

# CONCOURS «SCIENCE EN PLEIN VOL»

Session 2018

## La voltige aérienne

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.

## La voltige aérienne est née au début du XXème siècle

Depuis le premier Français qui en 1913 exécuta en avion la première boucle verticale, le célèbre "looping", jusqu'à Dorine Bourneton première femme paraplégique pilote de voltige en passant par la double championne du monde Catherine Maunoury, la pratique des acrobaties aériennes constitue un enjeu important au-delà même de la performance sportive. Soumis à rude épreuve, pilotes et machines touchent aux limites de la technologie et de la résistance humaine sans pour autant sortir du domaine de vol. Leurs performances contribuent à valider l'architecture des aéronefs qui subissent les pires contraintes au bénéfice de la sécurité de tous les usagers du transport aérien. Elles permettent aussi de mieux évaluer l'impact physiologique des violentes accélérations encaissées par les pilotes pour une meilleure connaissance des facteurs humains et des risques associés.

Mais la voltige aérienne est aussi un sport de présentation qui montre la perfection du geste et la parfaite symbiose entre le pilote et sa machine. Elle donne l'occasion aux célèbres patrouilles aériennes acrobatiques du monde entier qui sont les principales attractions des meetings, d'arborer leurs couleurs et de contribuer au rayonnement de l'aéronautique.



*Le message d'encouragement de **Dorine Bourneton** aux candidats du concours "Science en plein vol":*



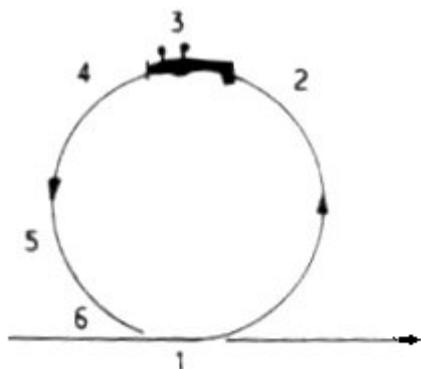
**"Accrochez-vous à vos rêves car tout est possible à qui rêve, ose, travaille et n'abandonne jamais..."**



## 1<sup>ère</sup> partie: QCM

### Une conquête en 3D, pour le meilleur et pour le pire...

1. En 1913 un pilote français « boucle la boucle » après avoir effectué quelques jours plus tôt le premier vol « tête en bas ». Il s'agissait de :

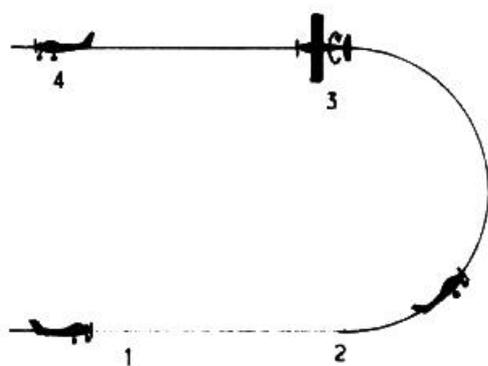


- a. Jules Vedrines
- b. Jean Navarre
- c. Alphonse Pégoud
- d. Roland Garros

Réponse →

/1

2. Un pilote allemand, as de la première guerre mondiale, a donné son nom à une figure acrobatique. Quel est le nom de cette figure ?



- a. Richthofen
- b. Udet
- c. Boelcke
- d. Immelmann

Réponse →

/1

3. Raoul Lufbery, pilote franco-américain, diffuse dès 1916 une technique défensive appelée « cercle de Lufbery » au sein d'une escadrille composée de volontaires américains. Quel était le nom de l'escadrille?



<ul style="list-style-type: none"> <li>a. La Fayette</li> <li>b. De Grasse</li> <li>c. Rochambeau</li> <li>d. Armand</li> </ul>	Réponse →  /1	
---	---------------------	--

4. Le 7 aout 1919 Charles Godefroy, par défi, passe illégalement sous l'Arc de Triomphe. Il pilotait un avion de chasse de la première guerre mondiale : lequel ?



