 20 environ elle peut pour les meilleures machines, atteindre :

a) 30 b) 70 c) 200 d) 320	Réponse → /1	b
------------------------------------	-----------------	---



9. Le pilote devra veiller à garder un vol symétrique car en cas de dissymétrie, les paramètres de vol seront dégradés. On observe alors que:

<ul style="list-style-type: none"> <li>a) la portance augmente et la traînée diminue,</li> <li>b) la portance augmente et la traînée augmente,</li> <li>c) la traînée diminue et la finesse diminue,</li> <li>d) la traînée augmente et la finesse diminue.</li> </ul>	Réponse → /1	<span style="font-size: 2em; color: red;">d</span>
--	-----------------	--

10. Certains nuages sont favorables à la pratique du vol à voile car ils procurent de bonnes ascendances thermiques. Il s'agit des :

<ul style="list-style-type: none"> <li>a) stratus,</li> <li>b) cumulus,</li> <li>c) cirrus,</li> <li>d) cumulonimbus.</li> </ul>	Réponse → /1	<span style="font-size: 2em; color: red;">b</span>
--	-----------------	--

11. En revanche, certains nuages fréquents par temps d'orage sont à éviter impérativement en raison des risques importants qu'ils feraient subir à l'aéronef. Ce sont les:

<ul style="list-style-type: none"> <li>a) nimbostratus,</li> <li>b) cirrostratus,</li> <li>c) cumulonimbus,</li> <li>d) stratocumulus.</li> </ul>	Réponse → /1	<span style="font-size: 2em; color: red;">c</span>
---	-----------------	--

12. Un instrument de vol très connu des vélivoles (pilotes de planeurs) s'appelle le "calculateur Mac-Cready". Il permet de déterminer:

<ul style="list-style-type: none"> <li>a) la vitesse idéale pour franchir la plus grande distance (meilleure finesse en vol),</li> <li>b) l'inclinaison permettant de spiraler efficacement dans les ascendances,</li> <li>c) l'instant où il faut sortir les aérofreins pour atterrir,</li> <li>d) la durée du parcours prévu.</li> </ul>	Réponse → /1	a
--	-----------------	---

13. A très haute altitude le risque de croiser la trajectoire d'un autre aéronef est infime mais durant la montée ou la descente, le planeur Perlan2 devra céder la priorité s'il risque d'aborder :

<ul style="list-style-type: none"> <li>a) une montgolfière,</li> <li>b) un ULM,</li> <li>c) un avion de tourisme,</li> <li>d) un avion de ligne.</li> </ul>	Réponse → /1	a
---	-----------------	---

14. S'il se trouve face à un autre aéronef venant droit vers lui il devra obliquer :

<ul style="list-style-type: none"> <li>a) en bas,</li> <li>b) en haut,</li> <li>c) à droite,</li> <li>d) à gauche.</li> </ul>	Réponse → /1	C
---	-----------------	---

**Quelques données :**

$g_{\text{Terre}} = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$  au niveau de la mer

Constante de Planck  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

Célérité  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$

Conversion joule/électronvolt :  $1 \text{ ev} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Rayon terrestre  $6,37 \cdot 10^3 \text{ km}$

$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

15. Le Perlan 2 aura une masse d'environ 800 kg et devra atteindre l'altitude 27 km. À cette altitude, il pèsera environ :

<ul style="list-style-type: none"> <li>a) 0</li> <li>b) 81,5 N</li> <li>c) 280 N</li> <li>d) 7848 N</li> </ul>	Réponse → /1	C
--	-----------------	---

16. C'est dans la stratosphère que se forme l'ozone qui protège la Terre des rayonnements ultraviolets. L'ozone a pour formule chimique:

a) O*	Réponse → /1	C
b) O <sub>2</sub>		
c) O <sub>3</sub>		
d) O <sub>4</sub>		

17. Les ultraviolets sont responsables du bronzage de la peau mais aussi des coups de soleil, de l'accélération du vieillissement de la peau, des cancers cutanés, de maladies de l'œil etc ... Ce sont des ondes électromagnétiques invisibles à l'œil nu transportant une énergie d'au moins:

a) 3 meV	Réponse → /1	b
b) 3 eV		
c) 3 keV		
d) 3 MeV		

18. Les rayonnements UV se trouvent en longueur d'onde:

a) entre le rayonnement gamma et le rayonnement X,	Réponse → /1	d
b) entre le rayonnement visible et le rayonnement infrarouge,		
c) après les micro-ondes,		
d) entre le rayonnement visible et le rayonnement X.		

