Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR AÉRONAUTIQUE

Épreuve E4 – sous épreuve U41
ÉTUDE DE MODIFICATIONS PLURITECHNOLOGIQUES

Session 2019

Coefficient 4 - Durée 6 heures

Aucun document autorisé

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Le dictionnaire Anglais/Français, spécialisé aéronautique ou pas, est autorisé.



Rotor anti-couple de l'hélicoptère Dauphin - AS365

Constitution du sujet :

- **Dossier Sujet** *(mise en situation et questions à traiter par le candidat)*
  - **PARTIE 1** .....Pages 2 et 3
  - **PARTIE 2** .....Pages 3 et 4
  - **PARTIE 3** .....Pages 4 à 6
  - **PARTIE 4** .....Pages 6 et 7
  - **PARTIE 5** .....Pages 7 à 10
  - **PARTIE 6** .....Pages 10 et 11
  - **PARTIE 7** .....Page 11
- **Documents Techniques (DT)** .....Pages 12 à 27
- **Documents Réponses (DR)**.....Pages 28 à 33

Le sujet comporte sept parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Les documents réponses DR1 à DR6 seront à rendre (mêmes vierges) avec les copies.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Mise en situation

Le DAUPHIN est un hélicoptère bimoteur conçu pour le transport du personnel, les liaisons «off-shore», le sauvetage et le travail aérien.

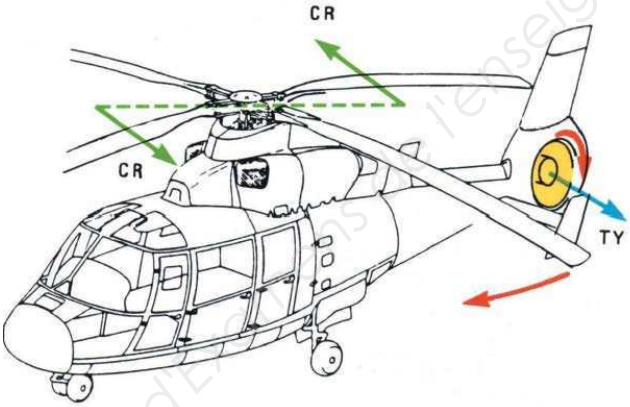
Problématique : suite à un retour d'expérience, une usure anormale constatée sur la chaîne de transmission du rotor anti-couple oblige à reconsidérer sa conception. Le diagnostic permettra, ultérieurement, la rédaction d'un Service Bulletin.

Objectif de l'étude

Nous allons étudier la chaîne d'énergie en partant du moteur jusqu'au rotor anti-couple afin d'obtenir les valeurs de fonctionnement.
Ensuite nous étudierons plus particulièrement le fonctionnement de ce dernier ainsi que sa commande.
Nous contrôlerons le fonctionnement de la mesure tachymétrique.
Notre objectif étant de définir les causes de cette dégradation et de proposer des modifications.

Travail demandé

PARTIE 1 - Étude générale de la chaîne d'énergie de l'hélicoptère



L'objectif de cette partie est d'appréhender les différents acteurs de la chaîne d'énergie d'un hélicoptère à partir des éléments de la documentation technique. Nous nous intéresserons plus particulièrement au rotor anti-couple.

Question 1.1 DT1 à DT5 Feuille de copie	**Donner** le nombre de moteurs et leur puissance respective.

Question 1.2 DT1 à DT5 Feuille de copie	**Donner** la signification des abréviations BTP et BTA.

Question 1.3 DT1 à DT5 Feuille de copie	**Énoncer** la fonction principale du rotor anti-couple.

Question 1.4 DT1 à DT5 Feuille de copie	**Justifier** l'utilité de la variation de pas des pales du rotor anti-couple.

Base nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

Question 1.5 DT1 à DT5 Feuille de copie	**Préciser** sur quelle commande doit agir le pilote pour modifier l'incidence des pales du rotor anti-couple.

Question 1.6 DT1 à DT5 Feuille de copie	**Préciser** si l'action du pilote est directe ou assistée. **Justifier** votre réponse.

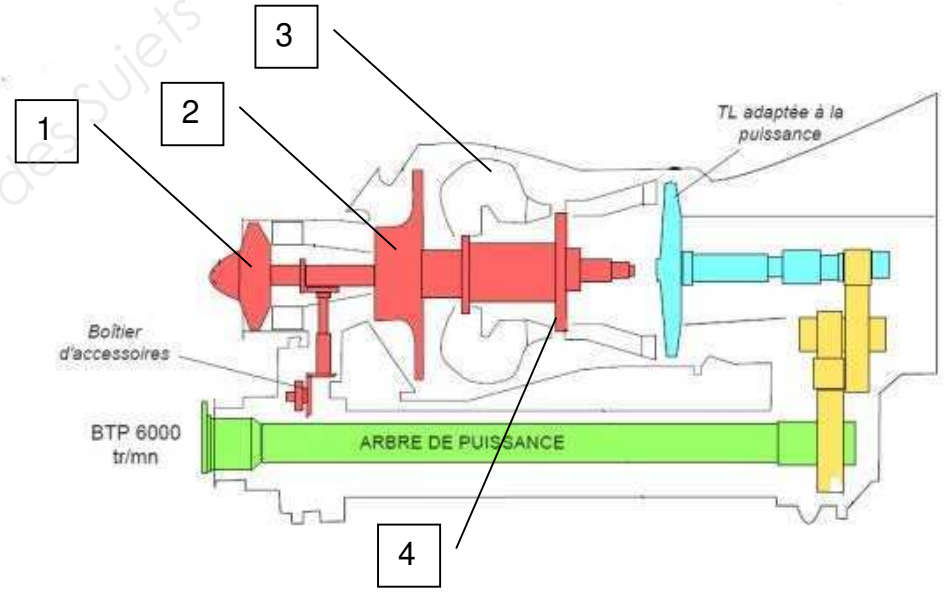
Question 1.7 DT1 à DT5 Feuille de copie	**Préciser** par quel(s) circuit(s) la servocommande arrière est alimentée.

PARTIE 2 - Étude du moteur Turboméca Arriel 2C



L'objectif de cette partie est d'identifier les différents éléments du moteur.

Question 2.1 DT2 Feuille de copie	**Donner** la désignation des éléments repérés 1, 2, 3 et 4 sur le schéma du moteur ARRIEL-2C ci-dessous.



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Question 2.2	**Préciser** la différence entre une turbine libre et une turbine liée. **Préciser** le type de turbine équipant l'hélicoptère AS365.
DT2 Feuille de copie	

Nous allons maintenant étudier le moteur d'un point de vue thermodynamique. On donne :

- *$r = 287\ J{\cdot}kg^{-1}{\cdot}K^{-1}$;*
- *exposant adiabatique de l'air $\gamma = 1,4$;*
- *température de l'air $T_1 = 25°\ C$;*
- *on considérera l'air comme un gaz parfait ;*
- *pression atmosphérique $P_1 = P_{atm} = 1\ 013\ hPa$;*
- *pouvoir calorifique du kérosène $P_{ci} = 44\ 000\ kJ{\cdot}kg^{-1}$;*
- *masse volumique du kérosène $\rho_{kéro} = 790\ kg{\cdot}m^{-3}$;*

Question 2.3	**Calculer**, à partir de l'équation caractéristique des gaz parfaits, la masse volumique de l'air dans les conditions ci-dessus.
DT10 Feuille de copie	

Question 2.4	**Calculer** la chaleur massique à volume constant Cv et la chaleur massique à pression constante Cp de l'air.
DT10 Feuille de copie	

Ce moteur fonctionne selon le cycle de Taylor, nous allons maintenant en étudier le cycle théorique.

Question 2.5	**Tracer** sur un diagramme Pression – Volume (CLAPEYRON) l'allure du cycle de TAYLOR relatif à ce moteur. **Indiquer** la nature de chacune des transformations.
DT2, DT10 Feuille de copie	

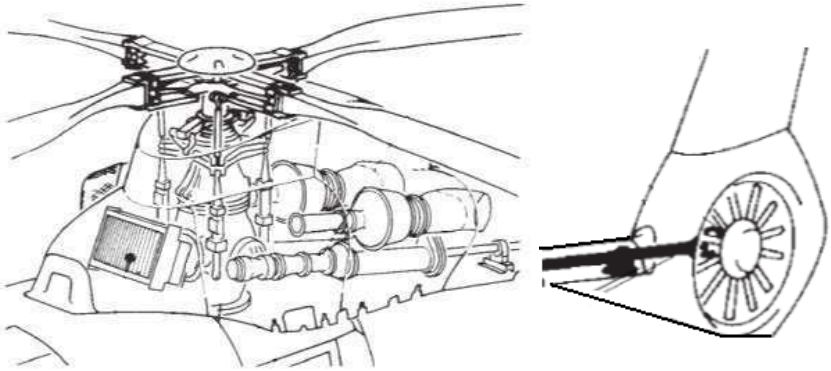
Question 2.6	À partir des données ci-dessus, **calculer** la température T_B en fin de compression.
DT2, DT10 Feuille de copie	

Question 2.7	**Donner** l'expression du rendement du cycle théorique du moteur en fonction de T_A, T_B, T_C, T_D. En déduire son expression en fonction de τ (taux de compression) et γ (Coefficient entropique). **Calculer** sa valeur.
DT2, DT10 Feuille de copie	

Question 2.8	À partir de la consommation spécifique, de la puissance du moteur et du pouvoir calorifique du kérosène, **calculer** le rendement global du moteur.
DT2,DT10 Feuille de copie	

Question 2.9	Sachant que la vitesse de rotation de l'arbre de puissance est de 6 000 $tr{\cdot}min^{-1}$, **calculer** le couple transmissible sur cet arbre.
DT2, DT10 Feuille de copie	

PARTIE 3 - Étude cinématique de l'entraînement des rotors



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

L'objectif de cette partie est de calculer la fréquence de rotation du rotor principal et du rotor anti couple.

À partir de la fréquence de rotation des turbines (entrée BTP), nous allons tout d'abord calculer la fréquence de rotation à la sortie de la BTP vers la BTA.

Question 3.1	Sur le document B.T.P. en coupe, vue de dessus : - **entourer** globalement en vert l'ensemble A (entrée de puissance moteur gauche) ; - **entourer** globalement en rouge l'ensemble B (couple conique d'entrée de puissance gauche).
DT3 DR1	

Question 3.2	Sur le document B.T.P. en coupe, vue de face : - **colorier** en noir l'ensemble D (arbre planétaire) ; - **colorier** en bleu l'ensemble E (sortie puissance vers la B.T.A.) ; - **colorier** en gris l'ensemble C (couronne fixe du réducteur) ; - **colorier** en vert l'ensemble F (satellites) ; - **colorier** en rouge l'ensemble G (porte-satellites).
DT3 DR2	

Question 3.3	**Calculer** le rapport de réduction $r1 = \frac{\omega_{B/0}}{\omega_{A/0}}$ du 1er étage (couple conique A-B).
DT3 Feuille de copie	

Question 3.4	**Calculer** le rapport de réduction $r2 = \frac{\omega_{D/0}}{\omega_{B/0}}$ du 2ème étage (couple conique B-D).
DT3 Feuille de copie	

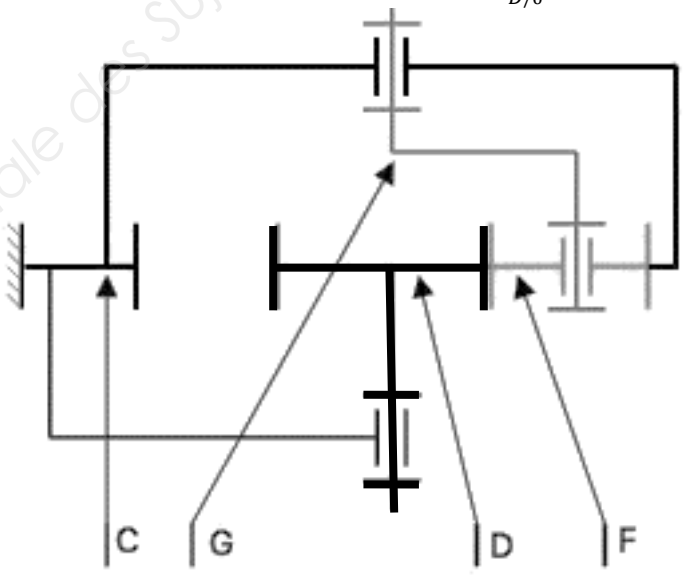
Rappel :

$$\omega_p - \lambda\omega_C + (\lambda - 1)\omega_{PS} = 0$$

$$\frac{\omega_p - \omega_{PS}}{\omega_C - \omega_{PS}} = -\frac{Z_C}{Z_p} = \lambda$$

Avec p : planétaire d'entrée
C : couronne
ps : porte-satellites

Question 3.5	**Calculer** le rapport de réduction $r3 = \frac{\omega_{G/0}}{\omega_{D/0}}$ du train épicycloïdal (ensemble C-D-F-G).
DT3 Feuille de copie	



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Question 3.6 DT3 Feuille de copie	**Calculer** le rapport de réduction $r4 = \frac{\omega_{E/0}}{\omega_{D/0}}$ du 3ème étage (couple conique D-E).

