



**LE RÉSEAU DE CRÉATION
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Bordeaux
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR AÉRONAUTIQUE

ÉPREUVE E3 - MATHÉMATIQUES - SCIENCES PHYSIQUES ET
CHIMIQUES APPLIQUÉES

**SOUS-ÉPREUVE U32 - SCIENCES PHYSIQUES ET
CHIMIQUES APPLIQUÉES**

SESSION 2015

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé :

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique, à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).

Document à rendre et àagrafer avec la copie :

- Document réponse n° 1 page 9/10
- Document réponse n° 2 page 10/10

**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10.**

S'il apparaît au candidat qu'une donnée est manquante ou erronée, il pourra formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour résoudre les questions posées. Il justifiera, alors, clairement et précisément ces hypothèses.

BTS AÉRONAUTIQUE	Session 2015
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques appliquées	Code : AE3SCPC
	Page : 1/10

ÉTUDE SIMPLIFIÉE DE L'ATERRISSAGE D'UN AIRBUS A320

Toutes les parties et sous-parties peuvent être traitées séparément.

Un barème « temps » (lecture comprise) est donné à titre indicatif pour chacune d'elles.

PARTIE 1 : GUIDAGE DE L'AVION PAR L'ILS *30 minutes*

PARTIE 2 : EXEMPLE DE COMMANDE DE VOL EHA *20 minutes*

PARTIE 3 : ATERRISSAGE DE L'A320

3.1 - **Bilan énergétique « mécanique » de l'atterrissage** *30 minutes*

3.2 - **Bilan énergétique des freins** *10 minutes*

3.3 - **Commande des freins** *30 minutes*

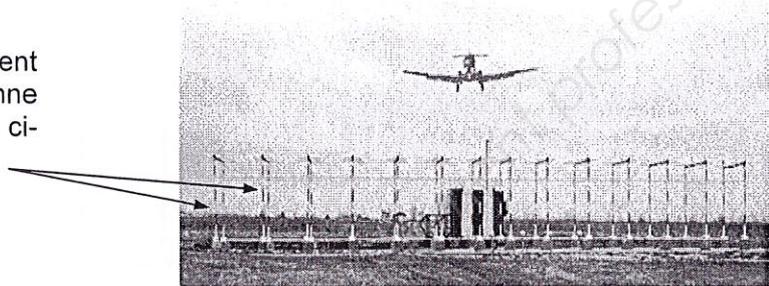
La clarté des raisonnements et le soin comptent pour une part dans la note finale.

PARTIE 1 : GUIDAGE DE L'AVION PAR L'ILS

L'ILS (Instrument Landing System) est un système automatique d'aide à l'atterrissage des avions. Il fournit au pilote un guidage de précision dans les plans verticaux et horizontaux jusqu'aux points d'impact sur la piste. L'ILS comprend notamment :

- un système de guidage horizontal appelé LOCALIZER ;
- un système de guidage vertical appelé GLIDE-PATH ;
- des radiobalises d'alignement appelées MARKER BEACONS ;
- des lumières d'approche ;
- un équipement de contrôle et de surveillance ;
- des récepteurs de bord.

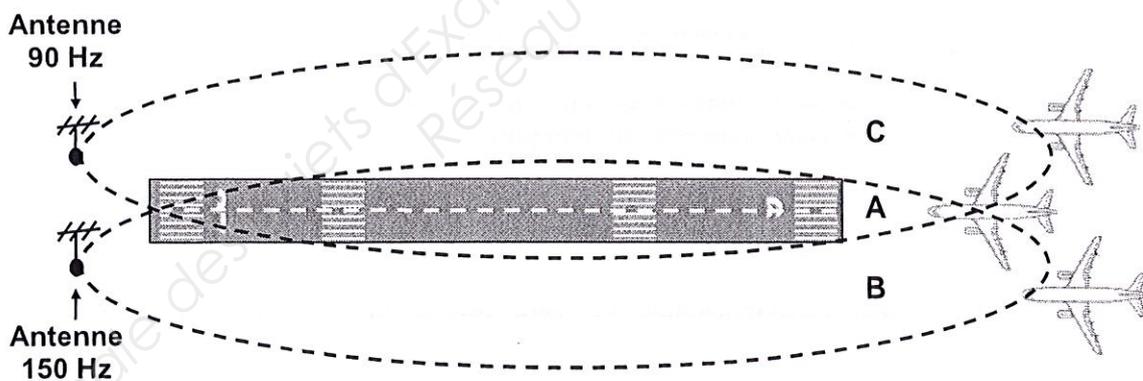
L'étude qui suit concerne le fonctionnement simplifié du LOCALIZER dont on donne une image des antennes émettrices ci-contre.



