

CONCOURS «SCIENCE EN PLEIN VOL»

Session 2017

Le drone, un passé, mais surtout un grand avenir...

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

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

- **QCM : 1h 15 min**

- **Rédaction : 45 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.

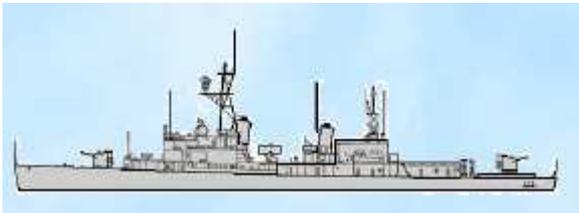
1^{ère} partie: QCM

Pour appréhender l'usage futur des drones il importe d'abord de revenir à leur origine historique : La Marine américaine, a été la première à expérimenter l'avion sans pilote. Depuis, de nombreux pays l'utilisent régulièrement et notamment pour des missions de sécurité.

Aujourd'hui les usages ne cessent de se diversifier, surveillance de zones, livraison de colis, ... et bientôt des missions orbitales ainsi que bien d'autres applications révolutionnaires en plein développement.

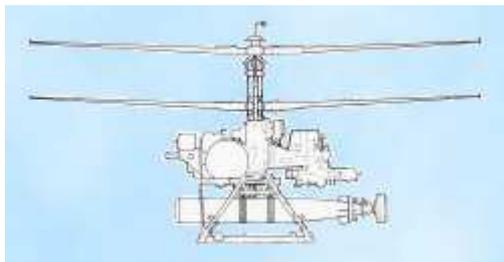
Une conquête sans pilote

1. Les drones Gyrodyne QH-50 mis en service à grande échelle dans l'US Navy dans les années 60 sont un élément clé de la modernisation d'une flotte de destroyers anciens mis en chantier à l'époque de :



a) la guerre froide b) la guerre du Pacifique c) la guerre de Corée d) la guerre du Vietnam	Réponse → /1	
--	---------------------	--

2. Quelle capacité l'US Navy cherche-t-elle à renforcer en s'équipant de drones dans les années 60 ?



a) de contre-mesures électroniques b) d'alerte radar avancée c) de guidage trans-horizon d) de lutte anti sous-marine	Réponse → /1	
--	---------------------	--

3. Quelle technique de stabilisation utilisent les drones hélicoptères QH-50 ?

a) un rotor anti-couple b) un rotor de type fenestron c) un rotor contrarotatif d) un rotor en tandem	Réponse → /1
--	---------------------

4. Selon certains officiers généraux l'avion de combat multi-rôle de dernière génération actuellement en cours de production sera le dernier avion de combat avec pilote de l'US Navy. Cet avion est le :

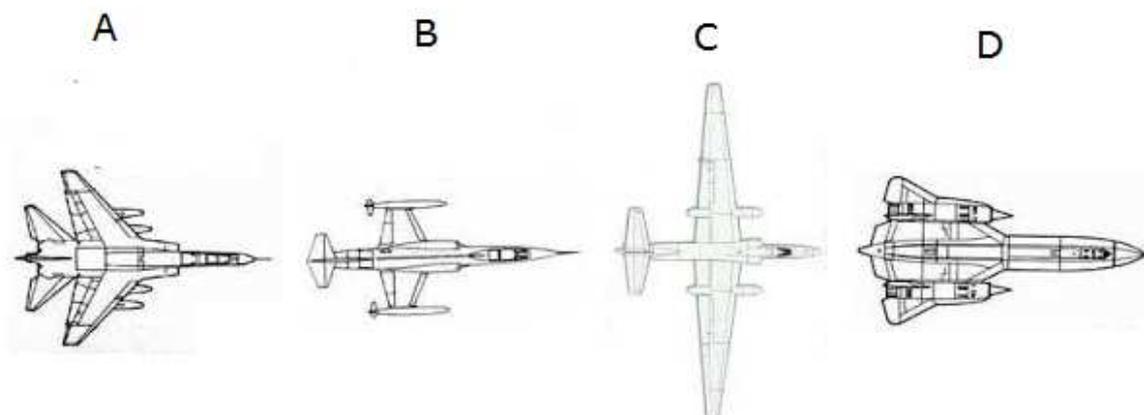


a) Lockheed-Martin F-35 b) McDonnell Douglas F-18 c) Northrop B-2 d) Lockheed-Martin F-117	Réponse → /1
---	---------------------