<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Stampe SV4</li> <li>b. Nieuport 11</li> <li>c. Blériot XI</li> <li>d. Caudron G3</li> </ul>	Réponse →  /1	
---	---------------------	--

5. En 1953, pour la première fois, une patrouille de voltige de l'armée de l'air est reconnue officiellement comme « la patrouille de France ». Elle volera principalement sur :  
 ① Mystère IV    ② Fouga magister    ③ Alpha jet    ④ Ouragan.

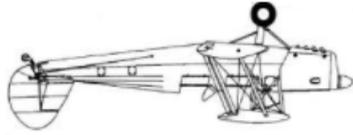
Quelles est la bonne combinaison chronologique ?



(Attention : les silhouettes ne sont pas présentées dans l'ordre chronologique)

<ul style="list-style-type: none"> <li>a. ①, ②, ④, ③</li> <li>b. ④, ③, ②, ①</li> <li>c. ④, ①, ②, ③</li> <li>d. ①, ④, ②, ③</li> </ul>	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

6. Dans le film « les aventuriers » de 1967 , Manu (Alain Delon) passe sous l'Arc de Triomphe en pilotant un avion de voltige biplan équipé d'un moteur Renault et construit sous licence en France. Très populaire, il a notamment équipé la patrouille d'Etampes, ancêtre de la patrouille de France. C'était un :



<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Stampe SV4</li> <li>b. Bucker Jungmeister</li> <li>c. De Havilland Tigermoth</li> <li>d. Boeing Stearman</li> </ul>	Réponse →  /1	
---	---------------------	--

7. En 2015, au salon du Bourget, Doriane Bourneton, pilote paraplégique, effectue une présentation de voltige sur un Cap10 modifié. L'avion était équipé d'un malonnier ou « palonnier manuel ». Autour de quel axe cette commande permet-elle de contrôler l'avion ?



<ul style="list-style-type: none"> <li>a. roulis</li> <li>b. lacet</li> <li>c. tangage</li> <li>d. retournement</li> </ul>	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

8. En 2015 les pilotes français Alexandre Orlowski et Aude Lemordant deviennent champions du monde de voltige. La France remporte les trois titres suprêmes : individuels (masculin et féminin) et par équipe. Les avions de voltige les plus récents utilisés en compétition ont les caractéristiques communes suivantes sauf une. Laquelle ?



<ul style="list-style-type: none"> <li>a. train classique</li> <li>b. moteur en étoile</li> <li>c. absence de volets de courbure</li> <li>d. monoplan</li> </ul>	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

9. Les avions de voltige doivent résister à des contraintes très élevées. Quelle structure de l'avion est donc systématiquement en carbone sur les machines les plus récentes que sont les Cap-232, Extra-300, Su-31, MXS ... ?

<ul style="list-style-type: none"> <li>a. empennage</li> <li>b. revêtement de l'extrados</li> <li>c. nervure d'aile</li> <li>d. longeron d'aile</li> </ul>	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

10. Aermacchi MB 339, Northrop F-5E, Bae Hawk, MDD F-18 : des avions à réaction qui équipent quatre patrouilles militaires de légende ... Quelle réponse donne les bonnes associations ?



**a**



**b**



**c**



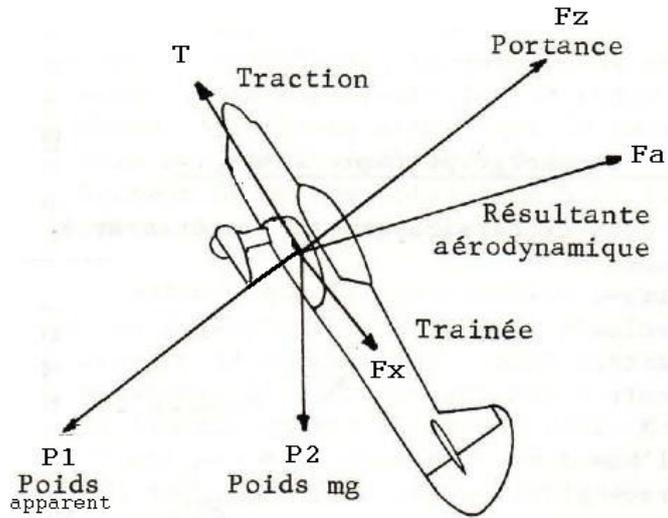
**d**

<ul style="list-style-type: none"> <li>a. 1b, 2c, 3d, 4a</li> <li>b. 1c, 2d, 3a, 4b</li> <li>c. 1d, 2b, 3c, 4a</li> <li>d. 1a, 2b, 3a, 4c</li> </ul>	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