On considère 2 antennes faiblement directives, situées de part et d'autre de la piste. Elles émettent des signaux modulés en amplitude à des fréquences différentes dans le prolongement de l'axe de la piste :

- l'antenne du côté gauche (A_G) rayonne un signal porteur (porteuse) modulé par un signal sinusoïdal de **150 Hz** ;
- l'antenne du côté droit (A_D) rayonne un signal porteur (de même fréquence que celle de la porteuse de (A_G)) modulé par un signal sinusoïdal de **90 Hz**.

On donne une représentation schématisée de 3 cas de figure (A, B et C) d'approche d'un avion :



1.1 - Étude de l'un des deux émetteurs

Le signal $e(t)$ produit par un émetteur est de la forme :

$$e(t) = A \cdot \cos(2\pi Ft) + \frac{m}{2} \cdot A \cos(2\pi(F + f) \cdot t) + \frac{m}{2} \cdot A \cos(2\pi(F - f) \cdot t)$$

- A : amplitude de l'onde porteuse (V) et F sa fréquence (Hz)
- f : fréquence du signal modulant (Hz)
- m : coefficient appelé taux de modulation

Le spectre en amplitude du signal $e(t)$ est fourni sur le **document réponse n° 1 page 9**.

BTS AÉRONAUTIQUE		Session 2015
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques appliquées	Code : AE3SCPC	Page : 3/10

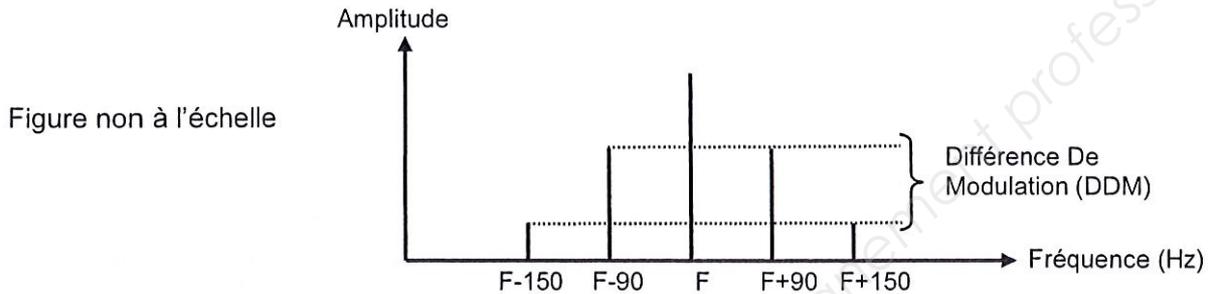
1.1.1 - En analysant cette représentation spectrale, déterminer les valeurs de F , A et m .

1.1.2 - Quel est l'émetteur concerné par ce spectre (A_D ou A_G) ? Justifier votre réponse.

1.1.3 - Calculer la longueur d'onde λ de la porteuse de ce signal si on considère une célérité de l'onde $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

1.2 - Étude d'une approche de l'avion

Si on considère l'avion dans la zone C, l'énergie prépondérante reçue par l'antenne de l'avion est plutôt celle de A_D (soit 90 Hz). Le spectre résultant de la réception des deux antennes est alors de la forme :



La Différence De Modulation (signal DDM) entre les harmoniques permettra d'envoyer au pilote un signal indicateur pour corriger sa trajectoire vers la gauche.

1.2.1 - Représenter sur le **document réponse n° 1 page 9** l'allure (sans échelle) du spectre obtenu si :

- l'avion se trouve plutôt en B (voir **page 3**),
- l'avion se trouve en A (voir **page 3**).

1.2.2 - Quelle est la valeur du signal DDM pour la position A ?