5. L'histoire des drones a commencé avec le vol d'essai d'un avion voisin sans pilote. L'avion parcourt une distance de 1 km et termine sa course par un atterrissage réussi. George Clémenceau prend au sérieux cette expérimentation et soutient les projets de développement. Ce premier vol a eu lieu en :

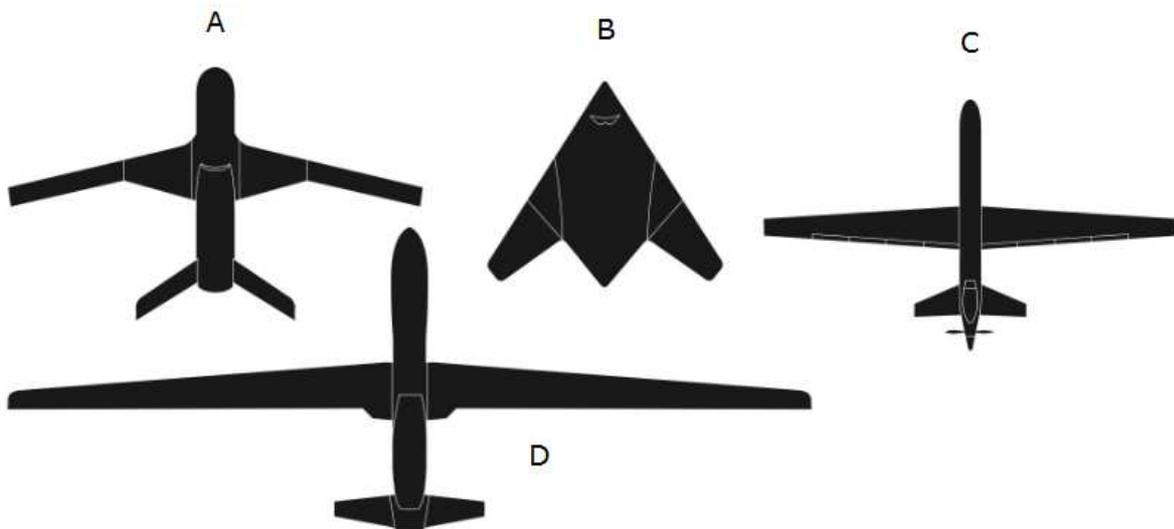
a) 1917 b) 1923 c) 1939 d) 1949	Réponse → /1
--	---------------------

6. Un avion-espion U2 américain piloté par Gary Power est abattu le 1^{er} mai 1960 alors qu'il survole le territoire soviétique. Pour l'USAF la pertinence des drones d'observation est relancée avec acuité. Le U2 correspond à la silhouette :



a) A b) B c) C d) D	Réponse → /1
------------------------------	---------------------

7. C'est au-dessus de la base aérienne d'Istres que le démonstrateur européen de drone de combat Neuron a réalisé le 6 juin 2016 une première mondiale. C'est en effet la première fois dans l'histoire de l'aéronautique mondiale qu'un appareil furtif contrôlé depuis le sol a évolué en public. La silhouette du Neuron correspond à la lettre :



a) A b) B c) C d) D	Réponse → /1
------------------------------	---------------------

8. Airbus Defence & Space vient d'annoncer le lancement d'un programme de « Pseudo-satellite à haute altitude » avec le drone Zephyr 8. L'appareil a déjà effectué un vol de 14 jours sans ravitaillement et a atteint 21,5 km d'altitude soit environ ...

a) 65 000 pieds b) 70 000 pieds c) 75 000 pieds d) 80 000 pieds	Réponse → /1
--	---------------------

Si on parlait loi de la gravité

Le Cnes et l’Onera étudient le projet Dedalus, un drone multi missions dont l’une serait de mettre une masse d’environ 150 kg en orbite à 800 km.

Le drone polyvalent Dedalus servirait alors de premier étage de lanceur pour microsattelites. Le drone pourrait aussi être reconfiguré pour transporter du fret ou des charges utiles.