19. Avec l'altitude l'air se raréfie, au-delà de 9000 m, pour une cabine non pressurisée, il est nécessaire de porter un masque à oxygène. Une concentration inférieure à 13% de dioxygène entraîne la mort. Le manque d'oxygène s'appelle:

a) la boulimie,	Réponse → /1	C
b) l'anorexie,		
c) l'hypoxie,		
d) la poulorie.		



20. La pression atmosphérique diminue avec l'altitude, ainsi pour une pression de référence de 1000 hPa au niveau du sol, il n'y aurait plus que 500 hPa de pression à l'altitude 5000 m. La capacité pulmonaire est de 5 L environ. A température identique, pour inspirer la même quantité d'air à l'altitude 5000 m il faudrait inspirer :

<ul style="list-style-type: none"> <li>a) 0,5 L d'air,</li> <li>b) 5 L d'air,</li> <li>c) 7,5 L d'air,</li> <li>d) 10 L d'air.</li> </ul>	Réponse → /1	<b>d</b>
---	-----------------	----------

21. Pour répondre à la question précédente, on utilise la loi de :

<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Mariotte-Boyle,</li> <li>b) Joliot-Curie,</li> <li>c) Avogadro-Ampère,</li> <li>d) Simon-Garfunkel.</li> </ul>	Réponse → /1	<b>a</b>
--	-----------------	----------

22. Dans une cabine pressurisée, on maintient une pression barométrique équivalente à l'altitude 24000 m soit une baisse d'environ 25% de la pression barométrique par rapport au niveau de la mer. Afin d'éviter tout risque de maladie de décompression sur un vol long courrier, il est conseillé de respecter un délai de 24 h après la pratique ...

<ul style="list-style-type: none"> <li>a) de la plongée sous marine,</li> <li>b) du parachutisme,</li> <li>c) de la randonnée en montagne,</li> <li>d) du ski alpin.</li> </ul>	Réponse → /1	<b>a</b>
---	-----------------	----------

23. En cas de différence de pression,  $\Delta p$ , entre l'intérieur et l'extérieur, les surfaces  $S$ , sont soumises à une force  $F$  pressante telle que:

<ul style="list-style-type: none"> <li>a) <math>F = \Delta p * S</math></li> <li>b) <math>F = \Delta p / S</math></li> <li>c) <math>F = S / \Delta p</math></li> <li>d) <math>F = \Delta p * S * \Delta \theta</math> (avec <math>\Delta \theta</math> : différence de température entre l'intérieur et l'extérieur)</li> </ul>	Réponse → /1	<b>a</b>
---	-----------------	----------

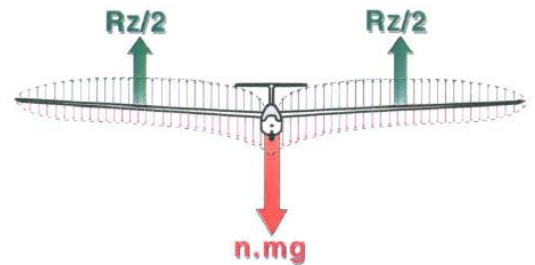
24. Pour un aéronef dont la cabine est pressurisée à 0,8 bars volant à l'altitude 20000 m où la pression n'est que de 5500 Pa, la force qui s'exerce sur un hublot de 40 cm x 40 cm est d'environ:

a) 120 MN, b) 12 kN, c) 50 N, d) 470 kN.	Réponse →  /1	<span style="font-size: 2em; color: red;">b</span>
---	---------------------	--