1.2.3 - Quelle doit être la largeur minimale de la bande passante, notée BP, du filtre qui permettra de réceptionner l'ensemble de ces harmoniques.

1.2.4 - Les antennes des avions reçoivent un grand nombre d'ondes électromagnétiques. Quel type de filtre est utilisé pour permettre une réception optimale des harmoniques précédentes ?

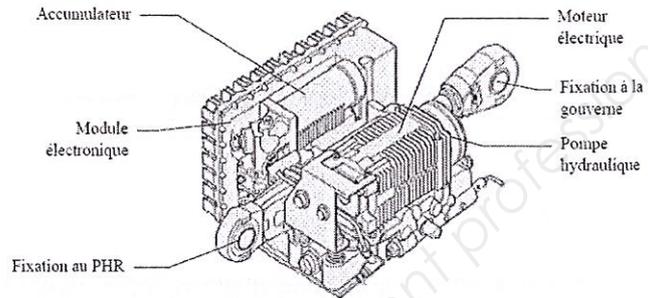
Donner quelques caractéristiques du filtre retenu en précisant son effet sur les fréquences.

PARTIE 2 : EXEMPLE DE COMMANDE DE VOL EHA (Electro - Hydrostatique - Actuator)

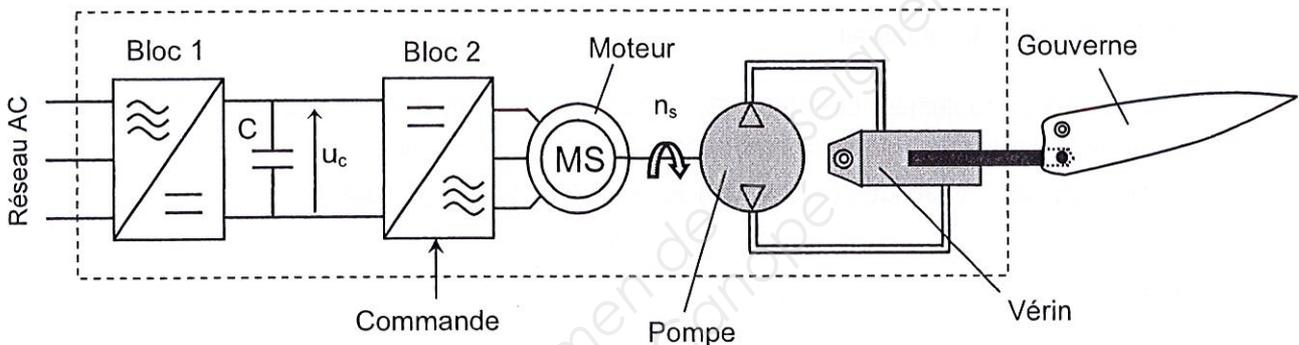
Lors de la manœuvre d'approche de l'avion, le pilote modifie sa trajectoire, son altitude ou sa vitesse, en agissant sur certaines commandes de vol. Depuis le développement de nombreuses commandes de vols électriques sur l'A380, AIRBUS envisage de remplacer les traditionnelles commandes de vol « tout hydraulique » par des commandes électromécaniques EHA.

En effet, cela permet un gain de masse non négligeable et des coûts de maintenance plus faibles.

Exemple ci-contre de commande EHA pour la manœuvre de la gouverne :



On donne le schéma fonctionnel de ce type de commande :



- la pompe hydraulique actionnant le vérin est entraînée par un moteur synchrone triphasé ;
- le réseau AC est un réseau triphasé 115 / 200 V - 400 Hz.

2.1 - Indiquer le nom et le rôle du bloc 1.

2.2 - Quel est le rôle du condensateur de capacité C ?

2.3 - L'expression de la valeur moyenne de la tension u_c est : $\langle u_c \rangle = \frac{3U_{\max}}{\pi}$ avec U_{\max} : valeur maximale ou amplitude de la tension composée du réseau triphasé. Calculer $\langle u_c \rangle$.

Le bloc 2 est un onduleur autonome, non étudié dans le sujet, qui produit un système de tensions triphasées de fréquence variable.