Les études préalables

Quelques données :

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

Accélération du champ de pesanteur $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$

Altitude de l’orbite géostationnaire : $3,58 \cdot 10^4$ km pour une période de révolution de 24 h

1 bar = 10^5 Pa

Valeur de la vitesse du son dans l’air en fonction de l’altitude en [atmosphère ISA](#)

Altitude en m	Température en °C	vitesse du son en m.s^{-1}
0	15	340,3
1 000	8,5	336,4
2 308	0	331,3
5 000	-17,5	320,5
7 500	-23,5	310,2
11 000 à 20 000	-56,5	295,1
32 000	-44,5	303,1
47 000 à 51 000	-2,5	329,8

D’après les études réalisées, le meilleur compromis drone/lanceur serait obtenu avec un largage à 16000 m et Mach 0,8. La configuration finale du système verrait un appareil de 22044 kg de masse au décollage, présentant une envergure de 36,36 m et une longueur de 19 m.

Pour les missions de lancement, une masse d’environ 150 kg pourrait être mise en orbite à 800 km avec un lanceur tri étage de 13 tonnes de longueur totale de 13 m pour une envergure de 7,5 m.

Le lanceur serait lâché puis s’ensuivrait une courte phase de chute libre d’environ 5 secondes avant allumage du moteur.

9. En aéronautique, les altitudes ne sont pas données dans le système métrique, on lui préfère le pied (ft), 16 000 m correspondent à une altitude de :

a) 4900 ft b) 52500 ft c) 192000 ft d) 630000 ft	Réponse → /1
---	---------------------

A 16 000 m, la pression atmosphérique n'est plus que d'environ 100 hPa soit $1/10^{\text{ème}}$ de la pression atmosphérique normale. A cette pression, le sang se mettrait à bouillir. Il faut nécessairement que le vol se fasse dans une cabine pressurisée, ce qui engendre des complications d'où le choix d'un drone.

10. En cas de différence de pression, Δp , entre l'intérieur et l'extérieur, les surfaces S , sont soumises à une force F pressante telle que :

a) $F = \Delta p * S$ b) $F = \Delta p / S$ c) $F = S / \Delta p$ d) $F = \Delta p * S * \Delta \theta$ (avec $\Delta \theta$: différence de température entre l'intérieur et l'extérieur)	Réponse → /1
--	---------------------

11. Pour un aéronef dont la cabine est pressurisée à 0,8 bar volant à l'altitude 16 000 m, la force qui s'exerce sur un hublot de 20 cm x 30 cm est d'environ :

a) 42 MN b) 4800 N c) 860 N d) 420 N	Réponse → /1
---	---------------------

Un autre problème peut être la température à l'extérieur de l'aéronef. L'échelle Kelvin est l'échelle des températures utilisées en physique ; le zéro absolu vaut $-273,15 \text{ °C}$.

12. A 16 000 m, la température extérieure en Kelvin serait de ...

a) $-329,65 \text{ K}$ b) $-216,65 \text{ K}$ c) $216,65 \text{ K}$ d) $329,65 \text{ K}$	Réponse → /1
--	---------------------

13. La vitesse du drone au moment de la séparation avec le lanceur serait d'environ :

a) 236 m.s^{-1} b) 272 m.s^{-1} c) 295 m.s^{-1} d) 360 m.s^{-1}	Réponse → /1
--	---------------------

14. En admettant que le lanceur soit effectivement en chute libre pendant 5 secondes ; pendant cette phase de chute libre, il perdrait une altitude d'environ :

a) 25 m b) 50 m c) 125 m d) 250 m	Réponse → /1
--	---------------------

Une étude sur le lanceur prévoit qu'il soit propulsé par un mélange Lox-méthane (dioxygène liquide-méthane) permettant la réutilisation du lanceur.

