

Nom du lycée
 Classe de.....
 Nom
 Prénom.....

LA SCIENCE EN PLEIN VOL - CORRIGE

« Les Hydravions à travers les âges »

- Toutes les questions sont indépendantes les unes des autres sauf dans la dernière partie du Q.C.M.
- Une calculatrice non programmable et non alphanumérique est autorisée.
- Pour répondre aux questions il suffit de recopier la lettre de la réponse de votre choix (a, b, c ou d) dans la case réponse.
- Les questions de 1 à 30 seront cotées 1 point. Celles de 31 à 40 seront cotées 2 points.
- Une première sélection sera opérée sur la partie Q.C.M. La partie « composition française » s'ajoutera ensuite pour le résultat final.

Un peu d'histoire :

1) Henry Fabre décolle pour la première fois depuis une étendue d'eau, il ouvre une nouvelle ère, celle des hydravions, cet exploit a eu lieu en :

- a- 1903 b- **1910**
 c- 1927 d- 1946

Réponse: b	/1
-------------------	----

2) Le succès du décollage de l'hydroaéroplane d'Henry Fabre est dû, en partie, à une invention d'Henry Fabre lui-même, il s'agit de :

- a- L'hélice b- le moteur
 c- le gyro compas d- **les flotteurs**

Réponse: d	/1
-------------------	----

3) Après ses premiers essais réussis, Henry Fabre continua sur sa lancée et fabriqua des flotteurs pour un autre célèbre pilote et constructeur français :

- a- **Gabriel Voisin** b- Manfred Von Richtofen
 c- Pierre Closterman d- Charles Lindberg

Réponse: a	/1
-------------------	----

4) De 1913 à 1931, les aviateurs vont se battre à travers des courses de vitesse réservées aux hydravions, il s'agissait de :

- a- le trophée Bendix b- Les Red Bull Air races
 c- La coupe Gordon Bennet d- **La coupe Schneider**

Réponse: d	/1
-------------------	----

5) L'essor de l'hydravion allait ouvrir de nouvelles perspectives pour le transport de passagers à travers le monde, la compagnie américaine PanAm utilisa un des plus célèbres hydravions, lequel :

- a- Boeing-29 b- Douglas DC-3
 c- **Boeing 314 Clipper** d- Super Constellation

Réponse: c	/1
-------------------	----

16) Après le passage d'une perturbation, il est fréquent que le ciel se remplisse de petits nuages épars et pommelés. On les appelle des :

- a- **cumulus** b- nimbostratus c- cirrus d- altostratus Réponse: **a** /1

17) Si sur une étendue d'eau, il est facile de se mettre face au vent pour décoller, encore faut-il encore pouvoir estimer la vitesse du vent, une écume blanche derrière la crête des vagues indique un vent supérieur à :

- a- 5 km/h b- 10 km/h
c- **25 km/h** d- 50 km/h Réponse: **c** /1

Un peu de technique :

18) La présence de flotteurs peut perturber le comportement de l'hydravion sur un axe bien particulier, les constructeurs rajoutent souvent des sous dérives au niveau des empennages, l'axe perturbé est :

- a- **axe de lacet** b- axe de roulis
c- axe de tangage d- axe de symétrie Réponse: **a** /1

19) La houle à la surface de l'eau peut embêter l'amerrissage, il est conseillé de se poser :

- a- perpendiculairement à la houle b- **parallèlement à la houle**
c- à 45° par rapport à la houle d- toujours vent de face Réponse: **b** /1

20) L'hydravion d'Henry Fabre avait la particularité d'avoir son empennage horizontal en avant de l'aile, cette formule aérodynamique se nomme :

- a- oie b- **canard**
c- poulet d- coq Réponse: **b** /1

21) Au sein de la sécurité civile, le Canadair CL-215 a été remplacé par le Canadair CL-415, la modification principale porte sur la nouvelle motorisation, le modèle CL415 est équipé de :

- a- 2 réacteurs b- 2 statoréacteurs
c- **2 turbopropulseurs** d- 2 moteurs à piston Réponse: **c** /1