2.4 - Sur la plaque signalétique du moteur synchrone, on peut lire les valeurs nominales suivantes :

$f = 0 \text{ à } 333 \text{ Hz} - 75 / 130 \text{ V} - 30,8 / 17,8 \text{ A} - \cos\phi = 1$ $P_u = 3600 \text{ W} - n_{s\max} = 10000 \text{ tr.min}^{-1}$

Sur quelle(s) grandeur(s) faut-il agir si on souhaite faire varier sa vitesse de rotation n_s ?

2.5 - Calculer la vitesse de rotation n_s de la machine synchrone en considérant qu'elle comporte 4 pôles et que la fréquence de commande est $f = 200 \text{ Hz}$.

2.6 - L'onduleur produit un système de tensions triphasées 75 / 130 V. Calculer la puissance active P_A absorbée par le moteur dans les conditions nominales sachant que la valeur efficace du courant en ligne est $I = 17,8 \text{ A}$.
En déduire son rendement $\eta(\%)$.

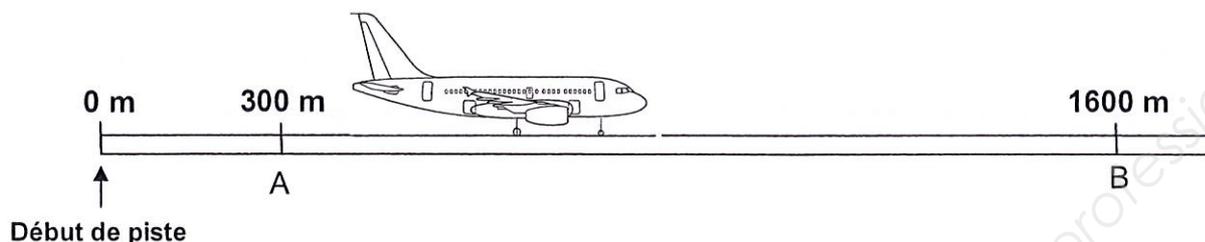
BTS AÉRONAUTIQUE	Code : AE3SCPC	Session 2015
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques appliquées		Page : 5/10

PARTIE 3 : ATERRISSAGE DE L'A320

3.1 - Bilan énergétique « mécanique » de l'atterrissage

Lors de l'atterrissage, et au moment où tous les trains d'atterrissage roulent sur la piste, le pilote effectue le freinage des trains d'atterrissage principaux de l'appareil sans utiliser l'inversion de poussée (cas d'un atterrissage avec défaillance des réacteurs).

Représentation schématique de la piste (figure non à l'échelle) :



Point A : Tous les trains d'atterrissage roulent sur le sol, début du freinage ; la vitesse au point A est $v_A = 248 \text{ km.h}^{-1}$.

Point B : Arrêt de l'appareil.

- La résistance au roulement des roues \vec{F}_R est constante et évaluée à 2 % du poids de l'avion. Cette force est supposée dans le sens opposé au déplacement de l'avion.
- La résistance aérodynamique (ou traînée) \vec{F}_A est négligée lors de l'atterrissage.

Données :

- masse de l'A320 à l'atterrissage : $m = 66,0 \text{ tonnes}$;
- accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

3.1.1 - Calculer l'intensité F_R de la force de résistance au roulement des roues \vec{F}_R .

3.1.2 - En déduire le travail résistant W_R de cette force entre A et B.

3.1.3 - Calculer la variation d'énergie cinétique ΔE_c lors du roulage sur la piste entre A et B.

3.1.4 - Appliquer le théorème de l'énergie cinétique, afin de déterminer l'énergie dissipée sous forme de chaleur au cours du freinage.

3.1.5 - Calculer la puissance globale du freinage P_F si le roulage sur la piste a une durée de $\Delta t = 23 \text{ s}$.