15. La température d'ébullition du dioxygène à pression atmosphérique est de -183°C ?

a) Le dioxygène est un carburant cryogénique b) Le dioxygène est un comburant cryogénique c) Le dioxygène est sous forme de liquide à -182°C sous pression atmosphérique d) Le dioxygène est sous forme solide à -184°C sous pression atmosphérique	Réponse → /1
--	---------------------

16. Le méthane est un hydrocarbure de formule brute :

a) CH_4 b) C_2H_6 c) C_3H_8 d) C_4H_{10}	Réponse → /1
--	---------------------

17. Les nombres stœchiométriques dans l'équation de la réaction de combustion entre le dioxygène et le méthane sont respectivement :

a) 1 et 1 b) 3 et 1 c) 2 et 1 d) 1 et 2	Réponse → /1
--	---------------------

La masse molaire du dioxygène est $32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; celle du méthane est $16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. La masse volumique du dioxygène liquide est $1,14\cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$; celle du méthane liquide est $4,23\cdot 10^1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

18. Pour brûler l'équivalent de 1 tonne de méthane liquide, il faut ?

a) 1t de dioxygène liquide, soit 1140 m^3 b) 1t de dioxygène liquide, soit $0,88 \text{ m}^3$ c) 2t de dioxygène liquide, soit $1,8 \text{ m}^3$ d) 4t de dioxygène liquide, soit $3,5 \text{ m}^3$	Réponse → /1
--	---------------------

19. Si la combustion du méthane est complète, alors les produits de la combustion seront :

a) H ₂ O ₂ et CO	Réponse →	/1
b) H ₂ O et CO		
c) H ₂ O et CO ₂		
d) CO ₂ et CO		

Le lanceur utilisé devrait être capable de mettre en orbite basse à 800 km un satellite de 10 à 150 kg.

20. Les lois qui décrivent les principales propriétés des mouvements des satellites sont les lois de ...

a) Kepler	Réponse →	/1
b) Newton		
c) Ptolémée		
d) Copernic		

L'une de ces lois dit que pour un satellite en rotation autour de la Terre, le rapport entre le carré de sa période de rotation et le cube de son rayon de rotation est constant. On peut l'écrire :

$$\frac{T^2}{R^3} = \text{constante}$$

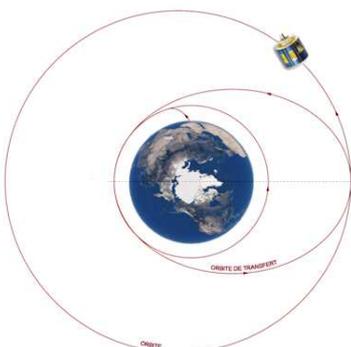
21. En utilisant les données sur le satellite géostationnaire, on peut en déduire qu'un satellite en orbite circulaire à 800 km aurait une période de révolution d'environ ...

a) 342 h	Réponse →	/1
b) 1 H 40 min		
c) 7200 h		
d) 5 min		

22. Lorsque le mouvement du satellite en rotation autour de la Terre est uniforme, sa vitesse est directement proportionnelle à ...

a) la masse du satellite	Réponse →	/1
b) la masse de la Terre		
c) au rayon de rotation		
d) l'altitude du satellite		

On peut d'abord placer le satellite sur une orbite plus basse, en le larguant à 200 km de la Terre par exemple, sa trajectoire est alors elliptique. La vitesse de satellisation est d'environ 8 km.s⁻¹ à 200 km.



23. La vitesse de satellisation ...

a) augmente avec la masse du satellite b) diminue avec la masse du satellite c) diminue avec l'altitude du satellite d) augmente avec l'altitude du satellite	Réponse → /1
--	---------------------

24. Sur la trajectoire elliptique, la vitesse du satellite n'est pas uniforme car il est soumis à la force d'attraction gravitationnelle de la Terre ...

a) qui augmente quand il s'approche de la Terre b) qui diminue quand il s'approche de la Terre c) qui s'annule lorsqu'il est au point le plus éloigné de la Terre sur sa trajectoire	Réponse → /1
--	---------------------

25. Sur la trajectoire elliptique, il faut accélérer le satellite pour le mettre sur une orbite plus éloignée de la Terre. On allume ses moteurs lorsqu'il est ...

a) n'importe où sur sa trajectoire b) au périégée de sa trajectoire c) à l'apogée de sa trajectoire	Réponse → /1
---	---------------------

Pour étudier la faisabilité du projet, il a été construit une maquette, à l'échelle $\frac{1}{4}$, nommée Eole, de 6,70 m d'envergure pour une masse de 150 kg au décollage, munie de deux turboréacteurs de poussée 40 daN chacun.