Question 3.7 DT3 Feuille de copie	À partir de la vitesse de rotation de la sortie du moteur N_A = 6 000 tr·min^{-1}, **calculer** les vitesses de rotation de : - la sortie rotor principal N_G ; - la sortie vers la B.T.A. N_E.

Question 3.8 DT3 Feuille de copie	À partir de la vitesse de rotation de la sortie vers la B.T.A. (on prendra N_E = 4010 tr·min^{-1}), **calculer** la vitesse de rotation du rotor anti-couple.

PARTIE 4 - Analyse fonctionnelle de la commande d'incidence du rotor anti-couple

Dans cette partie, nous allons étudier le fonctionnement du système de commande de pas du rotor anti-couple ainsi que les différents efforts qui s'y appliquent.

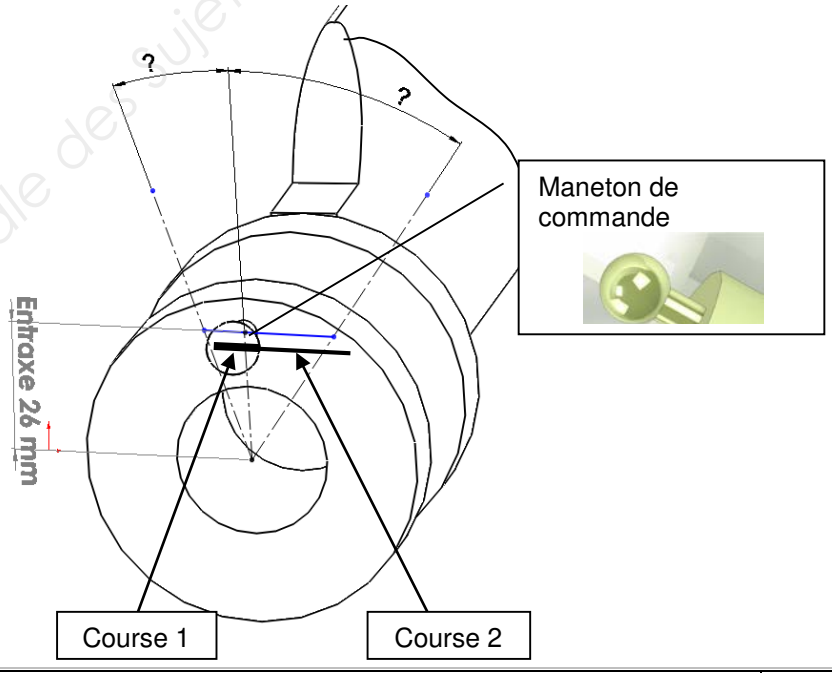
Principe de fonctionnement de la servocommande

Question 4.1 DT8 DR3	Pour les trois schémas représentant une commande du pilote sur le servomoteur : - **colorier** en rouge la pression ; - **colorier** en vert le retour ; - **dessiner** le distributeur dans sa position ; - **dessiner** une flèche correspondant au sens du mouvement de la tige 7.

Variation d'incidence des pales du rotor anti-couple

L'objectif est de déterminer la course de la servocommande pour couvrir la plage d'incidence des pales du rotor anti-couple.

Question 4.2 DT5 à DT8 Feuille de copie	**Relever** les valeurs extrêmes d'angle d'incidence de pales. **Calculer** les courses C_1 et C_2 du plateau de commande 5 pour chaque position. **En déduire** la course totale de la servocommande.



Base Nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

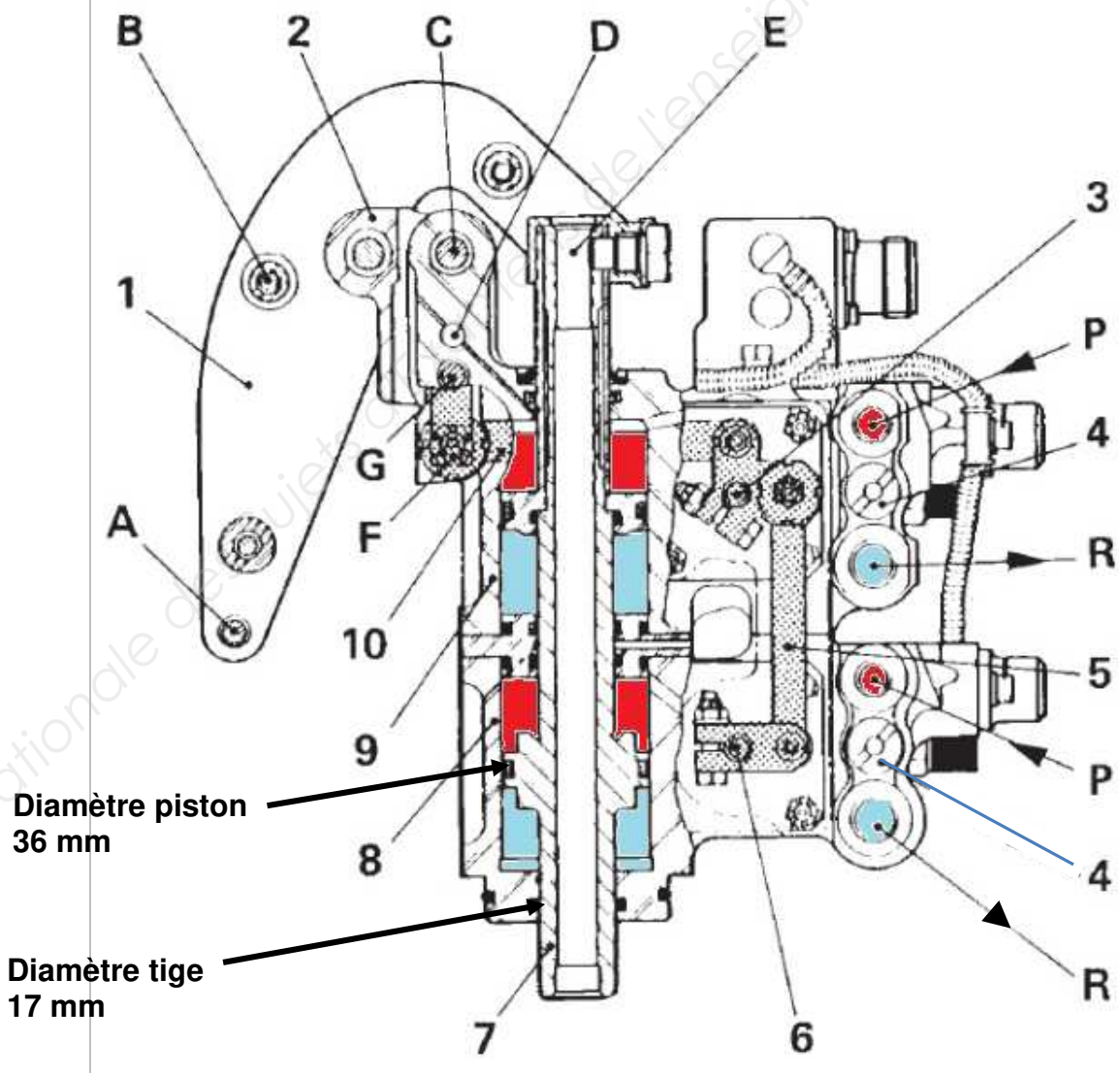
Question 4. 3 Feuille de copie	La servocommande est capable d'effectuer une course de 30 mm. **Vérifier** si cette course est compatible avec les résultats de la question 4.2.

Question 4.4 DT5 à DT8 Feuille de copie	**Choisir**, parmi les propositions suivantes, celle qui permet de rendre compatible la course de la servocommande avec le déplacement angulaire des pales : - Détecter par des capteurs les angles limites des pales et couper l'alimentation hydraulique lorsque les pales sont en position extrême ; - Il n'est pas nécessaire de rendre compatible la course de la servocommande avec le déplacement angulaire des pales ; - Mettre des butées sur la tige de commande.

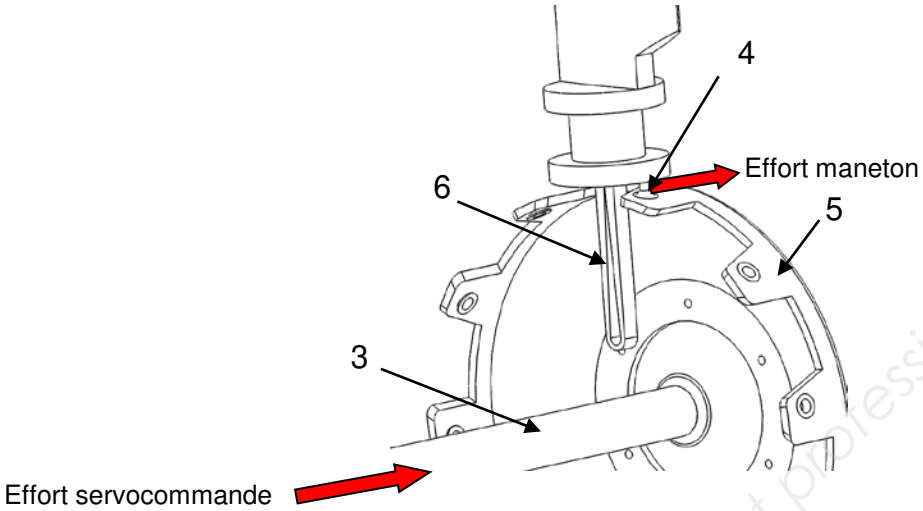
PARTIE 5 - Étude de la modification de la commande de pas du rotor anti-couple

Étude statique

Question 5.1 DT5 à DT8 Feuille de copie	La pression hydraulique de fonctionnement est de 60 bars, le diamètre de tige 7 est de 17 mm et le diamètre du piston est de 36 mm. En tenant compte des pressions dans les deux chambres**, déterminer** l'effort sur la tige 7.



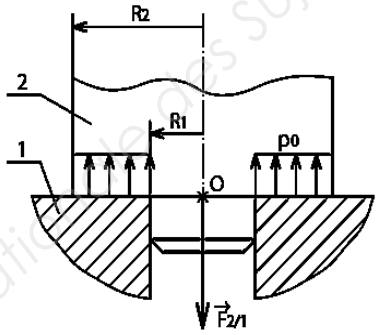
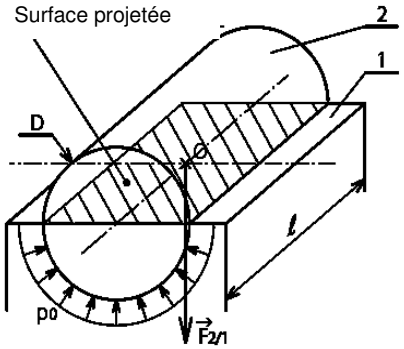
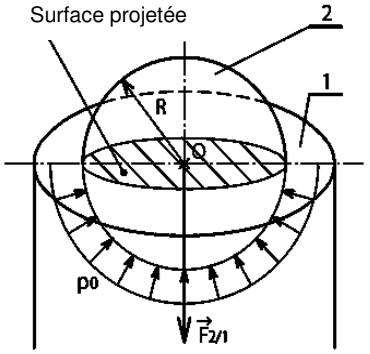
Base Nationale de sujets d'examen de l'enseignement professionnel

Question 5.2 DT5 à DT8 Feuille de copie	L'effort de la servocommande étant totalement transmis au plateau de commande de pas 5, **en déduire** l'effort sur chaque maneton de pale.  Rappel : il y a 10 pales.