BTS AÉRONAUTIQUE		Session 2015
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques appliquées	Code : AE3SCPC	Page : 6/10

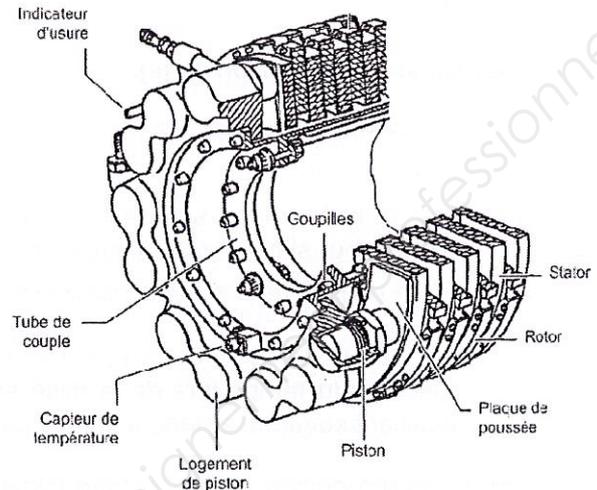
3.2 - Bilan énergétique des freins

Les disques de frein sont empilés les uns sur les autres, constituant ce qu'on appelle un "puits de chaleur" en raison de la température qu'ils peuvent atteindre.

La moitié de ces disques est solidaire de la roue (ou jante) et tourne avec elle, ce sont les rotors. L'autre moitié est solidaire de l'avion par l'intermédiaire de l'essieu et ne tourne pas, ce sont les stators. Ils sont montés en alternance. Ce sont ainsi les frottements des disques les uns sur les autres qui assurent le freinage.

Les disques de friction sont en carbone pour des critères de température de fonctionnement et de légèreté.

- L'énergie thermique dégagée par un frein lors de l'atterrissage précédent est de l'ordre de : $Q_{\text{frein}} = 70 \text{ MJ}$.
- La capacité thermique massique d'un frein est $c_{\text{frein}} = 1300 \text{ J.kg}^{-1} .\text{K}^{-1}$.
- La masse d'un frein est $m = 55 \text{ kg}$.
- La température initiale avant le freinage est $\theta_i = 20^\circ\text{C}$.



Déterminer la température finale θ_f d'un frein à l'issue de la procédure d'atterrissage.

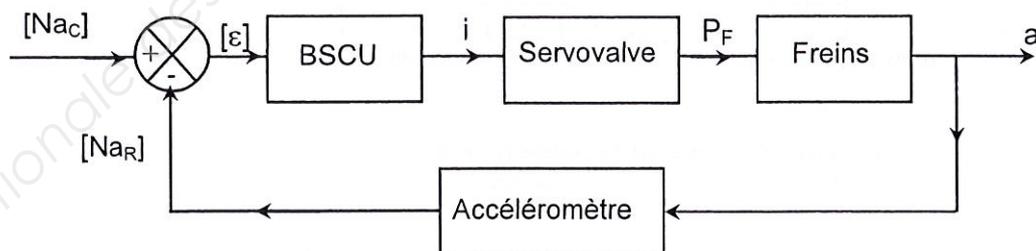
3.3 - Commande des freins

Le système de freinage peut se commander de plusieurs façons :

- soit manuellement par appui sur les pédales de frein ;
- soit automatiquement suivant 3 modes de décélération : LO, MED, MAX que le pilote sélectionne suivant la charge de l'avion, l'état de la piste, les conditions météo...

Dans tous les cas la pression sur les disques de frein est contrôlée par un calculateur (BSCU : Braking Steering Control Unit) pour éviter un dérapage des roues et assurer une décélération constante.

L'ensemble se résume à un système linéaire qui consiste à asservir en décélération (accélération négative) le freinage de l'avion. On en donne le schéma simplifié suivant :



Les 3 accélérations de consigne possibles sont :

- LO : $a_c = -1,7 \text{ m.s}^{-2}$
- MED : $a_c = -3 \text{ m.s}^{-2}$
- MAX : $a_c = -10 \text{ m.s}^{-2}$ (exclusivement sélectionnée lors de l'interruption d'un décollage)

- $[Na_c]$ est le nombre binaire proportionnel à a_c .
- La servovalve électrohydraulique est un appareil qui convertit une grandeur électrique (le courant i) en une grandeur hydraulique proportionnelle P_F (pression).
- L'accéléromètre mesure en permanence l'accélération $|a|$ de l'avion et produit un nombre binaire $[Na_R]$ proportionnel.

3.3.1 - Indiquer les éléments qui constituent la chaîne directe et ceux qui constituent la chaîne de retour.

3.3.2 - Donner l'expression de $[\varepsilon]$.