### Etude des efforts appliqués sur la voilure

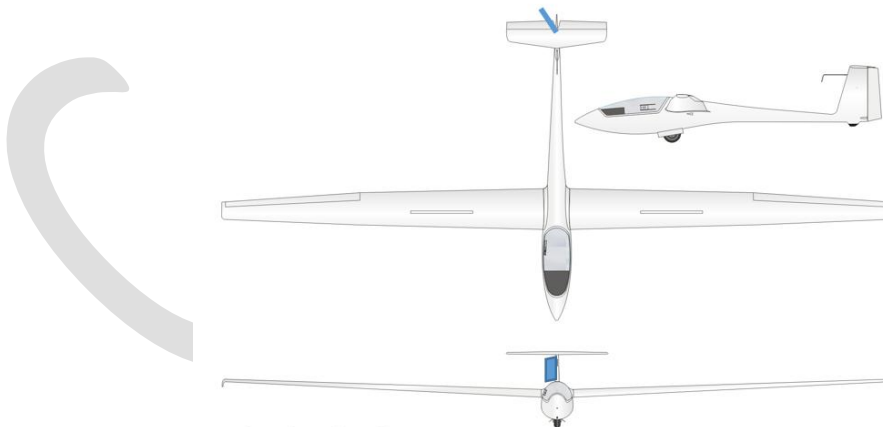
Les efforts appliqués sur la voilure sont causés par :

- le poids du fuselage et de son chargement qui est concentré entre les deux ailes,
- le poids des ailes réparti le long de l'envergure,
- les forces de portance qui admettent deux demi-résultantes proches du centre de chaque aile.



25. Ces forces se traduisent sur la structure de l'aile par des :

a) contraintes de torsion, b) contraintes de flexion et cisaillement, c) contraintes de compression pure, d) contraintes de traction.	Réponse →  /1	<span style="font-size: 2em; color: red;">b</span>
--	---------------------	--



Lors du vol, le pilote est amené à effectuer un braquage de la gouverne de direction.

Lorsque la gouverne est braquée, le fuselage subit des contraintes :

- une contrainte due aux forces aérodynamiques liées au braquage,
- une contrainte due à l'éloignement du point d'application de la force aérodynamique par rapport à l'axe du fuselage.

Ces contraintes peuvent engendrer le phénomène de "flutter", couple aéro-élastique pouvant conduire à la rupture brutale de la voilure (rapport du BEA sur l'accident mortel de Monistrol d'Allier le 1<sup>er</sup> août 2010).

26. Il s'agit principalement de contraintes de :

<ul style="list-style-type: none"> <li>a) compression pure,</li> <li>b) flexion et torsion,</li> <li>c) traction et compression,</li> <li>d) dilatation.</li> </ul>	Réponse →  /1	<span style="font-size: 2em; color: red;">b</span>
---	---------------------	--