26. La maquette doit permettre un lancer à une altitude de 4000 m et une vitesse de mach 0.2 soit environ 325 m.s^{-1} à cette altitude. La puissance développée par ses moteurs serait alors de :

a) 130 kW b) 260 kW c) 80 kW d) 26 kW	Réponse → /1
--	---------------------

27. En considérant que la maquette soit réalisée à l'échelle $\frac{1}{4}$ avec la même forme aérodynamique, l'impact sur les forces de portance et de trainée serait que celles-ci seraient multipliées, par rapport au projet final, d'un facteur :

a) $\frac{1}{4}$ b) 4 c) 16 d) $\frac{1}{16}$	Réponse → /1
--	---------------------

Une autre solution envisagée plutôt que d'envoyer des microsattellites en orbite, serait d'utiliser des drones satellites dans la stratosphère. Ainsi Airbus travaille sur ce nouveau concept avec le modèle Zéphyr.

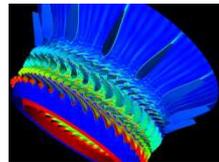
28. Le Zephyr 8 possède un double record du monde, celui de la durée de vol en continu et de l'altitude atteinte :

a) 336 h et 21526 m b) 512 h et 19513 m c) 1500 h et 32021 m d) 112 h et 27654 m	Réponse → /1
---	---------------------

Pendant la phase de mise en altitude...

29. La force de portance ne sera pas constante, à cause :

a) de la surface du drone b) de la vitesse c) de la masse volumique de l'air qui évolue d) du coefficient de portance C_z	Réponse → /1
--	---------------------



Aube de turbine

30. La force de poussée des réacteurs engendre des contraintes importantes sur les aubes de turbine. Le développement des turboréacteurs s'est fait surtout grâce à la maîtrise des matériaux qui composent la conduite des gaz. Afin d'améliorer la résistance mécanique des aubes, il faut privilégier :

a) Le titane b) L'acier c) Le duralumin d) Le cuivre écroui	Réponse → /1
--	---------------------

Durant le vol, la structure en composite du drone sera sollicitée.

31. Le matériau composite présente l'avantage suivant :

a) Coût dérisoire b) Faible masse volumique c) Conductivité pour la métallisation d) Réparation plus facile	/1
--	----

32. Le matériau composite présente l'inconvénient suivant :

a) Difficile à colorer b) Sensibilité aux impacts c) Totalement indétectable au radar d) Difficulté d'obtenir un profil aérodynamique	Réponse → /1
--	---------------------

33. Durant le vol, la voilure sera sollicitée en flexion. Quel critère peut influencer la contrainte de flexion ?

a) La pression atmosphérique b) La longueur du drone c) Le moment quadratique lié au profil d) La vitesse d'ascension	Réponse → /1	
--	---------------------	--

Le drone sera équipé de plusieurs types de capteurs de vol (pression, accéléromètre, gyroscopes, compas digital) pour atteindre son objectif.

34. L'altimètre utilise le principe...

a) que la pression atmosphérique augmente lorsque l'altitude augmente b) que la pression atmosphérique diminue lorsque l'altitude diminue c) que la pression atmosphérique diminue lorsque l'altitude augmente d) que la pression atmosphérique évolue en raison inverse de la température	Réponse → /1	
---	---------------------	--

35. Quel est le rôle d'un accéléromètre ?

a) Il mesure en permanence l'inclinaison du drone b) Il évite les accélérations dangereuses c) Il donne la position par GPS d) Il sert de pilote automatique	Réponse → /1	
---	---------------------	--

36. Parmi les trois axes autour desquels un drone peut évoluer, lequel concerne le plan horizontal ?

a) L'axe de lacet b) L'axe de roulis c) L'axe d'ascension d) L'axe de tangage	Réponse → /1	
--	---------------------	--

37. Trois gyroscopes sont nécessaires (un pour chaque axe), pour quelle raison ?

a) Amortir les vibrations b) Indiquer la vitesse instantanée du drone. c) Indiquer le nord magnétique. d) Déterminer la position du drone	Réponse → /1	
--	---------------------	--

38. Le compas digital mesure une intensité magnétique. Cette mesure :

a) Indique exactement le nord géographique b) Indique exactement le nord magnétique c) Indique le nord magnétique avec une erreur due aux masses métalliques de l'aéronef d) Sert à détecter les orages	Réponse → /1	
--	---------------------	--

2^{ème} partie: Epreuve de rédaction

On pose que l'entreprise chargée de l'assemblage des drones se situe à Méaulte près d'Albert (Somme) région de tradition aéronautique où sont notamment fabriquées les pointes avant d'Airbus A350. Afin de rationaliser les stocks et de baisser les coûts il a été décidé d'adopter la technique du flux tendu. L'approvisionnement en composants est ainsi assuré "juste à temps" par transport routier. C'est le cas pour les roulements à billes de haute précision fabriqués par SKF Aéroengine France, usine située près de Valenciennes.