22) Les avions qui peuvent décoller et se poser à la fois sur l'eau et sur la terre sont appelés :

- a- hydravion b- **amphibie**
c- polyvalent d- bon à tout Réponse: **b** /1

23) Lors du décollage, l'hydravion évolue sur l'eau tout en étant en équilibre sur son redan, cette phase du décollage se nomme :

- a- nage b- brasse c- **hydroplanage** d- surfing Réponse: **c** /1

24) L'hydravion géant Hercules d'Howard Hughes était équipé de

- a- 4 moteurs b- **8 moteurs**
c- 2 moteurs d- 6 moteurs Réponse: **b** /1

25) Le Catalina fut utilisé durant la seconde guerre mondiale pour la lutte anti sous marine, il disposait de :

- a- **une très grande autonomie** b- deux canon de 88 mm
c- une cabine pressurisée d- deux ailes superposées Réponse: **a** /1

26) En 1931, les britanniques remportèrent et conservèrent définitivement la coupe Schneider avec l'hydravion Supermarine S6 dessiné par Reginald Mitchell, cet ingénieur fut le créateur d'un des plus connus chasseurs anglais de la seconde guerre mondiale, il s'agissait du :

- a- Spitfire b- Dewoitine 520
c- Tempest d- Mustang

Réponse: a	/1
------------	----

27) Le bombardier d'eau Canadair CL415 peut embarquer :

- a- 2 tonnes d'eau b- 4 tonnes d'eau
c- 6 tonnes d'eau d- 10 tonnes d'eau

Réponse: c	/1
------------	----

28) Il est important de nettoyer à l'eau douce un hydravion qui s'est posé sur la mer, l'eau de mer peut en effet provoquer :

- a- une corrosion de la cellule b- ramollir la cellule
c- user la peinture d- le sel alourdit l'hydravion

Réponse: a	/1
------------	----

29) Mermoz traversa l'Atlantique Sud en se guidant à l'aide :

- a- d'un GPS b- d'une centrale inertielle
c- d'une carte routière d- d'un sextant et des étoiles

Réponse: d	/1
------------	----

30) L'hydravion géant d'Howard Hughes présentait une envergure supérieure à celle de l'Airbus A380, cette envergure était de :

- a- 67 mètres b- 57 mètres
c- 97 mètres d- 77 mètres

Réponse: c	/1
------------	----

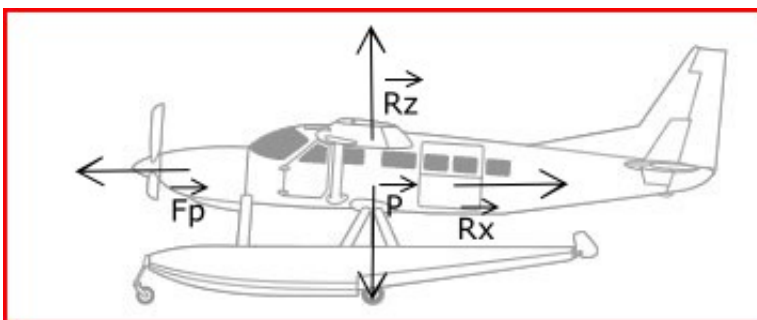
Le vol c'est aussi de la physique :

L'hydravion est un avion un peu particulier car il doit tenir du bateau pour pouvoir amerrir et décoller depuis des lacs ou depuis la mer. Il existe deux types d'hydravions:

- les hydravions à coque, dont le fuselage en forme de coque de bateau assure la flottaison
- les hydravions à flotteurs, dont le train d'atterrissage est remplacé par des flotteurs.

Dans le problème qui suit, nous allons nous intéresser au « CESSNA Caravan Amphibian », hydravion à flotteurs, propulsé par un turbopropulseur, très répandu en Amérique du Nord.

En vol l'hydravion est soumis aux mêmes forces que les autres avions:



- la portance (R_z)
- la traînée (R_x)
- la Force propulsive (F_p)
- le poids ($P=m.g$)

Les mouvements de l'avion résultent de l'influence de ces 4 forces que l'on pourra considérer, pour simplifier le problème, comme appliquées au centre de gravité de l'avion.