Pression de matage

L'objectif ici est de justifier le changement de matériau des manetons de pales qui se dégradent (liaison rotule entre le plateau de commande et la pale).
Initialement, le maneton de pale est une sphère en X15 Cr Ni 18-2 *de diamètre 10 mm.*
On admettra que l'effort presseur du plateau de commande sur le maneton de pale est de 964 N.
Nous calculerons la pression de contact de deux manières différentes : en considérant une répartition uniforme et en utilisant la théorie d'Hertz.

Question 5.3 Feuille de copie	Premier modèle : on considère que la pression se répartit de manière uniforme sur une surface projetée. En vous aidant du tableau ci-dessous, **calculer** la pression Po de contact au niveau des manetons. **Préciser** le modèle de surface retenu.

Surfaces	**Couronne**	**Demi-cylindre**	**Demi-sphère**
Action mécanique	 	 	
Pression p_0	$p_0 = \frac{\lVert \vec{F}_{2/1} \rVert}{\pi(R2^2 - R1^2)}$	$p_0 = \frac{\lVert \vec{F}_{2/1} \rVert}{D \cdot l}$	$p_0 = \frac{\lVert \vec{F}_{2/1} \rVert}{\pi R^2}$

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Question 5.4	Les matériaux utilisés pour les pales et pour le plateau sont identiques. Le coefficient de sécurité pour la résistance au matage doit être supérieur à 1,3. En vous aidant du tableau ci-dessous, **justifier** la nécessité de changer le matériau.
Feuille de copie	

Pression de matage admissible entre surfaces en contact (en MPa)

	Surfaces pressées		Ajustage mobile	
	constante	alternée	constante	alternée
C12	90	40	30	8
X15 Cr Ni 18-2	120	50	75	15
30 Ni Cr Mo 16	80	30	40	10
Carbure de tungstène	150	60	90	25

Question 5.5	Deuxième modèle : la théorie d'Hertz La théorie d'Hertz consiste à dire que les pièces en contact ont tendance à se déformer et donc que la pression dépend aussi de l'enfoncement. Cette méthode est plus contraignante mais aussi plus réaliste. L'expression de la pression de contact dans le cas d'une sphère devient $P_0 = \frac{3F}{2\pi R^2}$. **Calculer** la pression P_0 de contact au niveau des manetons. Pour ce modèle, **préciser** si le changement de matériau est justifié. À partir de la valeur relevée dans le tableau et du coefficient de sécurité de 1,3, **proposer** un autre matériau.
Feuille de copie	

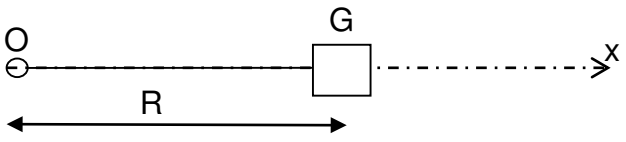
<u>Sollicitation sur le plateau de commande</u>

Question 5.6	En cas de remplacement des manetons, **préciser** les zones à contrôler sur le plateau de commande. **Indiquer** votre réponse par des flèches sur le document relatif à l'étude simulant de la répartition des contraintes sur le plateau de commande.
DT5 à DT8 DR4	

<u>Sollicitations radiales sur les faisceaux torsibles</u>

Nous allons vérifier que les efforts et les déformations dans les faisceaux torsibles n'engendrent pas de grippage au niveau de la liaison pivot entre la pale et l'arbre rotor.

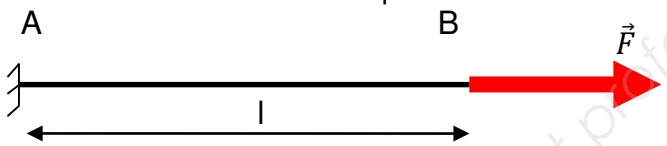
La tenue radiale des pales est assurée par des faisceaux torsibles. Afin de vérifier leur dimensionnement, nous nous intéressons ici aux efforts radiaux dus à la force centrifuge.



On assimile la pale à une masse m appliquée en G, située à une distance R du centre de rotation, tournant à la vitesse constante N.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Question 5.7	On donne : $m = 470$ g ; R $= 200$ mm ; N $= 3\,579\ tr \cdot \text{min}^{-1}$
DT5, DT6 Feuille de copie	La force centrifuge est définie par la relation : $F = mR\omega^2$, avec ω : vitesse de rotation en rad·s^{-1}. **Calculer** cette force.

Question 5.8	Le faisceau torsible est considéré comme une poutre de section S et de longueur l en aramide, encastré en A et soumis à un effort $\overrightarrow{F}$ en B. On prendra pour cette question $F = 13\,200$ N. En étudiant uniquement les sollicitations en traction, **déterminer** la contrainte dans le faisceau. **Calculer** le coefficient de sécurité. **Déterminer** l'allongement d'un faisceau soumis uniquement à la traction.  Module d'élasticité $E = 110\,000$ MPa ; Résistance élastique $Re = 3\,100$ MPa $l = 150$ mm ; $S = 10$ mm^2
DT5, DT6 Feuille de copie	

Question 5.9	Le coefficient de sécurité doit être au minimum égal à 2 et pour ne pas détériorer la liaison pivot, l'allongement des faisceaux ne doit pas dépasser 2 mm. **Conclure** sur la validité des faisceaux.
DT5, DT6 Feuille de copie	

PARTIE 6 - Étude de la Chaîne de surveillance de la vitesse de rotation du rotor

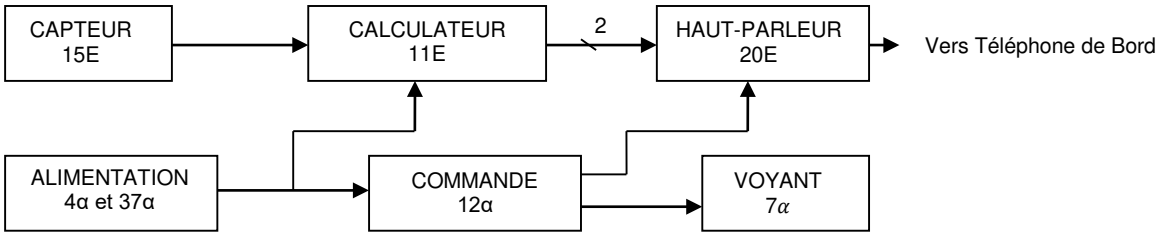
L'usure sur la chaîne de transmission du rotor anti couple peut provenir d'une mauvaise indication de la mesure tachymétrique entrainant une survitesse de rotation.
La vitesse de rotation du rotor est un paramètre important dans la conduite de l'appareil, elle est donc surveillée et affichée en permanence sur des indicateurs. De plus, l'équipage est prévenu par des alarmes sonores et visuelles en cas de sous ou survitesse du rotor principal. Dans cette partie, nous allons étudier la chaîne de surveillance de la vitesse du rotor. La constitution de cette chaîne est donnée dans le dossier technique.

Question 6.1	**Compléter** le document réponse dans le cas d'une fréquence de rotation rotor 390 tr·min^{-1}. **Justifier** la démarche.
DT9 DR5 Feuille de copie	

Question 6.2	La fréquence de rotation du rotor doit-être comprise entre 345 et 380 tr·min^{-1}, **préciser** si le fonctionnement de la chaîne de détection est correct.
DT9 Feuille de copie	

Base Nationale des Sujets d'examens de l'enseignement professionnel

Le schéma synoptique simplifié de l'installation de surveillance vitesse rotor est le suivant :



Le haut-parleur (20E) est situé dans la cabine. Si ce dernier est alimenté, il transforme les signaux électriques provenant du boitier 11E en signaux sonores. De plus, il retransmet l'alarme vers le téléphone de bord.

Question 6.3	**Donner** le nom et la fonction des composants C et D du panneau 4α.
DT11 Feuille de copie	

Question 6.4	**Préciser** ce que permettent les composants repérés D du boîtier 37α.
DT11 Feuille de copie	

Question 6.5	**Préciser** quelle doit-être la position (1 ou 2) de l'interrupteur du panneau 12 pour que les alarmes soient audibles. **Préciser** également la fonction du voyant 'HORN'.
DT11 Feuille de copie	

Question 6.6	**Préciser** le type de câble par lequel l'information circulant entre les boitiers 15 et 11 est véhiculée. **Justifier** l'utilisation de ce type de câble.
DT11 Feuille de copie	

PARTIE 7 - Rédaction d'un service bulletin

L'étude technique a montré la nécessité de remplacer les manetons du rotor anti-couple et de vérifier certaines zones du plateau de commande. Cette partie a pour objet l'écriture de la première page d'un service bulletin

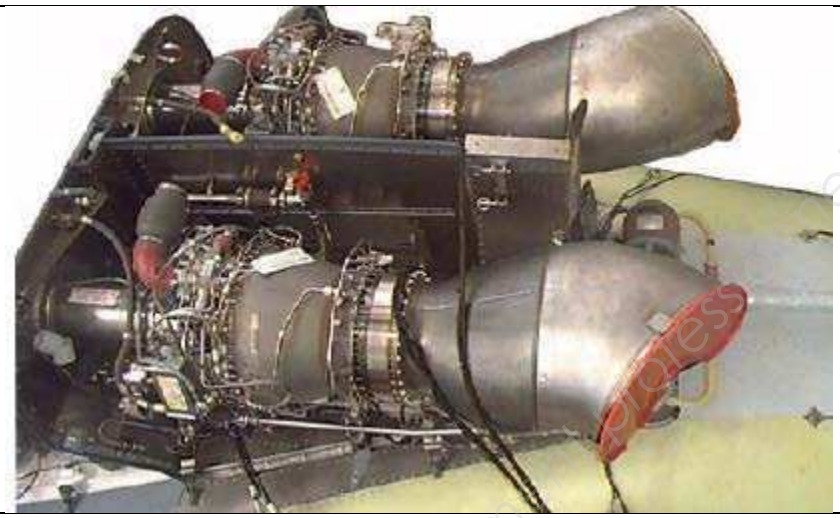
Question 7.1	**Compléter** le service bulletin à partir de l'exemple fourni d'un service bulletin portant sur le même aéronef.
DT12 DR6	

Base Nationale des Sujets d'examens de l'enseignement professionnel

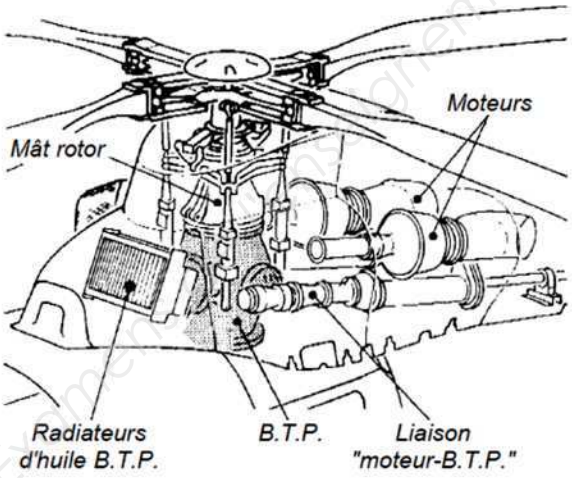
DT1 – Présentation générale de l'hélicoptère AS365 – Dauphin *(feuillet 1/2)*

Le DAUPHIN est un hélicoptère bimoteur conçu pour le transport du personnel, les liaisons off-shore», le sauvetage et le travail aérien.

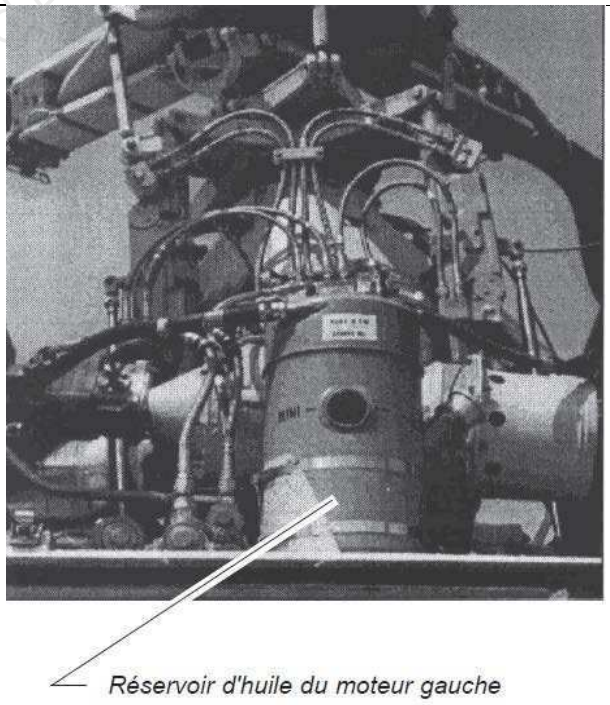
Moteurs : 2 moteurs ARRIEL 2C (turbomoteur à turbine libre).
Conception modulaire et régulation électronique.
635 kW à la puissance maximale de décollage.