Confronté à une défaillance du transporteur mais pressée par le temps, l'entreprise décide d'affréter un petit avion léger Robin DR300 pour convoier un petit colis de roulements indispensables à la poursuite de la production. Cet avion volera en régime VFR (Visual flight Rules) depuis l'aérodrome de départ **LFAV** (Denain-Valenciennes) jusqu'à l'aérodrome d'arrivée **LFAQ** (Albert Bray).

Travail demandé:

En une trentaine de lignes minimum racontez ce voyage (Valenciennes – Albert : 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 prévisibles, cap choisi, altitudes autorisées et durée prévue, quantité de carburant à emporter pour l'aller-retour avec marge de sécurité, aérodrome de déroutement, repères visuels et radioélectriques prévus ...

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.

Vous disposez des principales caractéristiques techniques de l'avion ❶, une petite note de calcul sur tableur ❷, Un extrait de carte aéronautique simplifiée ❸, la carte d'atterrissage à vue de chaque aérodrome ❹ et ❺, le bulletin météo du jour ❻.

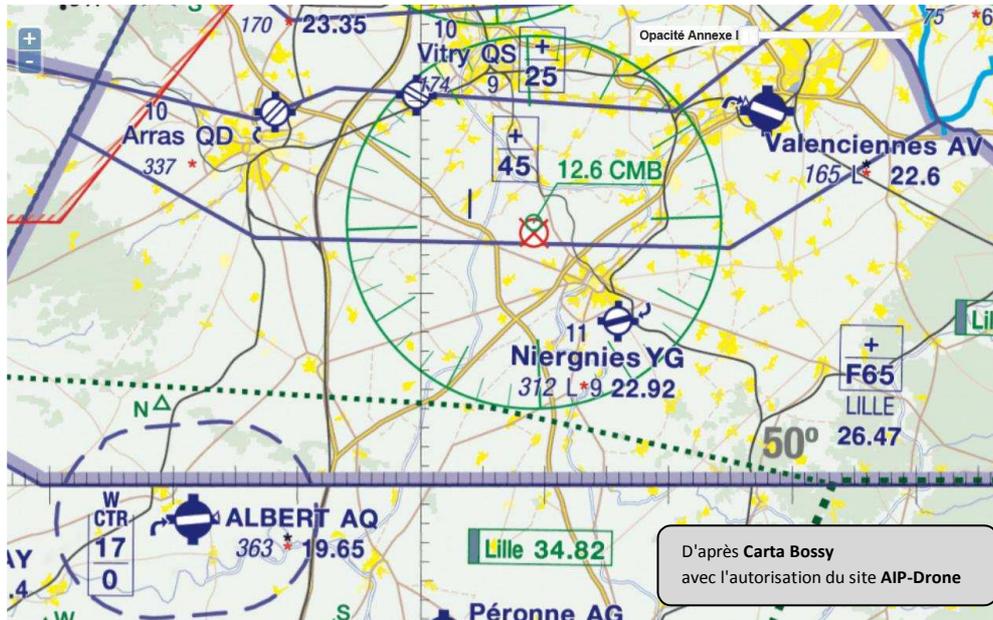
Général				Centrage		Observations	
Avion				Carburant			
Avion	Type	OACI	Couleur		Total	Inutilisable	
F-SPVX	DR300-108	DR30	BLANC ET BLEU		110 L	100 LL	10 L
Vitesse				Caractéristiques			
	Croisière	Montée	Descente		RDBA	1 - 121.500 MHz	
Vitesse	100 Kt	70 Kt	100 Kt		Transpondeur	C - Transpondeur mode C	
Vz		350 ft/mn	500 ft/mn		Turbulence	L - Faible, MTDW < 7T	
Consommation	25 L/h				Certification	V - VFR	
Longueur minimum de piste							
Piste en dure	700 m						
Piste en herbe	700 m						
Coût horaire							
Conditions	Prix						
Solo	94 €						
Double	128 €						