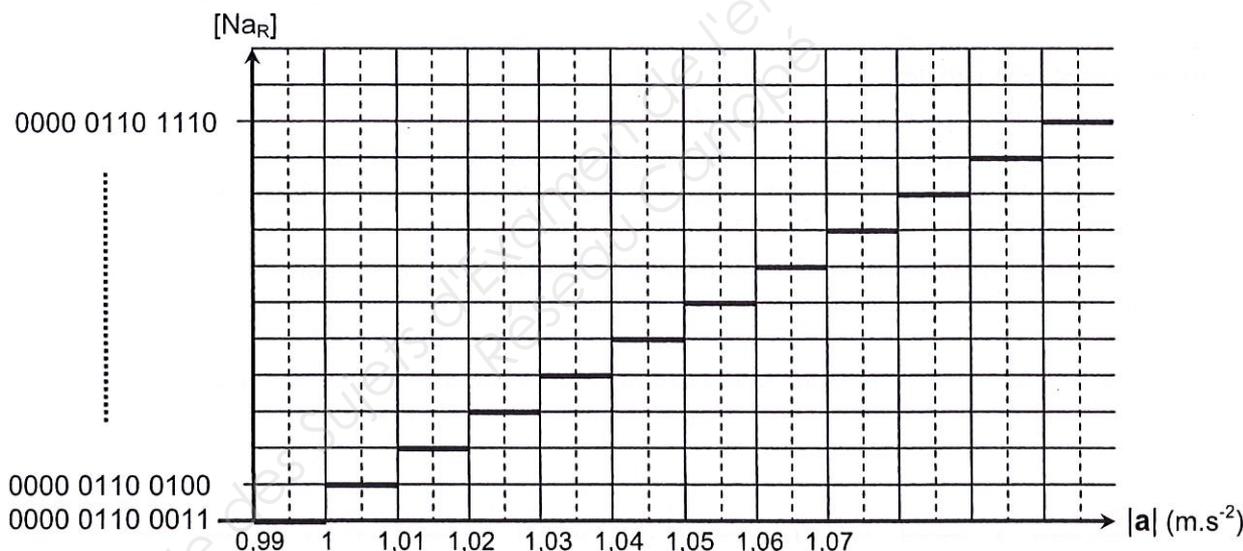
Le pilote a programmé une consigne $a_c = -3 \text{ m.s}^{-2}$. L'accélération 'a' est négligeable au début du freinage.

3.3.3 - Décrire brièvement, sur votre copie, l'évolution des différentes grandeurs, $[\varepsilon]$, i , P_F , $|a|$ et $[Na_R]$. Pour simplifier, on pourra raisonner avec les valeurs absolues des accélérations.

Si on considère le système bouclé parfait, vers quelle valeur tend $[\varepsilon]$?

3.3.4 - On donne sur le **document réponse N° 2 page 10**, l'évolution de l'accélération $|a|$ en fonction du temps lors de la mise en service des freins. Déterminer graphiquement, en justifiant soigneusement, le temps de réponse t_R à 95 % du système de freinage.

L'accéléromètre délivre un mot binaire $[Na_R]$ sur 12 bits image de l'accélération $|a|$ mesurée. On donne ci-dessous une partie de la caractéristique de transfert de ce capteur.



3.3.5 - Mesurer sur la caractéristique la résolution R de ce capteur, c'est-à-dire la plus petite valeur de $|a|$ qu'il est possible de mesurer pour une variation $[\Delta Na_R] = 1$.

3.3.6 - Déterminer la valeur décimale maximale que peut prendre Na_R .