ENTRAINEMENT DU ROTOR PRINCIPAL



BOITE DE TRANSMISSION PRINCIPALE (BTP) ET MAT ROTOR (CÔTÉ GAUCHE)

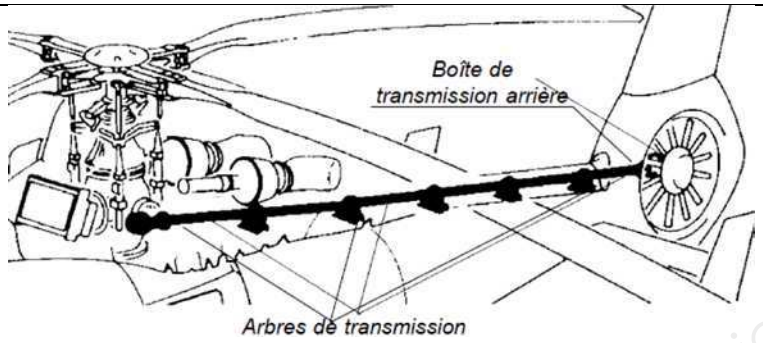


Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

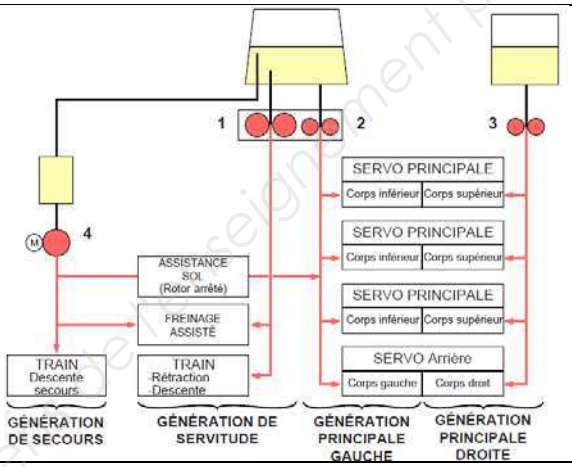
DT1 – Présentation générale de l'hélicoptère AS365 – Dauphin *(feuillet 2/2)*

ENTRAINEMENT DU ROTOR ARRIERE (À PARTIR DE LA B.T.P.)

ROTOR ARRIERE CARENE
Type "FENESTRON" (brevet Aerospatiale)
Avantage de cette formule :
• Sécurité améliorée au sol et lors des évolutions aux basses altitudes ;
• Consommation de puissance nulle en croisière rapide.



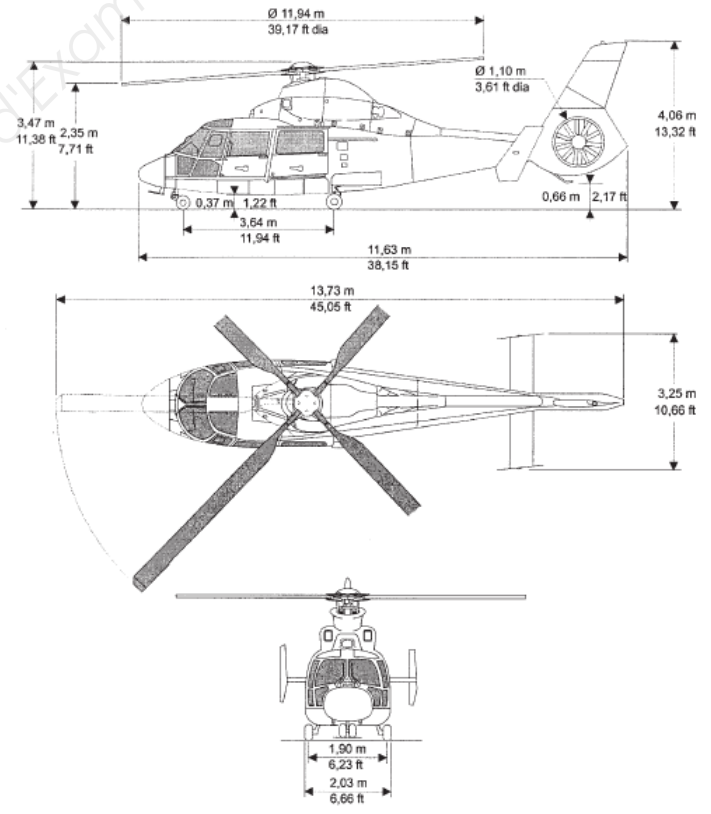
GENERATIONS HYDRAULIQUES
4 générations hydrauliques
• Les pompes (1, 2, 3) sont entraînées par la BTP;
• La pompe électrique (4) permet de sortir les trains en "Secours".



PRINCIPALES DIMENSIONS ET MASSES DU DAUPHIN

Masse maximale autorisée (MTOW) : 4 300 Kg

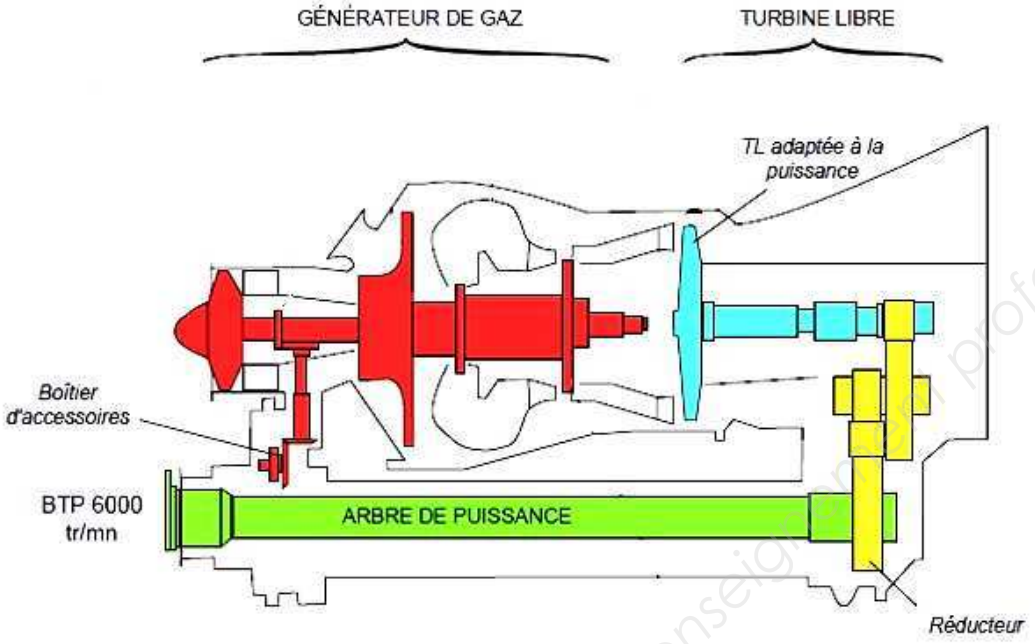
Masse minimale autorisée : 2 430 Kg



Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

DT2 – Groupe propulseur

L'appareil est équipé de deux moteurs à turbine libre TURBOMECA – ARRIEL 2C, placés côte à côte à l'arrière de la B.T.P.



Ce moteur fonctionne suivant le cycle de TAYLOR:

- Admission de l'air aux conditions $P_A = P_{atm}$, $T_A = T_{extérieure} = 25$ °C;
- Compression adiabatique réversible jusqu'à PB, TB ($PB/PA = \tau = 8$);
- Combustion isobare jusqu'à P_C, T_C;
- Détente adiabatique jusqu'à $P_D=P_A$, T_D;
- Refroidissement isobare Jusqu'à P_A, T_A;

<u>Principales caractéristiques :</u>

- groupe turbo-moteur à turbine libre : l'arbre du générateur de gaz et l'arbre de la turbine de travail sont indépendants;
- dispositif de régulation maintenant constante la vitesse de la turbine libre quelle que soit la puissance nécessaire au vol, par action sur le régime du générateur du gaz donc sur la puissance développée;
- conception modulaire: on peut, par remplacement d'un module, éviter le retour du moteur complet en usine;
- circuit de lubrification intégré;
- masse du moteur = 130 kg;
- puissance au décollage P = 635 kW;
- consommation spécifique Csp = 0,332 kg·kWh^{-1};
- taux de compression global (compresseur axial et centrifuge) $\tau = 8$.

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

DT3 – Cinématique de la boite de transmission principale (BTP)

La B.T.P transmet la puissance des moteurs au rotor principal et au rotor anti-couple après réduction de la vitesse de rotation. D'autre part, elle entraîne des accessoires : pompes hydrauliques, alternateurs…