11. En 2018 une étape du championnat du monde de course aérienne se disputera à Cannes.

L'épreuve consiste en une course de slaloms entre des pylônes disposés au dessus d'un plan d'eau. Les avions ont des caractéristiques semblables.

Quelle est la bonne combinaison : masse, vitesse, facteur de charge limite en évolution, calcul du facteur de charge ?



a. environ 500 kg, 400 km·h <sup>-1</sup> , 10 g, P1/P2	Réponse →	/1
b. environ 800 kg, 400 km·h <sup>-1</sup> , 5 g, Fz/P2		
c. environ 500 kg, 300 km·h <sup>-1</sup> , 5 g, P1/P2		
d. environ 800 kg, 300 km·h <sup>-1</sup> , 10 g, Fz/P1		

## Voltige aérienne et lois de la physique

12. En voltige, l'accélération ressentie par le pilote est donnée en « g » ; en réalité il s'agit du facteur de charge c'est-à-dire :

a. le rapport entre le poids apparent et le poids réel	Réponse →	/1
b. la norme du vecteur accélération		
c. la vitesse de l'avion		
d. l'initiale du mot américain « growing »		

**13. Sous une accélération subie de 1 g :**

a. nous pesons notre poids habituel b. notre poids apparent a doublé c. nous ne ressentons plus notre poids d. la masse vaut 1 gramme	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

**14. L'augmentation du facteur de charge :**

a. entraîne une diminution de la portance b. n'a pas d'influence sur la portance c. entraîne une augmentation de la portance d. augmente la masse de l'appareil	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

**15. Le facteur de charge :**

a. est forcément positif b. peut être négatif c. n'est jamais nul d. n'a pas de signe	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

**16. La vitesse de décrochage de l'appareil évolue selon la racine carrée du facteur de charge ainsi un avion qui décroche à 150 km/h sous 1g, décrochera vers :**

a. 12 km·h <sup>-1</sup> sous 2 g b. 12 km·h <sup>-1</sup> sous 4 g c. 300 km·h <sup>-1</sup> sous 2 g d. 300 km·h <sup>-1</sup> sous 4 g	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

**17. Pour une figure de voltige en rotation, l'accélération ressentie est due à la force centrifuge dont l'expression est :**

(avec m, la masse ;  $\omega$  la vitesse angulaire ; R, le rayon de braquage)

a. $F = m \cdot \omega \cdot R^2$ b. $F = m \cdot \omega^2 \cdot R$ c. $F = m \cdot \omega \cdot R$ d. $F = m \cdot \omega^2 \cdot R^2$	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

**18. Les accélérations brusques ont une incidence sur la circulation sanguine ; pour une accélération positive de plus de 5 g, la vision sera momentanément altérée, le phénomène est appelé :**

a. voile noir b. voile blanc c. voile rouge d. voile bleu	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

**19. Pour empêcher le phénomène précédent, les pilotes de chasse portent une combinaison anti-G qui est automatiquement pressurisée, celle-ci permet de :**

a. annuler l'accélération ressentie b. diminuer l'afflux de sang au cerveau c. conserver une masse sanguine suffisante au niveau du cerveau d. arrimer le pilote à son siège	Réponse →  /1	
---	---------------------	--

**20. Lors d'une montée verticale d'un avion à bas régime, si on remet plein gaz et à cause de l'effet de couple moteur de l'hélice, l'avion va tourner tout seul sur :**

a. l'axe de tangage b. l'axe de lacet c. l'axe de roulis d. l'axe moteur	Réponse →  /1	
---	---------------------	--