1 *Caractéristiques techniques de l'avion DR300*

Calcul de la distance et du cap				
Trajet	Indicatifs	Aérodromes	Latitude	Longitude
Départ	LFAV	Valenciennes Denain	N50 19 29	E003 27 56
Arrivée	LFAQ	Albert Bray	N49 58 12	E002 41 33
Distance :		36,6 NM		
Cap :		235		

2 *Note de calcul: cap et distance à parcourir*

3 Carte aéronautique simplifiée



Aérodromes ouverts à la CAP (circulation aérienne publique)

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



Aérodrome de Code OACI : **LFYG**
 Altitude 312 ft
 Fréquence contact **122.92 MHz**

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)

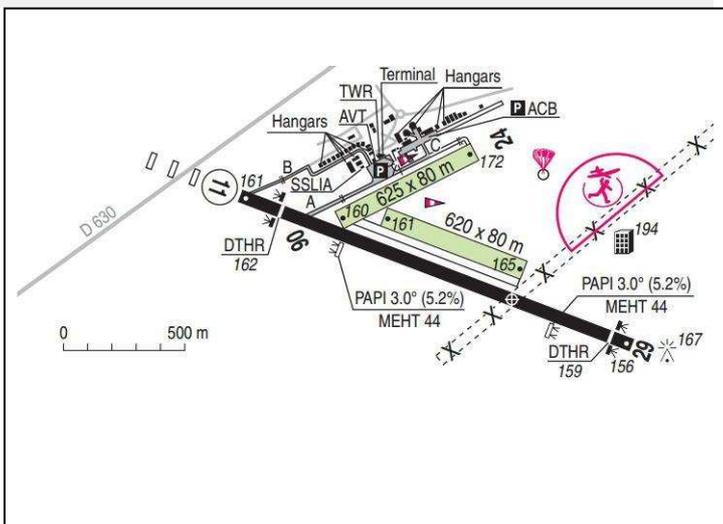
Légende

- Agglomération
- Plafond de la zone > 11500 ft
Plancher de la zone : 2500 ft
- Plafond de la zone : 1700 ft
Plancher de la zone : au sol

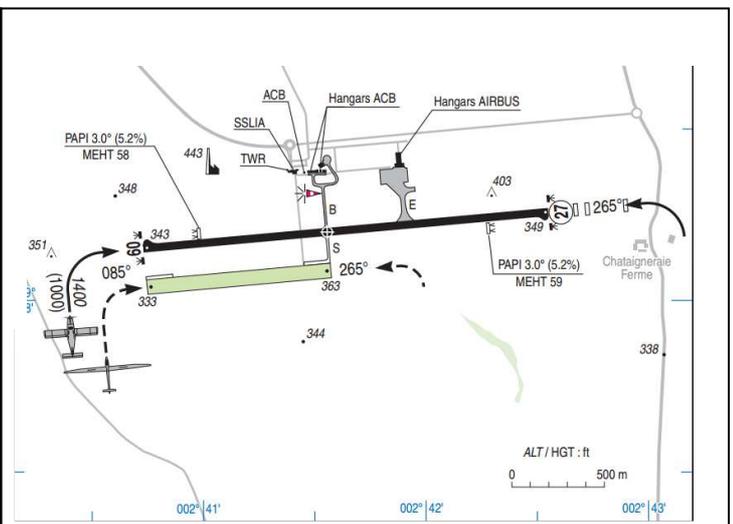
6 Résumé de la météo dans tout le secteur

Vent de 15 Kt (28 km/h) de secteur Ouest
 Température 20 °C
 Visibilité : 8000 m
 Humidité 80 %
 Ciel clair
 Pression 1020 hPa

4 Décollage à vue de l'aérodrome de Valenciennes-Denain



5 Atterrissage à vue sur l'aérodrome de Albert Bray



A large grid of graph paper for writing. The grid consists of 20 columns and 30 rows of small squares. A vertical red line is drawn on the left side, approximately one-fifth of the way across the page. A horizontal red line is drawn across the page, approximately one-third of the way down from the top. The grid is otherwise empty.