### A l'atterrissage

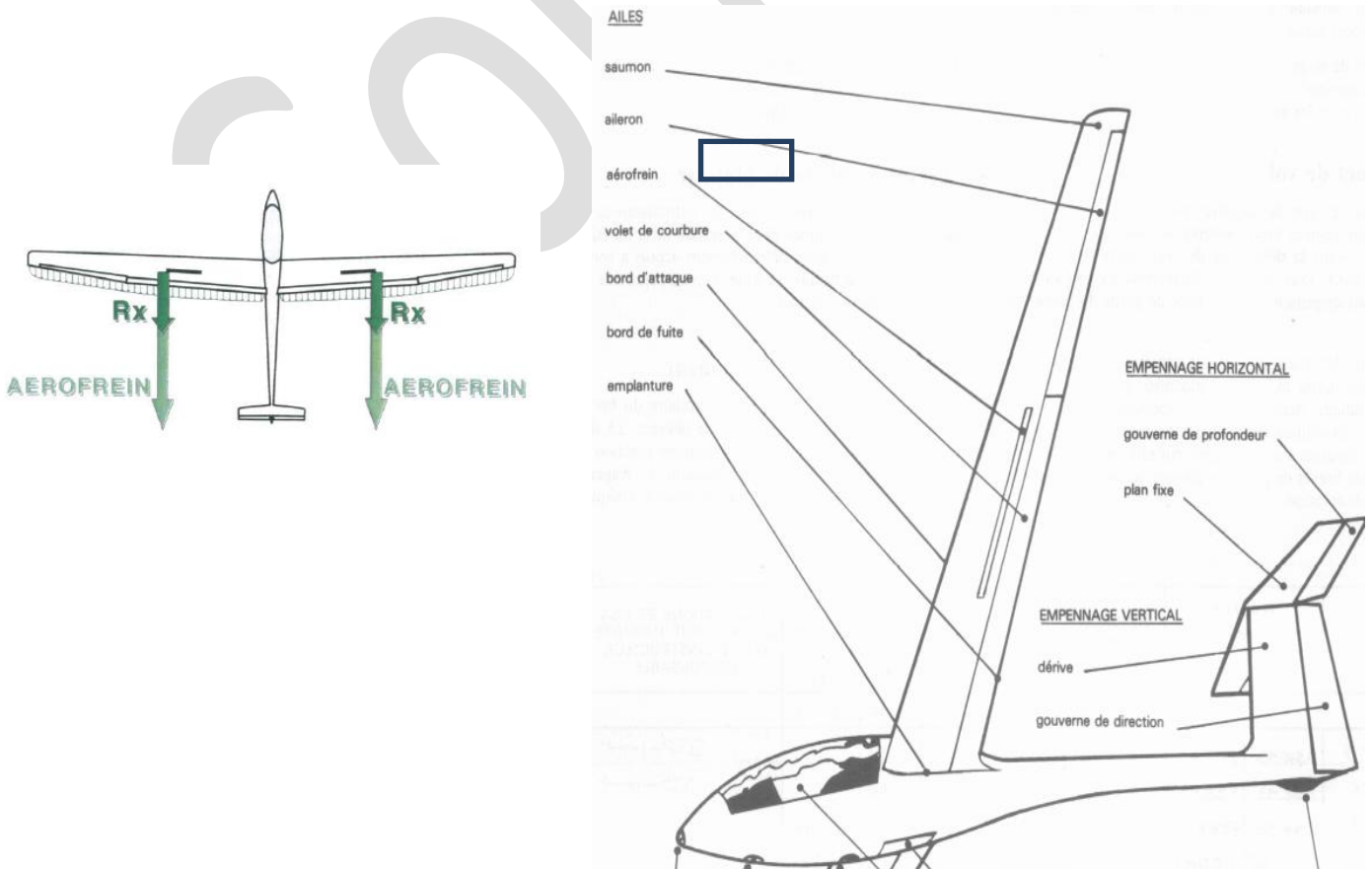
Au total l'aéronef pèse en vol 816 kg, pilote compris. Au moment du touché, la vitesse atteinte est estimée à  $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Le planeur poursuit son mouvement de translation jusqu'à l'arrêt. Les aérofreins et les freins de moyeux permettent de ralentir l'aéronef et ainsi vaincre l'énergie cinétique.



27. La valeur de l'énergie cinétique est égale à :

<ul style="list-style-type: none"> <li>a) 3705 kW</li> <li>b) 3705 kJ</li> <li>c) 255 kN</li> <li>d) 255 kJ</li> </ul>	Réponse →  /1	<span style="font-size: 2em; color: red;">d</span>
--	---------------------	--

On souhaite comparer la force de traînée en croisière puis en configuration atterrissage:



## Configuration "croisière"

En vol de croisière (configuration lisse) la force de traînée est faible puisque les planeurs récents ont une grande finesse.