**21. En aéromodélisme de voltige, cet effet de couple moteur de l'hélice est utilisé pour réaliser une figure de voltige appelée :**

a. humpty-bump b. torque roll c. immelmann d. looping	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

**22. L'hélice en rotation présente les mêmes caractéristiques qu'un gyroscope, ainsi toute sollicitation en mouvement autour de l'un des deux axes perpendiculaires à l'axe de rotation, aura pour conséquence une rotation effective sur l'autre axe. Par effet gyroscopique, une action à piquer sur le manche engendre :**

a. un lacet à gauche b. un lacet à droite c. un cabrage d. aucun effet	Réponse →  /1	
---	---------------------	--

**23. Lors du Red Bull Air Race, les avions de compétition (assimilables à des "formules 1" du ciel) de près de 600 kg brûlent près de :**

a. 2 litres de carburant par minute	Réponse →  /1	
b. 0,2 litre de carburant par minute		
c. 20 litres de carburant par minute		
d. 20 litres de carburant par heure		

**24. Le mélange air- carburant pour assurer une combustion optimale doit être de :**

a. 1 g d'air pour 1 g de carburant	Réponse →  /1	
b. 12 g d'air pour 12 g de carburant		
c. 1 g d'air pour 12 g de carburant		
d. 12 g d'air pour 1 g de carburant		

**25. Le célèbre CAP 10B utilisé en voltige à un moteur développant 180 ch.  
(1 cheval vapeur correspond à 736 W)**

**La puissance développée par le moteur est donc de :**

a. 132 kW	Réponse →  /1	
b. 180 kW		
c. 245 kW		
d. 409 kW		

**26. La puissance, P, de l'arbre moteur en rotation est reliée à la vitesse angulaire,  $\omega$ , et au couple moteur C, par la relation :**

a. $P = \omega * C$	Réponse →  /1	
b. $P = \omega / C$		
c. $P = C / \omega$		
d. $P = C * \omega^2$		

**27. L'avenir de la voltige est peut être électrique : une start-up valaisanne, *Hangar 55 Sa* a réalisé un prototype propulsé par un moteur électrique ; celui-ci est capable de faire des loopings dans le ciel pendant près :**

a. d'un quart d'heure	Réponse →  /1	
b. d'une heure		
c. de deux heures trente		
d. de cinq heures		

## L'avion de voltige CAP 10

28. Lorsque le pilote serre en virage il ressent une force centrifuge  $F_c$ .

Quels sont les paramètres à prendre en considération pour calculer cette force ?

a. le rayon de courbure, le carré de la vitesse de croisière de l'avion, la masse	Réponse →	
b. la masse, le carré du rayon de courbure, la vitesse angulaire	/1	
c. la masse, le rayon de courbure, le carré de la vitesse angulaire		
d. le carré de la masse, le rayon de courbure, la fréquence de rotation de l'hélice		

29. Dans son CAP 10, le pilote (masse 80 kg) fait une figure de voltige ayant un rayon de courbure  $R = 15 \text{ m}$ , à un instant « t » son avion est à sa vitesse maxi de  $270 \text{ km.h}^{-1}$

Indiquer la force centrifuge qu'il va subir :

a. 30 N	Réponse →	
b. 300 N	/1	
c. 30000 N		
d. 3000 N		

30. Le système « malonnier » qui doit être adapté au poste de pilotage, nécessite de regrouper :

a. la commande des volets, des gaz et du compensateur d'évolution	Réponse →	
b. le palonnier, la commande des gaz, les freins	/1	
c. les commandes de vol autour des axes de roulis, tangage et lacet.		
d. les gaz, la sortie et la rentrée des trains d'atterrissage		

Le kit malonnier nécessite sa propre alimentation sur l'aéronef. Des batteries 6V sont nécessaires.