On précise que la puissance développée par le turbopropulseur est le produit de la force propulsive par la vitesse de l'avion:

$$P_{propulsion} = F_p \times V_{avion}$$

La portance et la traînée sont décrites par les expressions suivantes:

$$R_z = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_z$$

$$R_x = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_x$$

avec :

- ρ la masse volumique de l'air. Quand la température augmente, ρ diminue. De ce fait l'air « porte moins » quand il fait chaud. La masse volumique de l'air diminue également avec l'altitude. La portance diminue donc avec l'altitude.
- S est une surface de référence sur l'aile. On l'appelle surface alaire. D'une manière générale si on augmente la surface de l'aile, on augmente sa portance.
- v est la vitesse de l'avion dans l'air (vitesse vraie). Si on multiplie par 2 la vitesse, on multiplie par 4 la portance.
- C_z est le **coefficient de portance** de l'aile. Il dépend de la forme du profil et de l'incidence de vol. Le C_z augmente avec l'incidence jusqu'à l'incidence de décrochage. Dépassé cette incidence sa valeur chute.

- **C_x** est le **coefficient de traînée** de l'aile. Il dépend de la forme du profil et de l'incidence de vol. Le C_x augmente continuellement avec l'incidence même après l'incidence de décrochage. Au-delà de cette incidence, la traînée continue à augmenter alors que la portance chute.

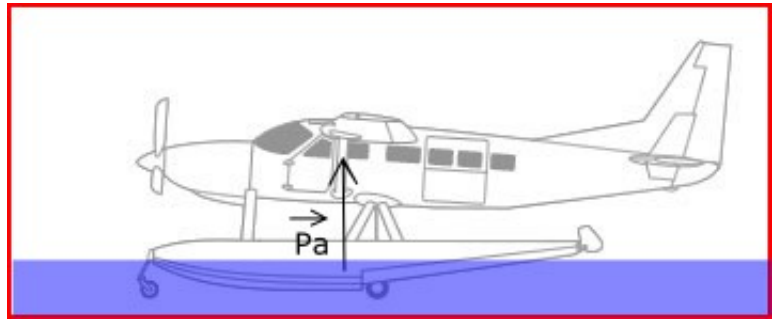
Lorsqu'il est à la surface de l'eau, l'hydravion flotte grâce à la poussée d'Archimède.

Celle-ci crée une force verticale dont l'intensité est égale au poids du volume d'eau déplacé par la partie immergée des flotteurs:

$$\vec{P}_a = -\rho_{\text{eau}} \times V_{\text{flotteurs}} \times \vec{g}$$

avec:

- ρ_{eau} , la masse volumique de l'eau
- $V_{\text{flotteurs}}$, le volume **immergé** des flotteurs
- g , l'intensité de la pesanteur



**Faites bien attention aux unités dans les calculs.
Les résultats proposés peuvent être légèrement arrondis.**

31) Sachant que la masse maximale du Cessna Caravan Amphibian est de 3800kg, que la masse volumique de l'eau est de 1000kg.m⁻³ et que l'intensité de la pesanteur est de 9,8m.s⁻², quel volume minimum faut-il donner aux flotteurs pour que l'avion ne coule pas?

- a- 3,8L b- 380L **c- 3,8m³** d- 0,388m³

Réponse c	/2
------------------	----

32) Nous considérerons que les flotteurs sont des cylindres de 0,35m de rayon et de 10m de longueur. De quelle profondeur les flotteurs sont-ils immergés lorsque l'avion est posé sur un lac à pleine charge?

- a- 0,35m** b- 0,55m c- 0,70m d- 17,5cm

Réponse a	/2
------------------	----

33) Sachant que la vitesse maximale de l'avion est de 306km/h et que la puissance maximale délivrée alors par le turbopropulseur est de 497kW, quelle est la force propulsive obtenue dans ces conditions?