Données :

- $V = 90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ )
- masse volumique de l'air à  $20^\circ\text{C}$  :  $\rho = 1,225 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- La surface alaire  $S = 16.4 \text{ m}^2$

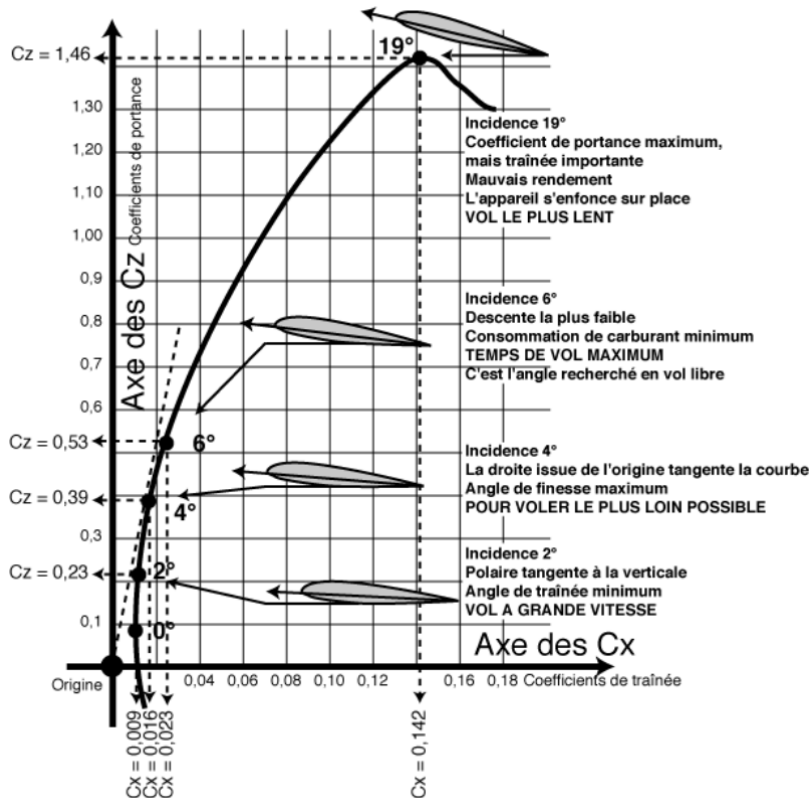


Fig 1: Polaire du planeur

28. A l'aide de l'abaque fig 1 et pour un angle d'incidence de  $2^\circ$ , déterminer  $C_x$ .

<p>a) <math>C_x = 0,23</math>  b) <math>C_x = 0,142</math>  c) <math>C_x = 0,009</math>  d) <math>C_x = 0,016</math></p>	<p>Réponse →  /1</p>	<p><b>C</b></p>
--	--------------------------	-----------------

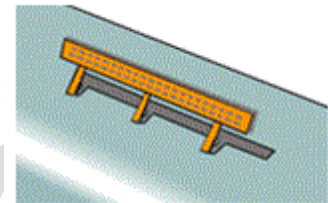
29. Calculer la force de traînée du planeur:

a) $R_x = 1301,8 \text{ N}$ b) $R_x = 732 \text{ N}$ c) $R_x = 100,4 \text{ N}$ d) $R_x = 56,5 \text{ N}$	Réponse →  /1	<b>d</b>
--	---------------------	----------

**Configuration "atterrissage"**

Afin d'atterrir au point d'aboutissement visé le pilote doit perdre de l'altitude en diminuant la finesse du planeur. Pour cela il sort les AF (aérofreins).

À cet instant, on estime à  $400 \text{ Pa}$  la pression cinétique de l'air sur les AF dont la surface totale vaut  $S = 1,7 \text{ m}^2$



© L'avionnaire

Aérofrein sorti

30. Calculer la force de freinage agissant sur les aérofreins:

a) $F_{AF} = 272 \text{ kN}$ b) $F_{AF} = 1156 \text{ N}$ c) $F_{AF} = 680 \text{ N}$ d) $F_{AF} = 235 \text{ N}$	Réponse →  /1	<b>C</b>
--	---------------------	----------

## Passé et prospective

### Le retour des planeurs

#### Plus haut, plus loin, plus vite ...

La cordillère des Andes est devenue le terrain de jeu favori des meilleurs pilotes de planeur mondiaux, ceux qui cherchent à aller toujours plus loin, plus haut et plus vite. Le 29 août 2006 l'altitude 15447 m a été atteinte : premier vol stratosphérique de l'histoire en planeur.