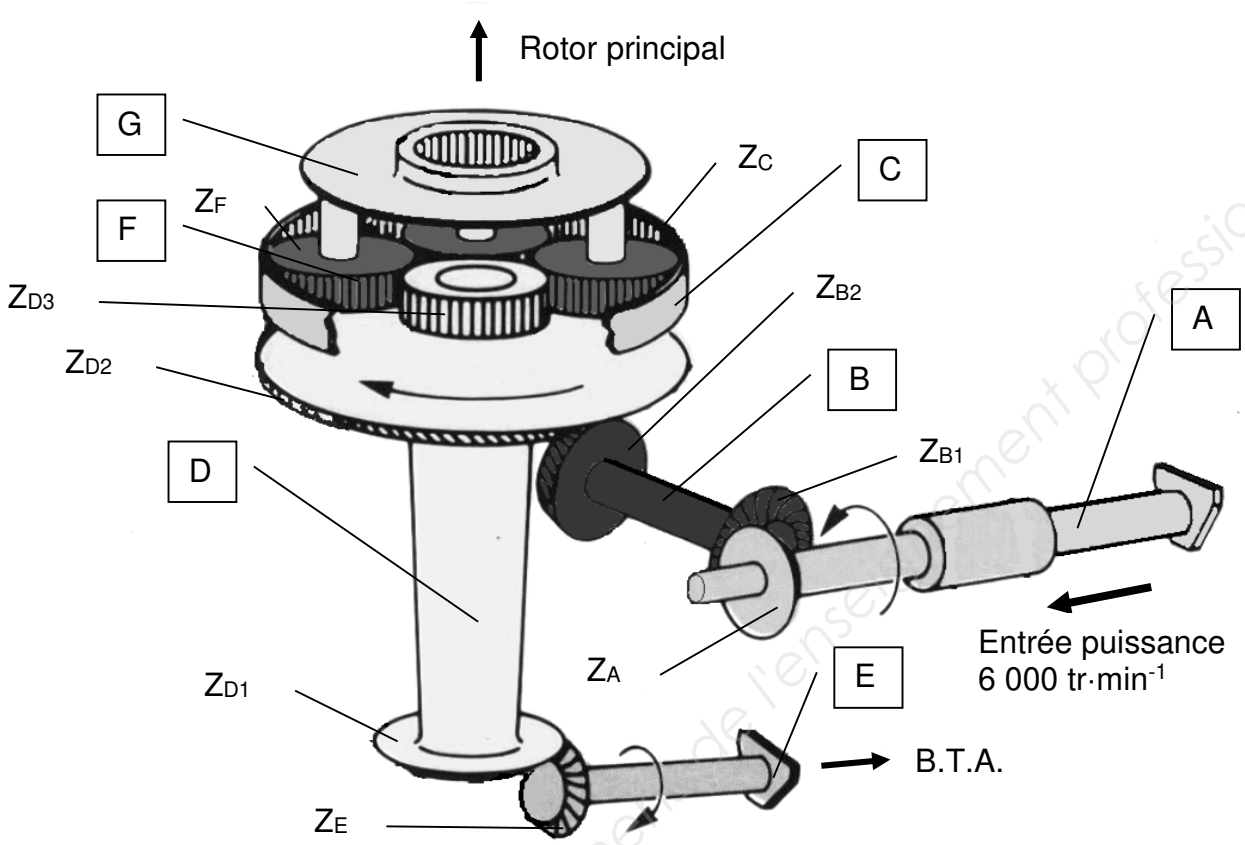
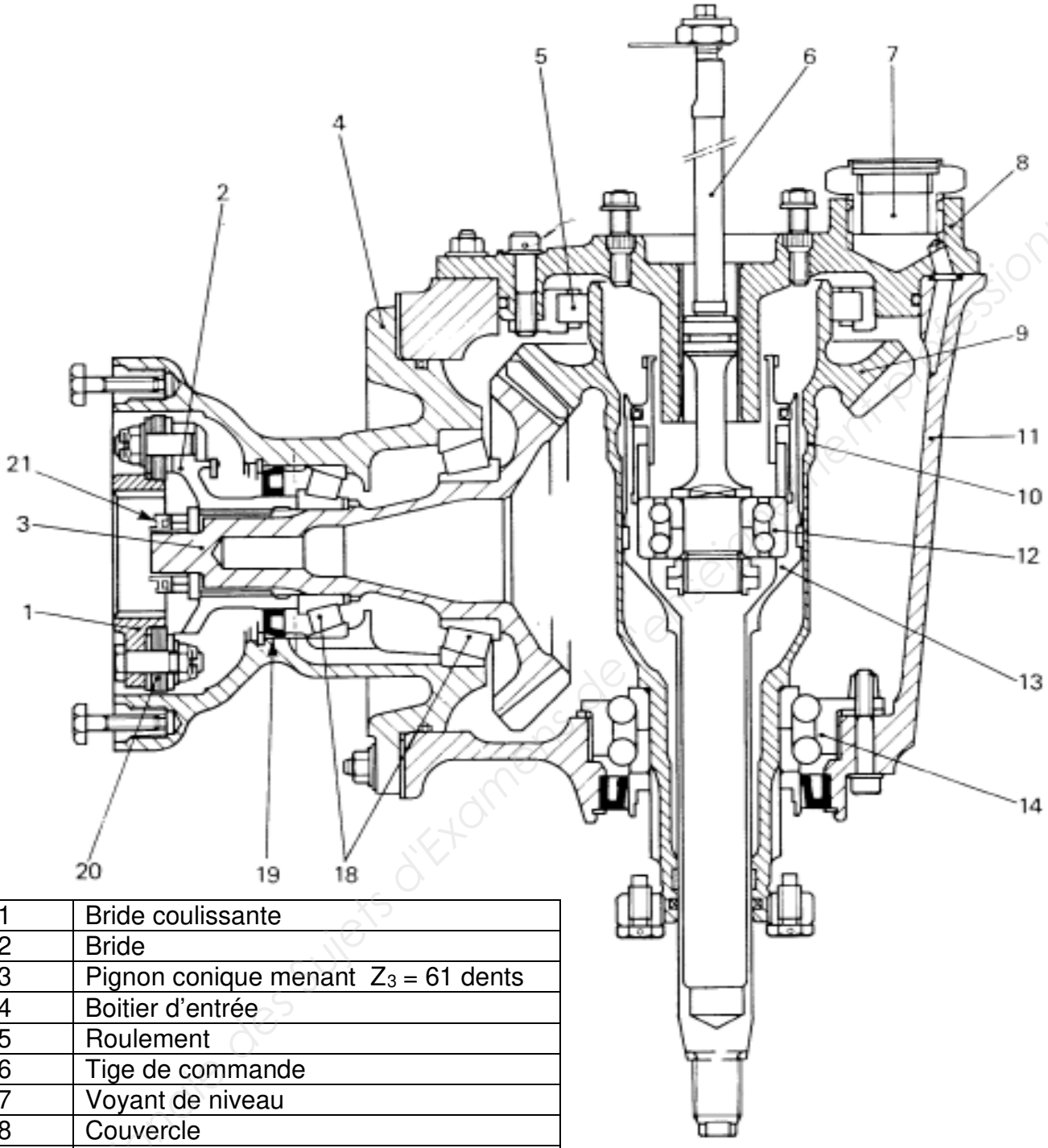


Schéma simplifié montrant la cinématique de la B.T.P. Seul l'entraînement du moteur gauche vers le rotor principal et vers la Boite de Transmission Arrière (B.T.A) est représenté.

A	Entrée de puissance (moteur gauche). Z_A = 33 dents L'entrée de puissance du moteur droit n'est pas représentée sur ce dessin
B	Couple conique d'entrée de puissance gauche. Z_{B1} = 41 dents (coté ensemble A) Z_{B2} = 28 dents (coté ensemble D)
C	Couronne fixe du réducteur. Z_C = 84 dents
D	Arbre planétaire. Z_{D1} = 37 dents (coté ensemble E) Z_{D2} = 78 dents (coté ensemble B) Z_{D3} = 22 dents (coté ensemble F)
E	Sortie puissance vers la B.T.A. Z_E = 16 dents
F	5 Satellites. Z_F = 28 dents
G	Porte satellites, sortie de puissance vers le rotor principal

Base nationale sujets d'examen de l'enseignement professionnel

DT4 – Entrainement du rotor arrière (B.T.A.)

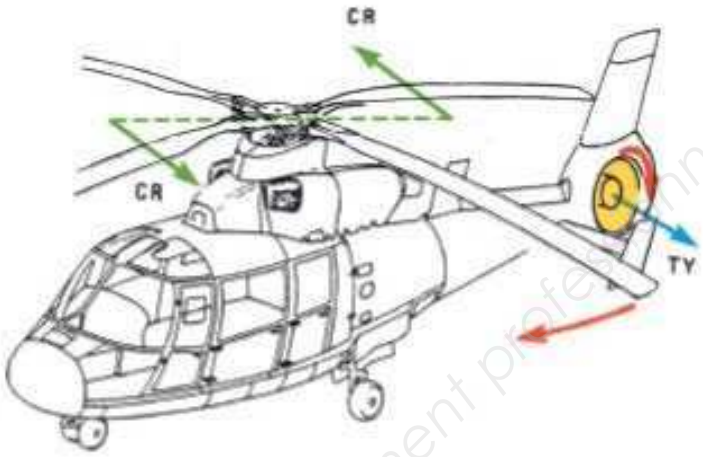


1	Bride coulissante
2	Bride
3	Pignon conique menant $Z_3 = 61$ dents
4	Boitier d'entrée
5	Roulement
6	Tige de commande
7	Voyant de niveau
8	Couvercle
9	Roue conique menée $Z_9 = 68$ dents
10	Arbre rotor
11	Carter B.T.A.
12	Roulement
13	Arbre de commande
14	Roulement
18	Roulement
19	Joint à lèvre
20	Ensemble flector
21	Écrou

Page réservée aux sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

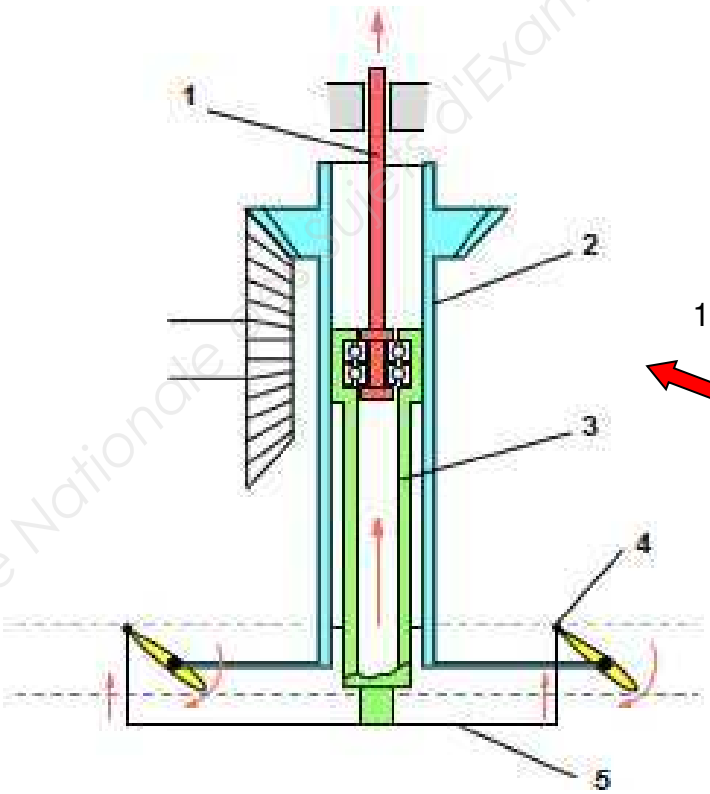
DT5 – Rotor arrière (feuillet 1/2)

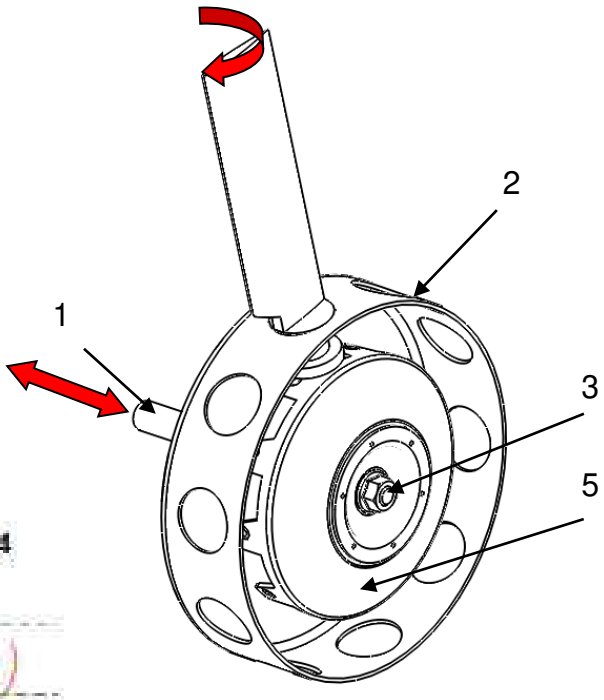
Le rotor arrière fournit la poussée TY qui équilibre le couple de réaction CR du rotor principal; il permet de contrôler l'appareil autour de son axe de lacet en fournissant une poussée positive ou négative en fonction du pilotage.
Le rotor arrière est entraîné par la boîte de transmission arrière (BTA); il tourne dans le sens des aiguilles d'une montre vue du côté gauche de l'hélicoptère.
C'est un rotor type "FENESTRON" à 10 pales à pas variable intégré dans la dérive de l'appareil. Le fenestron « silencieux » se caractérise principalement des autres fenestrons « Dauphin » par la mise en place d'une modulation de l'angle entre chaque pale, la présence d'un redresseur de flux, et la mise au point de nouvelles pales (profils, matériaux et technologies de fabrication).



<u>Cinématique du rotor</u>
La tige de commande (1), actionnée par la servocommande arrière, entraîne l'arbre de commande (3) qui coulisse dans l'arbre rotor (2) et tourne avec lui. Le plateau de commande (5), solidaire de l'arbre de commande, attaque les manetons (4) de pied de pale.

En poussant la pédale droite du palonnier, l'incidence des pales augmente; en poussant la pédale gauche, l'incidence diminue.

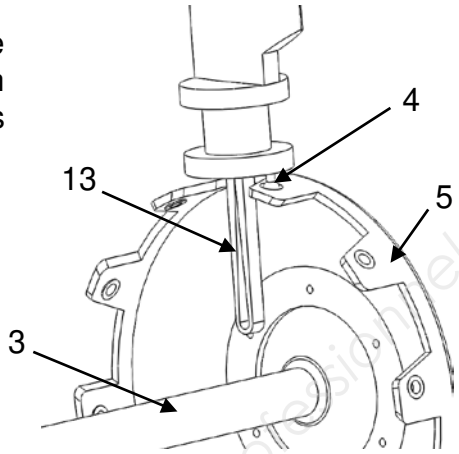




Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

DT5 – Rotor arrière (feuillet 2/2)

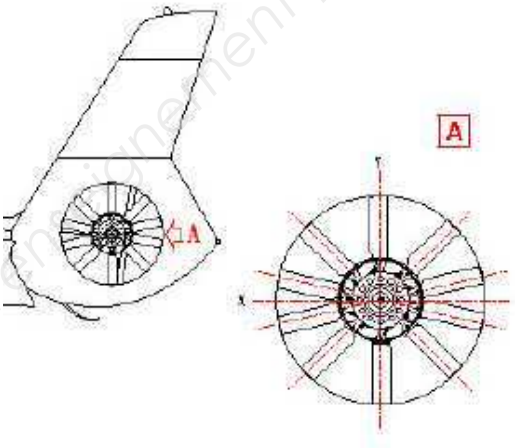
Les pales sont guidées en rotation par deux paliers dans l'arbre rotor (2). Le faisceau torsible (13) relié à l'arbre rotor (non représenté ici), encaisse les efforts centrifuges et autorise les variations de pas (déformation en torsion du faisceau).