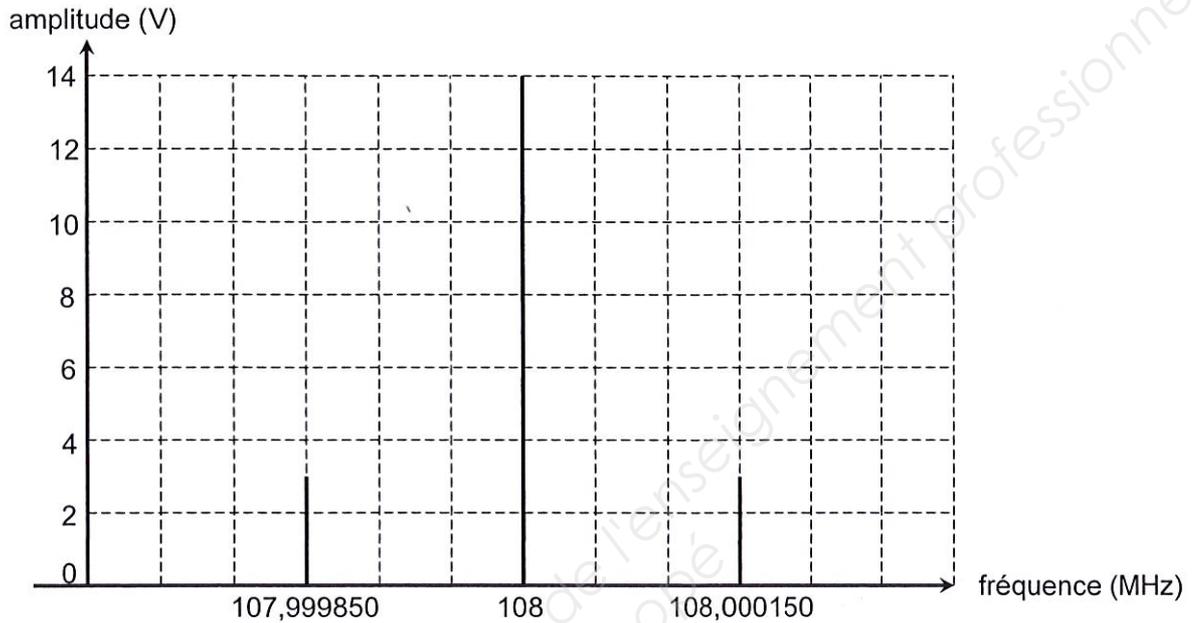
En déduire l'accélération maximale qu'il est théoriquement possible de mesurer.

3.3.7 - On donne $[Na_R] = 0001 0010 1100$; déterminer l'accélération $|a|$ mesurée.

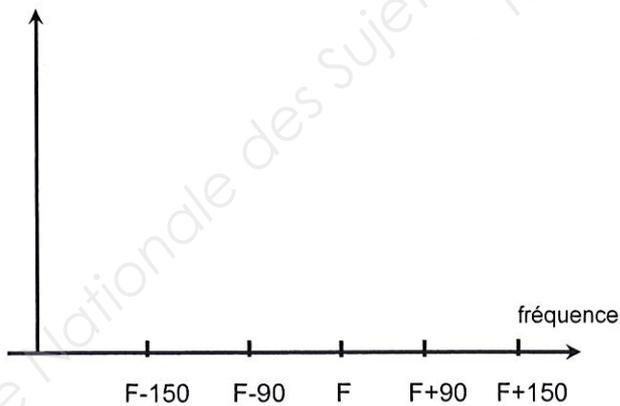
DOCUMENT RÉPONSE N° 1
(à rendre avec la copie)

PARTIE 1 : GUIDAGE DE L'AVION PAR L'ILS

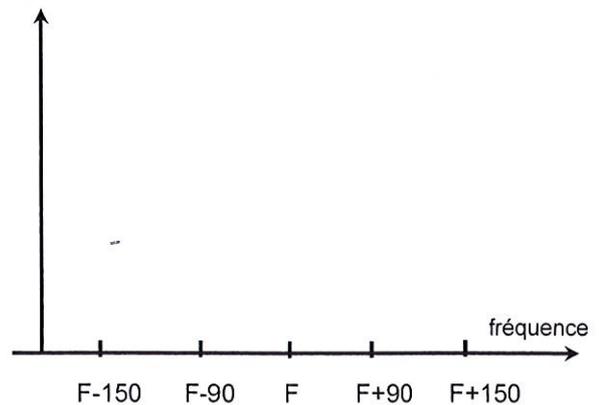
Représentation spectrale de l'un des émetteurs



Allure du spectre résultant pour l'avion en B



Allure du spectre résultant pour l'avion en A



DOCUMENT RÉPONSE N° 2
(à rendre avec la copie)

PARTIE 3 : ATERRISSAGE DE L'A320