- a- 1620N b- 5850kN c- 1620kN **d- 5850N**

Réponse d	/2
------------------	----

34) A quelles conditions un avion pourra-t-il être en vol rectiligne à vitesse constante et à altitude constante?

- a- $P = F_p$ et $R_z = R_x$ b- $F_p = R_z$ et $P = R_x$
c- $P = R_z$ et $F_p = R_x$ d- $P = F_p = R_z = R_x$

Réponse c	/2
------------------	----

35) L'avion étant à sa masse maximale de 3800kg et volant à 306km/h à une altitude à laquelle la masse volumique de l'air est de 1,2kg.m⁻³, quel est le coefficient de portance, C_z, de l'avion sachant que la surface alaire pour cet avion est donné à S = 19,5m²?

- a- 0,045 **b- 0,44** c- 0,035 d- 0,0035

Réponse: b	/2
-------------------	----

36) Un cessna Caravan classique, sans flotteurs, présente moins de traînée **pour la même puissance maximale**. Sachant que sa traînée à la vitesse maximale est de 5200N dans cette version, quelle est la vitesse maximale qu'il peut atteindre?

- a- 95,6 km/h b- 344m.s⁻¹ **c- 95,6m.s⁻¹** d- 497km/h

Réponse: c	/2
-------------------	----

37) La vitesse de décrochage est la vitesse à partir de laquelle la portance ne compense plus le poids de l'avion. Il ne peut plus voler: il « décroche ». A pleine charge (3800kg) avec une masse volumique de l'air de 1,2kg, la surface alaire étant toujours de 19,5m², quelle est la vitesse de décrochage sachant que le C_z maximum est de 3,24?

a-31,34km/h b- 31,34kt c- 113m.s⁻¹ d- 113km/h

Réponse: d	/2
------------	----

38) La version classique du Caravan pèse 155kg de moins pour le même C_z maximum. Quelle est sa vitesse de décrochage?

a- 30,7m.s⁻¹ b- 30,7km/h c- 111m.s⁻¹ d- 59kt

Réponse: a	/2
------------	----

39) Dans un environnement humide comme l'est l'atmosphère, même si on ne se pose pas sur l'eau, il est important que les avions soient bien protégés contre la corrosion. Pour cela on utilise des alliages constitués essentiellement de:

a- nickel b- aluminium c- Zinc d- Cuivre

Réponse: b	/2
------------	----

40) Si les alliages utilisés en aéronautique étaient à base de fer, ils rouilleraient facilement. La rouille résulte d'une série de réactions faisant intervenir le fer, les ions hydroxyde de l'eau, l'eau et le dioxygène de l'air. La rouille est en fait de l'oxyde de fer III hydraté. Quelle est la bonne écriture pour ce composé?

a- Fe₂O₂,3H₂O b-Fe₃O₃,3H₂O c-Fe₃O₂,3H₂O d- Fe₂O₃,3H₂O

Réponse: d	/2
------------	----

Composition française :***L'écopage, légendes et réalités***

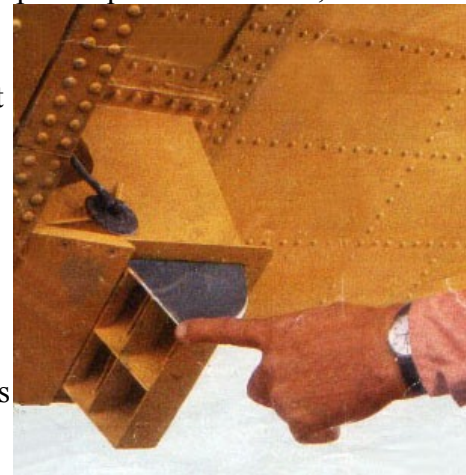
Par Jacques METAIRIE Pompier du Ciel et Pilote de CL-215 CANADAIR .

Extrait de la revue Pélicans Infos N°4 de 1991, pages 18 à 21. .