31. Calculer l'autonomie des batteries qui assureront l'alimentation électrique du « malonnier ».

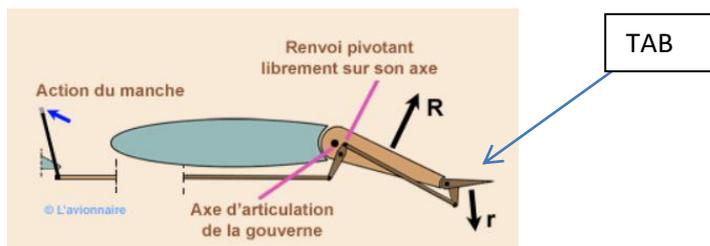
Durant le vol, la consommation moyenne est :  $I_{\text{consommations}} = 367 \text{ mA}$ .

La capacité de la batterie est :  $C_{\text{batterie}} = 1800 \text{ mAh}$

a. 3 heures	Réponse →	
b. 6 heures et 36 minutes	/1	
c. 40 minutes		
d. 4 heures et 54 minutes		

Lorsqu'on actionne les gouvernes pour modifier la trajectoire de l'avion, les gouvernes peuvent osciller. Ces oscillations sont dangereuses car l'avion peut devenir incontrôlable.

Sur l'avion de voltige CAP 10 la gouverne de profondeur est munie d'un TAB irréversible, commandée manuellement depuis le poste de pilotage.



32. Quel le rôle du TAB ?

<ul style="list-style-type: none"> <li>a. évite le roulis induit</li> <li>b. permet de créer un effort assistant le pilote</li> <li>c. évite le lacet induit</li> <li>d. facilite le redémarrage éventuel du moteur</li> </ul>	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

33. Sur certains appareils, il existe des TAB réglables par le pilote. On parle alors de TRIM. Ces TRIM sont appelés :

<ul style="list-style-type: none"> <li>a. compensateurs de régime</li> <li>b. stabilisateurs de direction</li> <li>c. THS (trimmable horizontal stabilizer)</li> <li>d. compensateurs de régime du moteur</li> </ul>	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

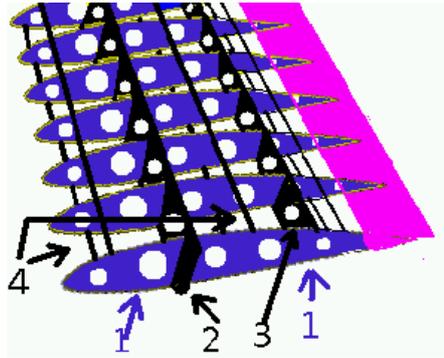
34. Sur le CAP 10, vu du poste pilote, l'hélice du moteur tourne dans le sens des aiguilles d'une montre. La rotation de l'air donne une diminution d'incidence sur l'aile droite et une augmentation sur l'aile gauche ceci a pour incidence :

<ul style="list-style-type: none"> <li>a. une tendance à cabrer</li> <li>b. une tendance à piquer</li> <li>c. un moment de roulis à gauche</li> <li>d. un moment de roulis à droite</li> </ul>	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

35. Lors de figures de voltige en tonneau ou en vol dos par exemple, quel est le risque pour l'appareil ?

<ul style="list-style-type: none"> <li>a. une rupture d'alimentation en huile et en essence du moteur</li> <li>b. une rupture des câbles des commandes de vol</li> <li>c. une rupture d'une des pales de l'hélice</li> <li>d. perdre son passager</li> </ul>	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

## La structure du CAP10



- 1) Nervures.
- 2) Longerons principaux.
- 3) Longerons arrière.
- 4) Lisses

**36. La structure interne des ailes est faite de longerons (2) et (3) pour supporter la majorité des contraintes. La principale sollicitation sur les longerons est :**

<ul style="list-style-type: none"> <li>a. le cisaillement</li> <li>b. la traction</li> <li>c. la torsion</li> <li>d. la flexion</li> </ul>	Réponse →	
	/1	

**37. Les nervures (1) donnent la forme, transmettent aux longerons les efforts venant du revêtement, et supportent une grande partie des contraintes de :**

<ul style="list-style-type: none"> <li>a. cisaillement</li> <li>b. traction</li> <li>c. torsion</li> <li>d. flexion</li> </ul>	Réponse →	
	/1	