<u>Le moyeu rotor arrière</u>

Caractéristiques techniques
Le rotor est intégré à la dérive.

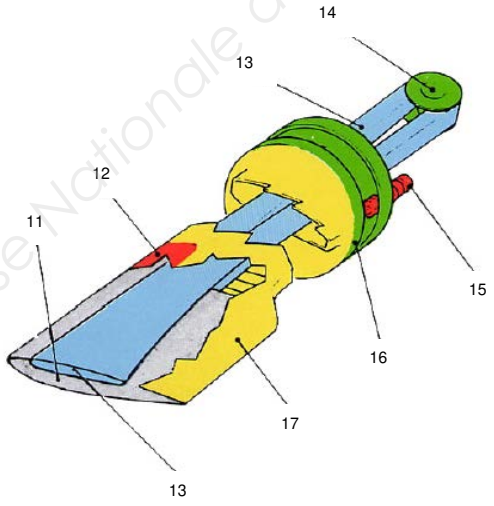
Diamètre du fenestron	1 100 mm
Vitesse de rotation	3 579 tr·mn^{-1}
Diamètre du rotor	546 mm
Nombre de pales	10
Angle de pas	- 17° à + 35°



<u>Les pales arrières</u>

Chaque pale, en matériau composite, comporte un longeron en kevlar (13) enroulé autour d'une bobine en aluminium (14). Ce longeron encastré dans la pale (17) constitue une zone torsible qui permet la variation de pas.

Longueur	427 mm (16.81 in)
Corde	94 mm (3.70 in)
Masse	470 g (1.03 lb.)
Vrillage	OAF 10°

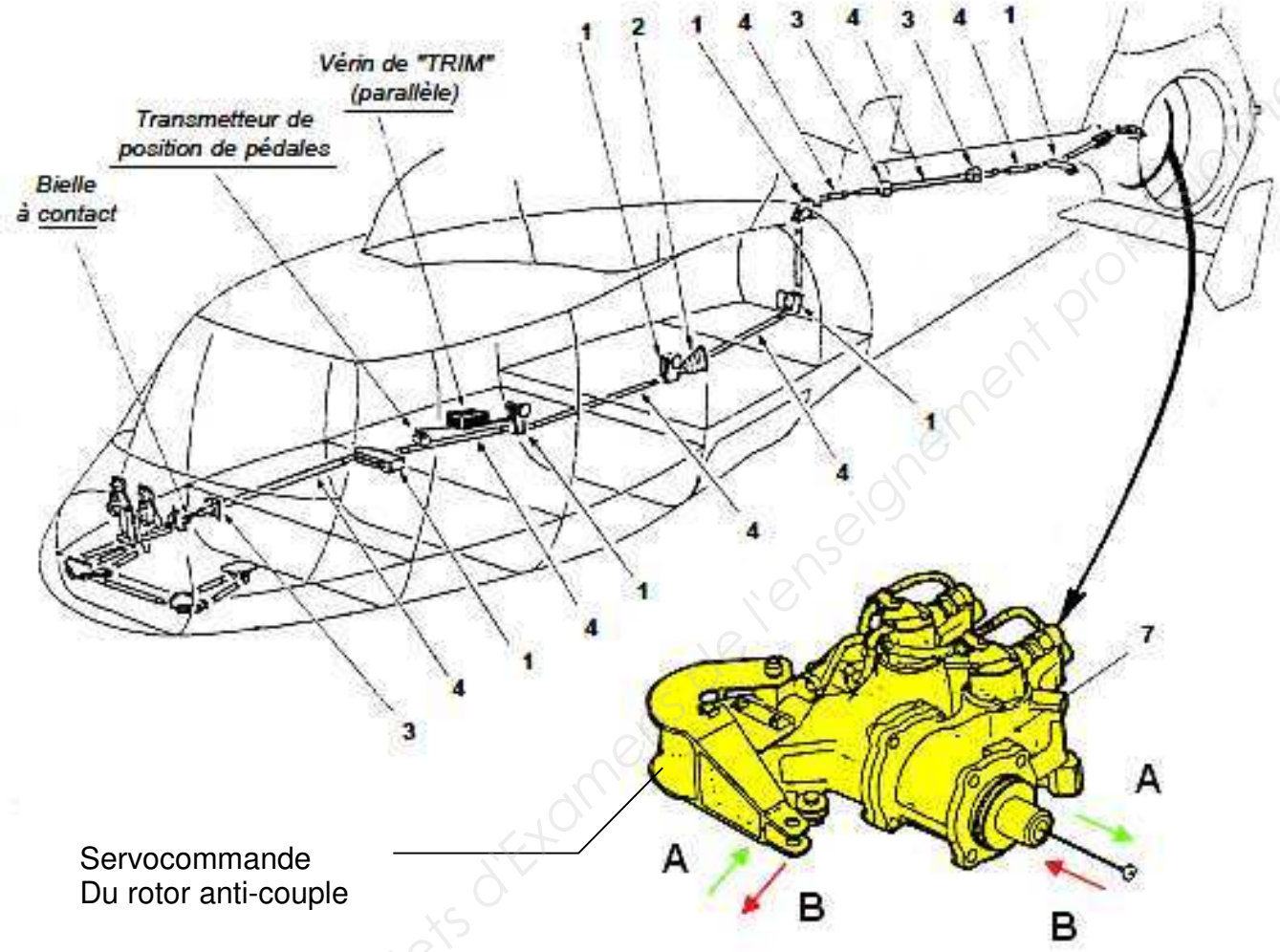


11	*-Pains de mousse*
12	*-Protection du bord d'attaque - Titane*
13	*-Longeron - Kevlar*
14	*-Bobine - Aluminium*
15	*-Maneton de commande de pas*
16	*-Bobine en alliage léger rapportée (palier d'articulation de changement de pas)*
17	*-Revêtement - Tissu de verre et de carbone*

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DT6 – Commande du rotor anti-couple

Les pédales de lacet sont reliées à la servocommande arrière (7) par une chaîne de commande rigide constituée de bielles (4) et de renvois (1).



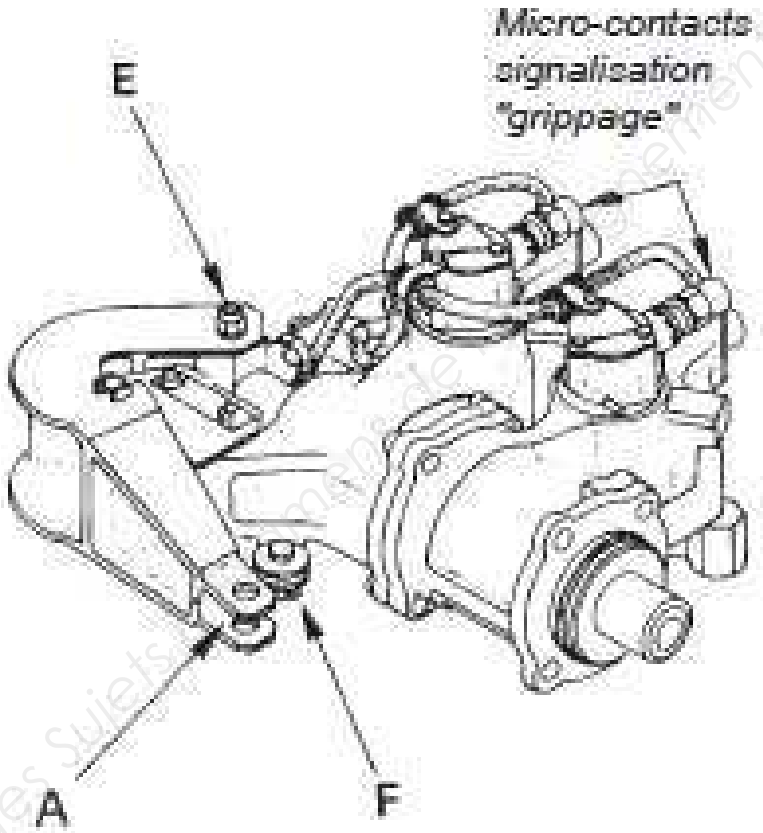
.

1	Renvois
2	Soufflet (traversée de cloison)
3	Paliers lisses
4	Bielles
7	Servocommande arrière
A	Accroissement du pas
B	Diminution du pas

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

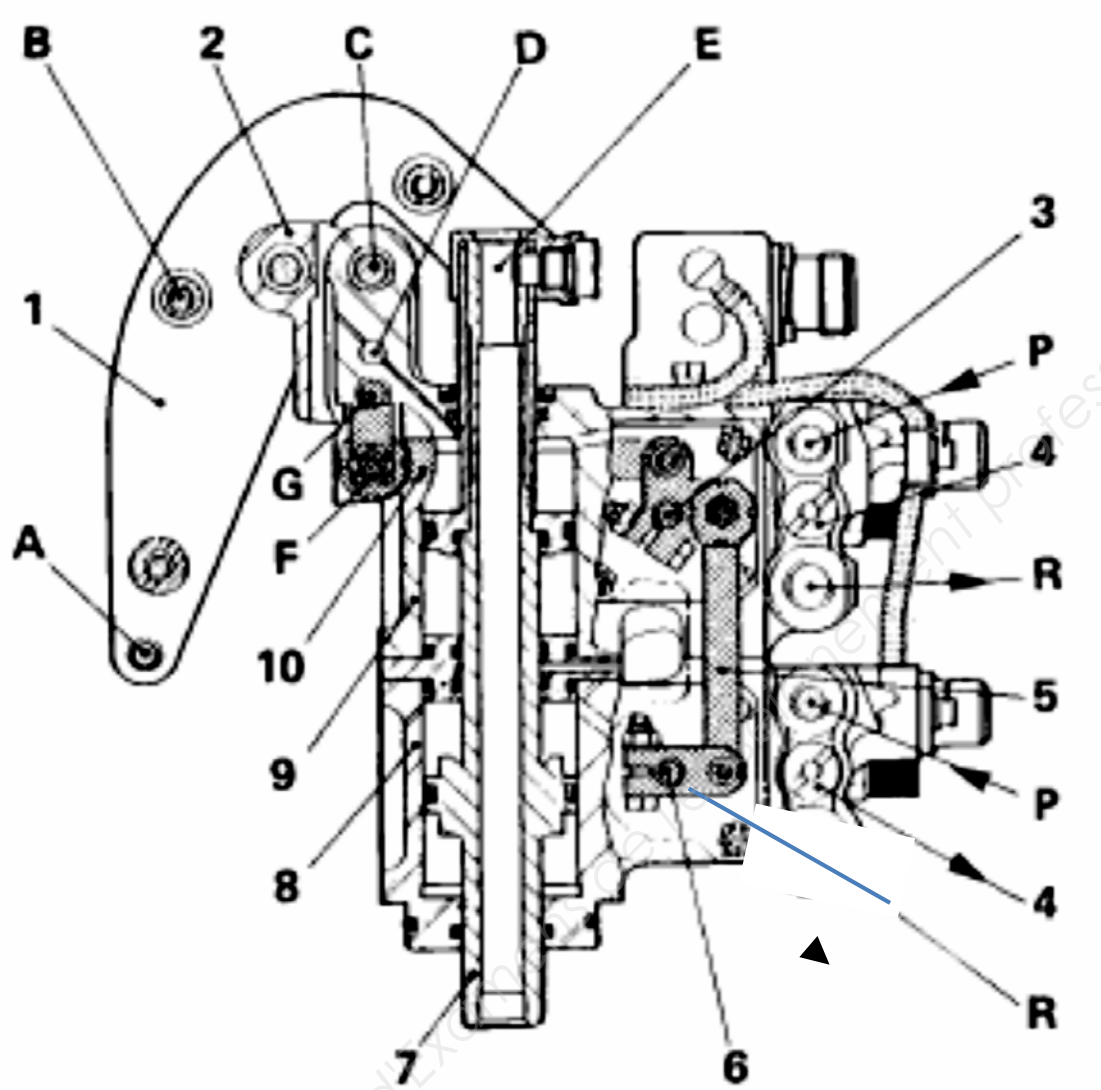
DT7 – Servocommande du rotor anti-couple *(feuillet 1/2)*

SERVOCOMMANDE à double corps. L'ensemble «corps» est fixé sur la B.T.A. La tige de commande de pas du rotor arrière traverse la tige du piston (7) et est rendu solidaire de celle-ci par boulonnage. Corps et piston constituent un vérin hydraulique à double effet commandé par deux distributeurs rotatifs (un par corps). Le distributeur double permet, en cas de grippage du distributeur principal, d'éviter le blocage de la commande et de continuer à alimenter la servocommande.