Le président de l'Amicale des Pompiers du Ciel et le Rédacteur en Chef de "Pélican/Infos", m'ayant courtoisement invité à écrire un papier sur l'écopage, je ne me suis pas senti le cœur de le leur refuser, d'autant qu'une peinture démystifiante me semblait nécessaire, pour, à jamais, espérons-le, détruire les légendes extravagantes qui entourent cette manœuvre qui marque à la fois, le quotidien aéronautique d'un avion amphibie bombardier d'eau et la vie professionnelle de son équipage

" Ecoper " consiste sur le CL 215 Canadair, à remplir à laide de deux petites prises d'eau rétractables dont les dimensions n'excèdent pas 10 x 12 cm, deux soutes d'une contenance unitaire d'environ 3000 litres. Les écopés rétractables sont placées au point le plus bas de la *coque* de l'avion. Chaque écope correspond à une soute, située à l'intérieur du fuselage et positionnée de manière à ce que l'ensemble des deux réservoirs remplis n'altère pas la qualité de l'avion, tant dans

ses qualités d'évolution en vol que dans ses qualités nautiques de manœuvres à flot. Chaque soute est indépendante et les écopés fonctionnent grâce à la pression hydraulique d'un circuit commandé électriquement et directement depuis le poste de pilotage par le mécanicien navigant. Comme on le constate aisément, les dimensions réduites des deux écopés, interdisent l'absorption d'un corps étranger par le Canadair. Après un hydroplanage d'écopage, on n'a jamais retrouvé dans les soutes verticales et sphériques d'un amphibie bombardier d'eau, un plongeur sous-marin, avec masque, palmes et tuba! Tant pis pour la légende et le comique! - Il n'existe pas non plus de tubes plongeant dans l'eau et qui aspireraient à l'aide d'une pompe, le précieux liquide extincteur.



L'écopage peut se définir comme une séquence d'hydroplanage pendant laquelle les écopés sorties assurent le remplissage des soutes du CANADAIR bombardier d'eau. L'Ecopage est une opération délicate qui exige un entraînement long et approprié de l'équipage. Cette formation spécifique est précédée d'une 'Qualification Hydro" qui permet aux pilotes de bombardier d'eau d'acquérir puis de dominer,

par un entraînement consciencieux et régulier, les connaissances techniques qui leur feront poser et décoller un CANADAIR à partir de l'eau avec le même naturel que s'il s'envolait du sol. Ces manœuvres à flot ne sont pas faciles, elles ne présentent pas les mêmes degrés de difficultés, selon que le plan d'eau utilisé est calme, comme par exemple, sur un lac, ou bien agité de vagues comme c'est le cas pour les écopages à proximité de la côte en vue des plages. Il faut alors tenir compte du vent, certes, mais aussi d'une houle plus ou moins formée et orientée ou d'un clapot plus ou moins

prononcé. La houle, qui peut être de force et de direction variable est l'ensemble des vagues, nées d'une zone ventée géographiquement éloignée, parfois de plusieurs centaines de kilomètres, de l'endroit que l'équipage du CANADAIR, aura choisi pour procéder à l'écopage. La houle se caractérise par un mouvement ondulatoire de la mer en vagues régulières, arrondies, majestueuses de puissance. Le clapot est le phénomène de vagues né d'un vent local quelque fois très violent Ses vagues ourlées de crêtes blanches laissent échapper des paquets d'écume.

Le CL.215 CANADAIR, avion amphibie bombardier d'eau, grâce à des qualités nautiques, dignes d'un bateau, peut écopper en mer avec des vagues dont le creux peut atteindre 1,80 mètre. Son équipage, Pilote et Mécanicien Navigant, forme un binôme bien entraîné et efficace. Dans cet équipage, chacun a sa place, chacun a sa fonction. Les mots et les gestes ont été appris et répétés des milliers de fois avec toujours la même rigueur, car chez les Pompiers du Ciel, il n'y a pas de place pour le hasard et la routine. La mer, vue de la plage ou vue du ciel, peut paraître belle ou mauvaise. Elle se charge quelque fois de nous rappeler qu'il est toujours dangereux de la sous-estimer et qu'elle peut aussi se montrer cruelle.