**38. Les efforts encaissés par les avions de voltiges sont plus importants que les avions classiques. Le concept fail-safe consiste à doubler certaines parties de l'aéronef. Cela concerne :**

<ul style="list-style-type: none"> <li>a. la fixation du train d'atterrissage</li> <li>b. les volets</li> <li>c. la dérive</li> <li>d. longerons</li> </ul>	Réponse →	
	/1	

**39. A partir de 2002 le CAP 10B a évolué afin de le renforcer, certaines parties en bois ont été doublées avec des lames dans un matériau plus résistant. Il s'agit :**

<ul style="list-style-type: none"> <li>a. du carbone</li> <li>b. du Glare</li> <li>c. du Duralumin</li> <li>d. de la fibre de verre</li> </ul>	Réponse →	
	/1	

**40. Lors de la maintenance, il est souvent nécessaire de faire un contrôle non destructif afin de surveiller l'état de la structure sous la peau de la pièce. Le procédé le plus adapté est :**

a. le contrôle visuel b. le ressuage c. de l'eau et du savon pour faire apparaître une bulle d. de s'aider d'une lampe torche à fort pouvoir éclairant	Réponse →  /1	
---	---------------------	--

**41. Lors de la maintenance des avions de voltige, il arrive que des criques soient détectées sur la structure. Quelle démarche peut-on envisager pour les stopper ?**

a. percer deux trous aux extrémités de la fissure pour la stopper b. remplir de résine la fissure c. souder la crique d. appliquer une peinture spéciale aéronautique	Réponse →  /1	
--	---------------------	--

**Fin de la première partie**

**2<sup>ème</sup> partie: COMPOSITION (Récit de la navigation LFLC- LFBN)**  
**(compléter la page 18)**

Dorine Bourneton se rend fréquemment aux rencontres de voltige aériennes organisées en France. Le championnat de France de voltige 2017 s'est déroulé en juin sur l'aérodrome de **NIORT Marais poitevin (LFBN)**. Résidant près de Clermont-Ferrand, elle se rend sur place depuis l'aérodrome **CLERMONT-FERRAND Auvergne (LFLC)** avec son CAP 10B, avion de compétition couramment employé en voltige. Elle prévoit en cas de problème à l'arrivée à Niort un aéroport de dégagement : **POITIERS (LFBI)**.

**Travail demandé:**

***En une trentaine de lignes environ racontez ce voyage (Clermont-Ferrand / Niort: aller uniquement) en qualité de pilote. Vous évoquerez notamment :***

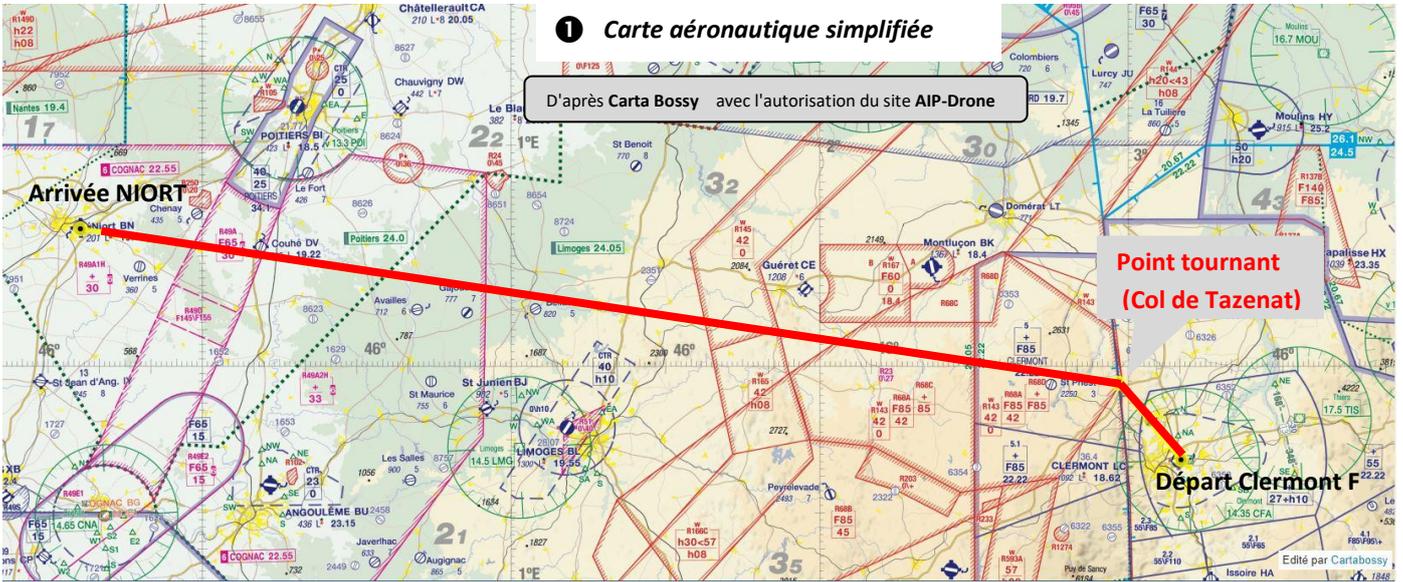
***1- La préparation du vol au bureau des pilotes :***