Base Nationale des Sujets d'examens de l'enseignement professionnel

DT7 – Servocommande du rotor anti-couple *(feuillet 2/2)*

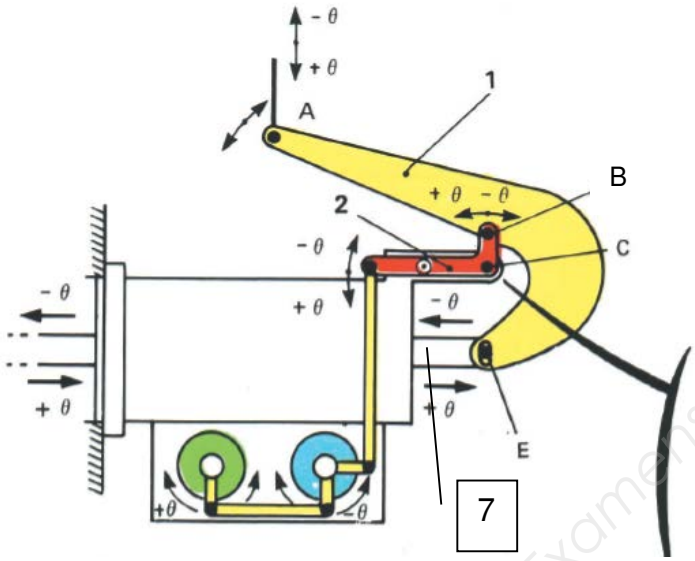


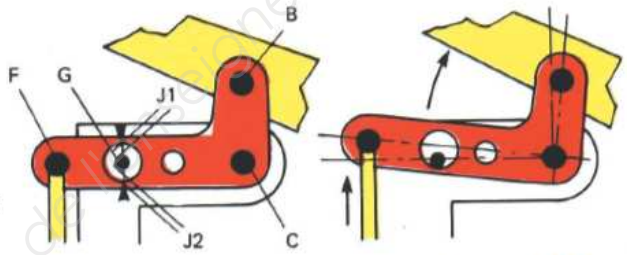
1	Levier d'entrée (commande pilote)
2	Levier butées
3	Distributeur droit
4	Filtre corps droit - corps gauche
5	Biellette de commande du distributeur gauche
6	Distributeur gauche
7	Tige de pistons
8	Corps gauche
9	Corps droit
10	Biellette de commande du distributeur droit
A	Axe de liaison commande pilote - levier d'entrée
B	Axe de liaison levier d'entrée - levier de butées
C	Axe d'articulations du levier de butées
D	Trou de brochage du levier de butées (zéro mécanique)
E	Axe de liaison et d'articulation du levier d'entrée avec la tige de pistons
F	Axe de liaison levier de butées - biellette de commande des distributeurs
G	Axe de butées (limitation du débattement du levier de butées)

DT8 – Cinématique de la servocommande

La bielle d'attaque liée au point A fait tourner le levier d'entrée (1) autour du point E qui est fixe tant que la servocommande est en équilibre. La rotation du levier d'entrée, par l'intermédiaire de l'axe B, entraîne le levier de butées (2) en rotation autour du point fixe C solidaire du corps de la SERVOCOMMANDE. Le moindre écart angulaire du levier de butées (2) par rapport à sa position neutre (J1 > J2) conditionne le sens de la vitesse de déplacement de la SERVOCOMMANDE par la rotation des distributeurs liées au levier de butées en F. Tant que l'action sur la bielle d'attaque conserve le levier de butées hors de sa position neutre, le point E se déplace entraînant en rotation le levier d'attaque autour du point B.

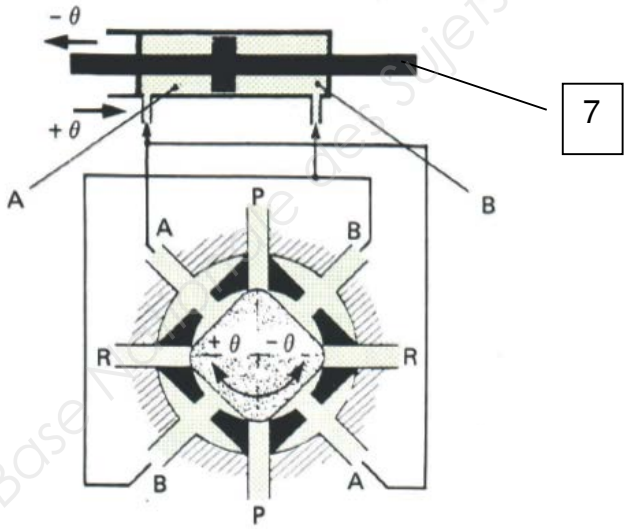
NOTA : la vitesse maximale de déplacement de la tige de pistons de la SERVOCOMMANDE est obtenue lorsque l'alésage du levier de butées est en contact avec l'axe fixe G.





SERVOCOMMANDE en équilibre Levier butées au neutre J1=J2

SERVOCOMMANDE en mouvement Levier de butées hors neutre J1>J2



+ θ : augmentation de la poussée du rotor
- θ : diminution de la poussée du rotor

Base Nationale de Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

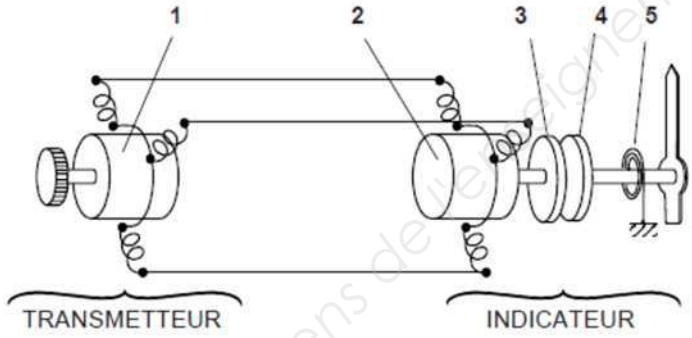
DT9 – Surveillance de la vitesse de rotation du rotor *(feuillet 1/2)*

1) Principe de Fonctionnement

Le pilote lit sur un indicateur tachymétrique la vitesse de rotation (NR) du rotor et est prévenu par une alarme sonore de tout dépassement des seuils de vitesse MINI et MAXI du rotor.

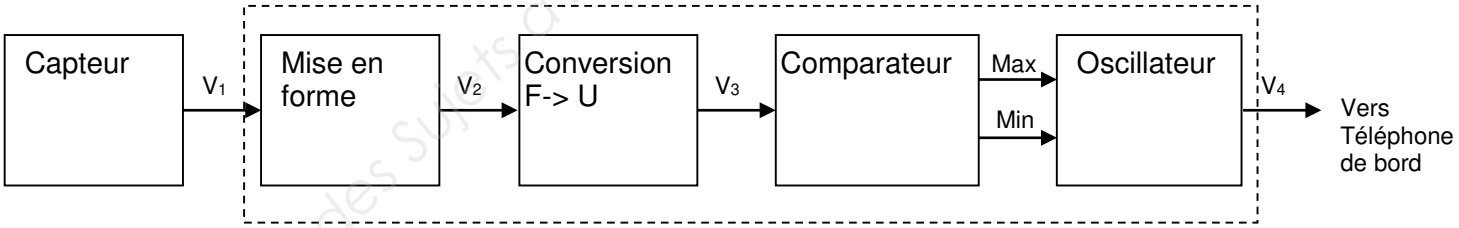
a) Affichage de la vitesse de rotation N_R

C'est une chaîne de mesure AUTONOME. Le transmetteur est un alternateur triphasé dont le rotor (1), entraîné par la BTP, produit un courant de fréquence proportionnelle à NR. Ce courant alimente l'indicateur moteur synchrone, dont le rotor (2) tournant à la vitesse de l'alternateur, entraîne un aimant (3) qui applique par induction (courant de Foucault) un couple sur le disque d'aluminium (4) solidaire de l'aiguille indicatrice. Le couple d'entraînement du disque équilibré par le ressort (5), est proportionnel à NR. L'indicateur est installé sur la planche de bord côté pilote. Cet indicateur affiche aussi les valeurs N2 des moteurs. Suivant la version, les valeurs NR sont répétées sur un indicateur simple côté copilote.



b) Alarme sonore

Le schéma synoptique est le suivant :



Le capteur est une génératrice qui est entrainée par le rotor. Il fournit une tension V_1 alternative dont la fréquence (f_{V1}) est proportionnelle à la vitesse du rotor N_R.

La fonction 'Mise en forme' (V_2) transforme la tension V_1 en un signal rectangulaire de même fréquence.

La fonction 'Conversion' permet d'obtenir une tension continue V_3 proportionnelle à la fréquence du signal V_2.

La fonction 'Comparateur' permet de créer les deux signaux logiques 'Max' et 'Min' en fonction de la valeur de la tension V_3.

La fonction 'Oscillateur' crée un signal sinusoïdal, dont la fréquence est fonction des entrées 'Min' et 'Max'.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DT9 – Surveillance de la vitesse de rotation du rotor *(feuillet 2/2)*

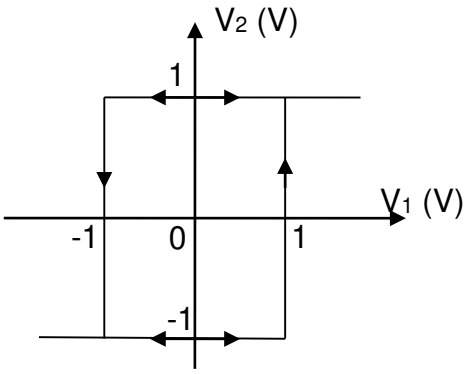
2) Caractéristiques des différentes fonctions

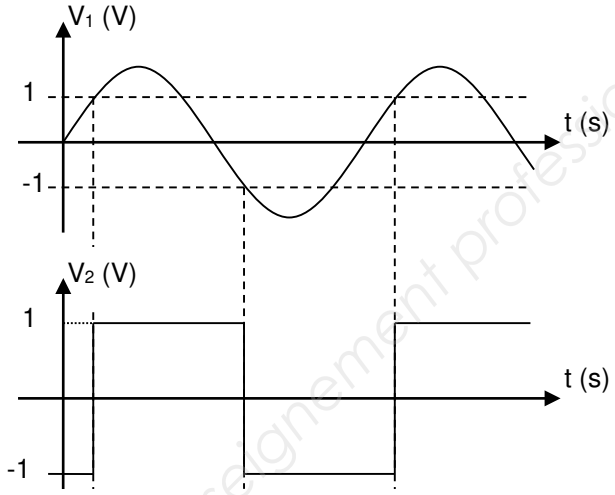
a) Capteur

Il fournit une tension sinusoïdale

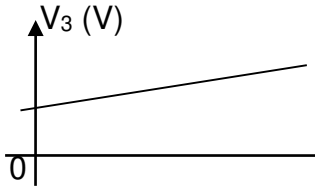
- d'amplitude 4V avec V_{1Max} = 2V,
- et de fréquence : $f_{v1} = \frac{4.N_R}{60}$; f en Hz et N_R en tr·min^{-1}

b) Fonction 'Mise en forme'





c) Fonction 'Conversion F→U'



V_3 = 1 + 0,2*f
V_3 en Volt, f en Hertz

d) Fonction 'Comparateur'

La table de fonctionnement du comparateur est la suivante :

V_3 (V)	Min	Max
$V_3 < 5{,}6$	1	0
$5{,}6 \leq V_3 \leq 6{,}1$	0	0
$6{,}1 < V_3$	0	1

e) Fonction 'Oscillateur'

La table de fonctionnement de l'oscillateur est la suivante :

Min	Max	f_{V4} (Hz)	Amplitude V_4 (V)
1	0	500	1
0	0	0	0
0	1	1 500	1
1	1	0	0

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DT10 – Formulaire de Thermodynamique

Notation :