31. Décédé dans un accident d'avion l'année suivante, le pilote était titulaire de nombreux records mondiaux. Il s'agit de :

a) Steve Fossett b) Franck Borman c) Jenna Yeager d) Bertrand Piccard	Réponse →  /1	<b>a</b>
--	---------------------	----------

#### Beaucoup plus vite ...

La Darpa (*Defense Advanced Research Projects Agency*) vise la vitesse de Mach20+ avec un planeur hypersonique.

Rappel : La vitesse du son (mach1) dépend de la température  $t$  et de la densité de l'air. À l'altitude 100 km la densité de l'air est très faible. Dans le contexte du test on considérera que la vitesse du son en m/s équivaut à  $389 \times \sqrt{t}$   $t$  en ( $^{\circ}K$ )

32. En 2011 la tentative de la Darpa a échoué à cause de l'échauffement extrême de la cellule de l'engin. Un nouveau test est prévu en 2017... L'échauffement réel d'un véhicule atmosphérique est déterminé principalement par tous les facteurs suivants sauf un : lequel ?

a) la densité de l'air b) la valeur de g c) la vitesse dans l'air d) les propriétés calorifuges du revêtement	Réponse →  /1	<b>b</b>
--	---------------------	----------

## A la recherche du vol perpétuel

Le dirigeable autonome Stratobus développé par Thales Alenia Space doit évoluer juste au-dessus du trafic aérien, à l'altitude 20 km. Cet engin, à mi-chemin entre le drone et le satellite sera capable d'effectuer des missions d'observation et de télécommunication durant 5 ans d'affilée. Le premier prototype devrait voir le jour d'ici 2020.

33. À cette altitude il évoluera dans :

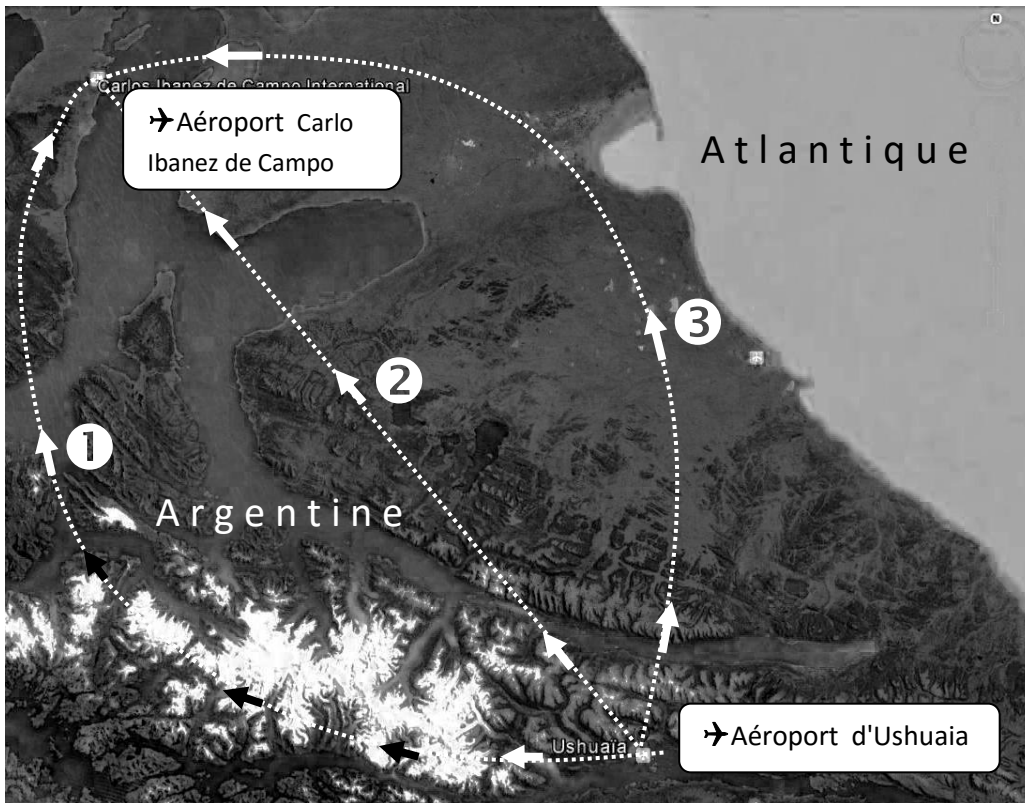
a) la mésosphère, b) la stratosphère, c) la thermosphère, d) la troposphère.	Réponse →  /1	<b>b</b>
---	---------------------	----------