A bord d'un CANADAIR, le Mécanicien Navigant met immédiatement à exécution les manœuvres que lui demande le pilote qui, avant tout écopage, effectue les tours du plan d'eau pour y déceler la direction et la force du vent, la présence d'obstacles éventuels. A cette fin, toutes les informations sont bonnes à prendre : direction des oiseaux marins dans leurs envolées, orientation des drapeaux et fanions, sens des fumées et des bateaux au mouillage... Pour juger l'état de la surface, le pilote doit estimer l'importance des vagues, mais à 500 pieds soit 152 mètres, cette évaluation est souvent faussée. A cette altitude, la mer reste apparemment engageante, mais à 30 mètres (100 pieds>, elle se révèle l'être beaucoup moins-. Nous choisissons ensuite un cap qui permette de rester parallèle à la houle tout en composant avec le vent. Pendant ce large virage, les Check-Lists s'égrènent.

Les volets de la voilure sont sortis à 15°, les hélices passent à 2400 T/mn, tandis que la vitesse de l'avion régresse pour se stabiliser à 105 Kts-195 Km/H.

A quelques mètres de la surface, la vitesse tombe à 90Kts-167 Km/H.

'PARE A L'ECOPAGE...!' Annonce le Mécanicien Navigant

L'avion amphibie touche l'eau à la vitesse de 75 Kts-139 Km/H.

Dès qu'il est stabilisé, les gaz sont réduits ce qui amène sa vitesse à 60 Kts-111 Km/H -

Le CANADAIR s'enfonce alors suffisamment dans la masse liquide tout en conservant de bonnes possibilités de contrôle aérodynamique.

On rajoute alors de la puissance motrice.

"ECOPES ...!" Demande le Pilote.

La manœuvre de sortie des écopages rétractables est exécutée sans tarder.

"ECOPES.. SORTIES..!" annonce et confirme le Mécanicien Navigant.

Le fait de sortir les écopages sous la coque provoque une résistance à l'avancement comparable à un coup de frein, l'avion a tendance 'saluer' et sous l'effet du "couple piqueur" son nez a tendance à s'enfoncer dans l'eau. Le pilote doit immédiatement réagir pour maîtriser une sorte de cheval des mers bondissant fougueusement de vagues en vagues, qu'il faut absolument dompter.

L'Equipage déjà très attentif, se concentre encore plus dans cette phase délicate pour être prêt et contrer, à la seconde, la moindre défaillance mécanique qui pourrait survenir.

Les soutes se remplissent et, à chaque seconde, le CANADAIR s'alourdit de 500 kg.

Au fur et à mesure du remplissage, le Mécanicien Navigant annonce: 1000.. livres... 2000.. livres 3000 livres...4000... ATTENTION POUR LES ECOPES...

'-TOP...ECOPES RENTREES le CANADAIR se cabre aussitôt.

Sa puissance poussée au maximum, il ne tarde pas à s'arracher de l'eau.

L'écopage aura duré de 9 à 12 secondes, pendant lesquelles le poids de l'avion sera passé de 14 250 kg 19 750 kg

Durant ces mêmes secondes des mains d'hommes se seront entrecroisées sur la console centrale du poste de pilotage, actives, précises, dans une calme précipitation. L'avion amphibie quitte l'eau et repart avec les deux autres "Pélicans" qui composent sa "noria" ; il met aussitôt le cap vers l'incendie de forêt sur lequel ces trois avions ont été dépêchés. Dans quelques minutes trois CANADAIR arriveront sur la zone sinistrée pour larguer et sauver. Le largage ... C'est une autre histoire, d'autres difficultés, d'autres sensations et bien sûr d'autres Check-Lists...

Imaginez que vous êtes le pilote d'un Canadair lors d'une intervention sur un incendie de forêt. Vous êtes le numéro 3 dans la patrouille des avions intervenant ce jour là. Après un premier largage dans des conditions météorologiques difficiles, les trois avions se dirigent vers la mer pour écoper avant un deuxième passage. La mer présente des creux bien formés et le vent, en rafales, va encore compliquer la tâche.

En une page minimum et deux pages maximum, racontez l'écopage de la patrouille vu depuis votre place.