*Informations à consulter obligatoirement, documents à emporter, choix de pistes en service prévisibles, cap choisi, altitudes autorisées et durée de vol prévue, quantité de carburant à emporter pour l'aller-retour avec marge de sécurité, aérodrome de déroutement à mi-chemin, les contacts radios que vous prévoyez (préciser les fréquences), les repères visuels et radioélectriques prévus (VOR), évitement des TMA, zones réglementées ...*

***2- La visite prévol succinctement décrite***

***3- Le vol en lui-même en décrivant les différentes phases du pilotage, la vue depuis votre cockpit, les repères de navigation, des incidents éventuels, l'approche. Pourquoi ce détour par le col de Thazenat ?***

Vous disposez d'un extrait de carte aéronautique simplifiée **①**, les calculs préparatoires de navigation **②**, la carte d'atterrissage à vue de chaque aérodrome **③ ④** et le bulletin météo du jour **⑤**.



**Légende**

- Piste revêtue > 1000 m
- Piste revêtue < 1000 m
- Piste non revêtue

- 12.6 CMB**
  - Radio-balise VOR
  - Fréquence **112.60 MHz**
  - CMB codage morse (→Cambrai)
- Limite de TMA (région de contrôle terminale)
- - - Limite de CTR (région de contrôle trafic aéroport)

- Agglomération
- |    |
|----|
| +  |
| 25 |

 Plafond de la zone > 11500 ft  
Plancher de la zone : 2500 ft
- |    |
|----|
| 17 |
| 0  |

 Plafond de la zone : 1700 ft  
Plancher de la zone : au sol



Aérodrome de Code OACI : **LFGY**  
 Altitude 312 ft  
 Fréquence contact **122.92 MHz**  
**Aérodromes ouverts à la CAP**  
 (circulation aérienne publique)

4200ft AMSL	Activation by NOTAM. Except HOL : - MON : 0930-1100 - TUE, THU : 0930-1100 and SS-2359 - WED, FRI : 0000-0059 and 0930-1100 SUM : - 1HR	Entraînement très grande vitesse, très basse altitude. Le pilote n'assure pas la prévention des collisions Low flying high speed training flights Pilot won't provide with collision avoidance.
SFC		

**Zone réglementée R 143**

FL 065	MON-FRI Except public HOL: 0700-2300 SAT: 0700-1100 SUM: - 1HR. Other times, announced by NOTAM.	Ecole de pilotage et entraînement voltige. Vols d'aéronefs d'Etat télépilotes non habités. Pilot school and aerobatics training State unmanned remote controlled ACFT operations.
3000ft AMSL		

**Zone réglementée R 49A**



**5 Résumé de la météo dans tout le secteur**

Vent de 21 Kt ( 40 km/h) de secteur 270	Température 17 °C
Visibilité : 8000 m	Humidité 80 %
Ciel clair	Pression 1020 hPa