Airbus Defence & Space vient d'annoncer le lancement du programme du drone à très haute altitude Zephyr. L'appareil a effectué un vol de 14 jours consécutifs à l'altitude 21,5 km mais il ne détient pas le record de vol sans ravitaillement.

34. Toutes catégories confondues quel aéronef détient actuellement le record absolu de durée d'autonomie en vol ?

a) l'avion bimoteur <i>Voyager</i> en 1986, b) le ballon <i>Orbiter</i> en 1999, c) le drone <i>Zéphir 7</i> en 2010, d) l'avion électrique <i>Solar Impulse</i> en 2015.	Réponse →  /1	<b>b</b>
--	---------------------	----------

## 2<sup>ème</sup> partie: Rédaction (cette feuille est à compléter)



L'équipe de Perlan 2 envisage en juillet 2016 une tentative de record d'altitude avec un vol au dessus de l' Argentine. On imagine qu'un trajet de 400 à 500 km est prévu entre les aéroports d'Ushuaïa et de Carlo Ibanez de Campo.

**En qualité de journaliste scientifique vous êtes chargé(e) d'écrire un article de 20 à 30 lignes décrivant cette tentative en reprenant les informations utiles de l'article précédent de Futura Sciences.** La photo-satellite ci-dessus illustrera votre article. Repassez en trait fort la route qui vous semble la meilleure pour battre un record d'altitude: route 1 (Montagnes et plaines) , route 2 (plaines et étendues d'eau) ou route 3 (plaines) (la ❶ pour survoler au maximum les sommets générateurs d'ondes orographiques) puis rédigez l'article en une trentaine de lignes maximum. Vous pouvez évoquer entre autres l'objectif principal du projet Perlan ainsi que :

- les préparatifs , l'équipement obligatoire des pilotes compte tenu des conditions de vol (>3800m => oxygène)
- les raisons du choix de la route suivie,
- par quel moyen le planeur pourra décoller puis se maintenir en l'air ,(décollage remorqué puis gains d'altitude avec les ondes de ressaut et les vents verticaux)
- le choix et le nom des régions survolées pour la tentative de record , (Cordillère des Andes chaîne de 7000 km qui culmine à 7000 m)
- le choix de cette période de l'année (juillet), (Hiver austral: grands vents + fréquents)
- le choix de la trajectoire (pourquoi pas les autres) et le déroulement prévisible du vol (survoler le max de sommets puis optimiser le gain en altitude)
- pourquoi le planeur doit-il voler très vite dans l'air raréfié ? (pour conserver la portance on compense la faible densité air par un accroissement de la vitesse)
- Les indications des instruments de bord, 90 000 ft, 650 km·h<sup>-1</sup>, -5 °C, vario très positif
- Les informations scientifiques recueillies,
- ..... etc.

Cet article s'adressant à un jeune public vous vous efforcerez de le rendre vivant en imaginant pour finir, une issue possible à ce vol.