P_1 : pression initiale	P_2 : pression finale	P : pression statique	P_i : pression d'arrêt
T_1 : température initiale	T_2 : température finale	T_0 : température infini amont	
Ti : température d'arrêt	T : température statique	Fp : poussée	
γ : rapport cp/cv	η : rendement	ρ : masse volumique	
M : Nombre de mach	pci : pouvoir calorifique carburant	Cp : chaleur massique à P = cte	
W : Travail	h : enthalpie	S : entropie	
Q : Chaleur	Q_1 : chaleur échangée avec SF	Q_2 : chaleur échangée avec SC	
V : Volume	vo : vitesse infini amont	v_{10} : vitesse éjection des gaz	
Pp : Puissance propulsive	Pcal : Puissance calorifique	Ptr : Puissance thermique réelle	
P_{10} : pression statique en 10	Po : pression statique infini amont	Csp : consommation spécifique	
Do : débit d'air interne	Dc : débit carburant	r : constante des gaz parfaits	
S_{10} : Section de sortie tuyère primaire			

Relation entre pression et température pour un compresseur / pour une turbine

$$\frac{P_{i2}}{P_{i1}} = \left(\frac{T_{i2}}{T_{i1}}\right)^{\left(\frac{\gamma.\eta_{comp}}{\gamma-1}\right)} \qquad \frac{P_{i2}}{P_{i1}} = \left(\frac{T_{i2}}{T_{i1}}\right)^{\left(\frac{\gamma}{(\gamma-1).\eta_{turb}}\right)}$$

Relation de Saint Venant :

$$T_i = T.\left[1 + 0{,}5.(\gamma-1).M^2\right] = cte \qquad T_i = T + \frac{v^2}{2.Cp} = cte$$

Premier principe de la thermodynamique pour un système ouvert:

$$W + Q = \Delta h$$ *(h : enthalpie) avec ΔH = Cp ΔT pour 1 kg.*

Second principe de la thermodynamique:

$$\frac{dQ_1}{T_1} + \frac{dQ_2}{T_2} = dS$$ *avec dS = 0 (en isentropique)*

Ti et Pi :

$$T_i = T.\left(1 + \left(\frac{\gamma-1}{2}\right).M^2\right)$$

$$P_i = P.\left(1 + \left(\frac{\gamma-1}{2}\right).M^2\right)^{\left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)}$$

$$P^{1-\gamma}.T^{\gamma} = P_i^{1-\gamma}.T_i^{\gamma}$$

(Valable dans le plan d'éjection de chaque tuyère)

Constantes : r = 287 J.Kg^{-1}.K^{-1}

$$C_p = \frac{\gamma.r}{\gamma-1}$$

Gaz parfait :

$$P = \rho.r.T \qquad \frac{PV}{T} = cte \qquad P^{(1-\gamma)}.T^{\gamma} = cte$$ *(en adiabatique)*

Rendements :

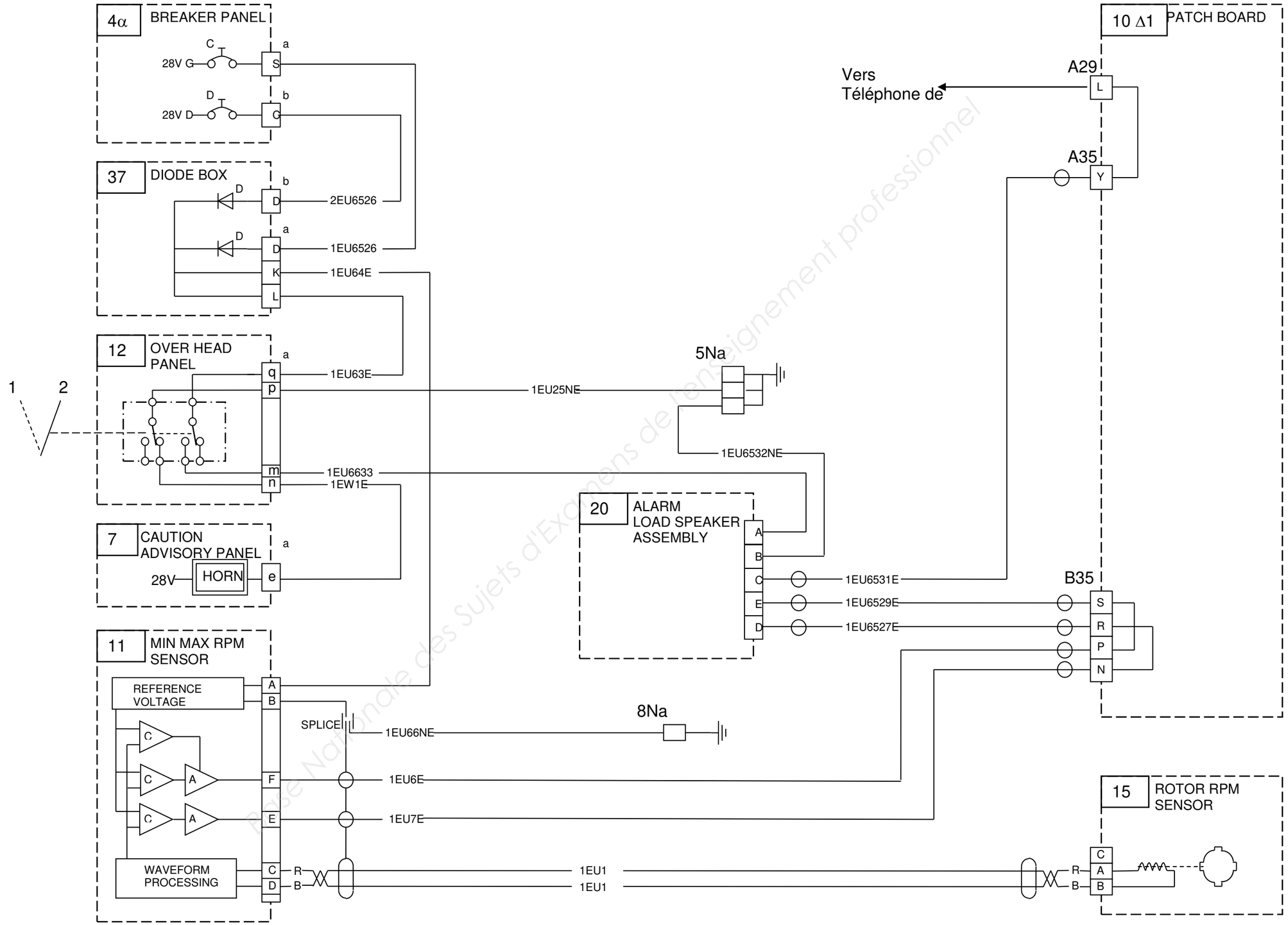
$$\eta_{global} = \frac{P_p}{P_{cal}} = \frac{3600.v_0}{Csp.Pci} \quad ; \quad \eta_{propulsion} = \frac{P_p}{P_{tr}} = \frac{2.v_0}{(v_{10}+v_0)}$$ *(en simple flux)*

Poussée simple flux :

$$Fp = D_0.(v_{10} - v_0) + D_c.v_{10} + (P_{10} - P_0).S_{10}$$

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

DT11 – Schéma électrique



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

EUROCOPTER FRANCE

SERVICE BULLETIN
SA 365
Hors Version C

N° 53-27 | **FACULTATIF**

OBJET : FUSELAGE

Ferrure de levage arrière au cadre X5915.

Correspond à la modification : AMS 365A07-53B12

APPROBATION DES SERVICES OFFICIELS
Approuvé D.G.A.C. : 05 Octobre 1992

L'approbation de la Direction Générale de l'Aviation Civile (D.G.A.C) se limite aux hélicoptères soumis à Certificat de navigabilité .

1- DONNEES D'APPLICATION

A - **VALIDITE**

Hélicoptères type AS 365, version N, N1, N2, F, K.

B - **BUT**

Permettre le démontage de la ferrure de levage au cadre X5915 de l'extérieur de l'appareil.

C - **DESCRIPTION**

Remplacement de la ferrure de levage et adjonction de 4 écrous à river sur la face intérieure du revêtement inférieur au cadre X5915.

Influence sur l'interchangeabilité : affectée.
Influence sur le bilan électrique : néant.

D - **APPLICATION**

En chaîne : 01.01.1992.

NOTA : - Cette date est donnée à titre indicatif.
- Consulter le Certificat de conformité (ou R.I.C.) pour identifier le standard réel de la modification.

En rattrapage : Par l'utilisateur.

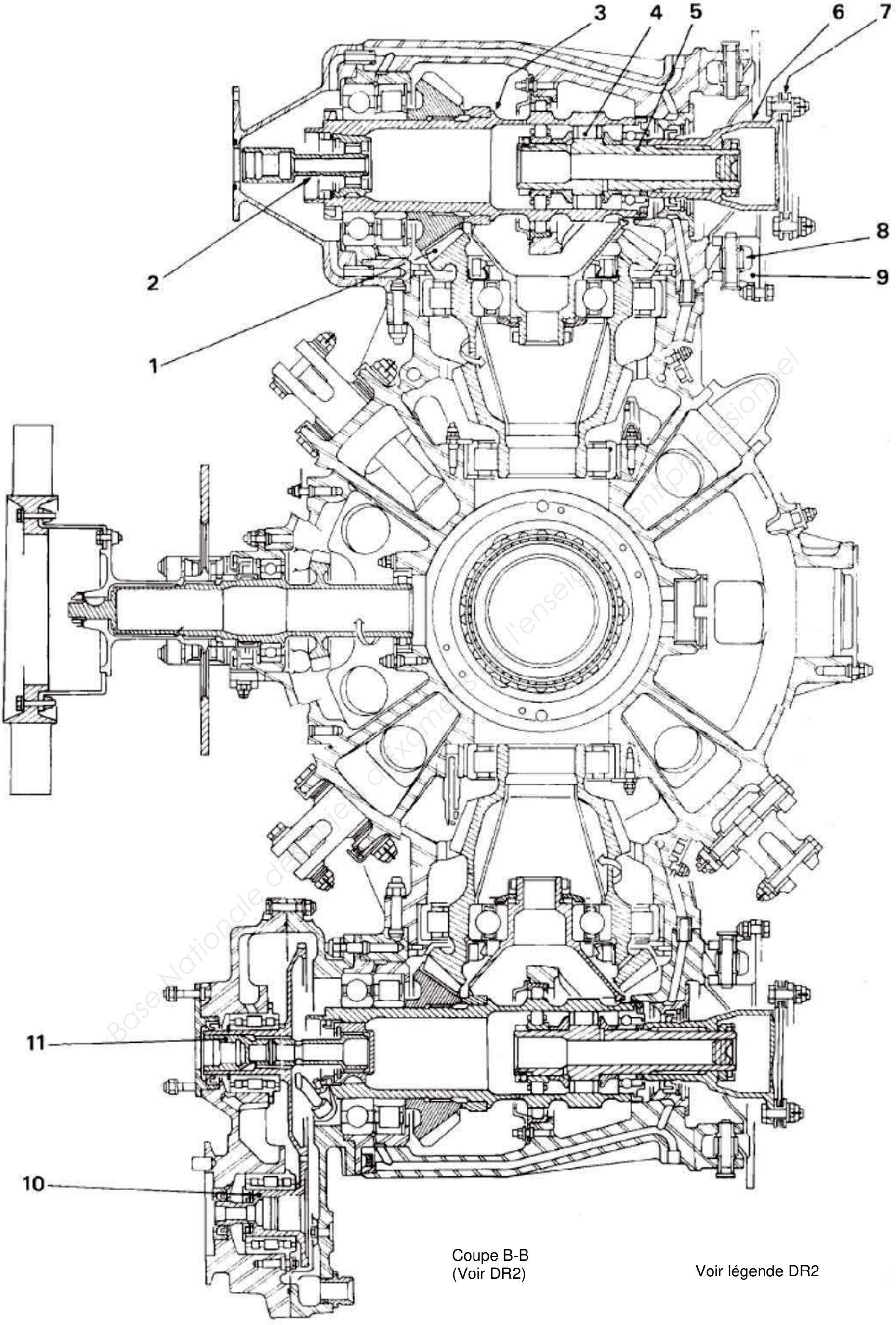
Aux rechanges : Sur fabrications nouvelles.

92-41

EUROCOPTER FRANCE - Direction Technique Support - 13725 MARIGNANE Cedex France

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DR1 – Document réponse 1 (réponse à la question 3.1)

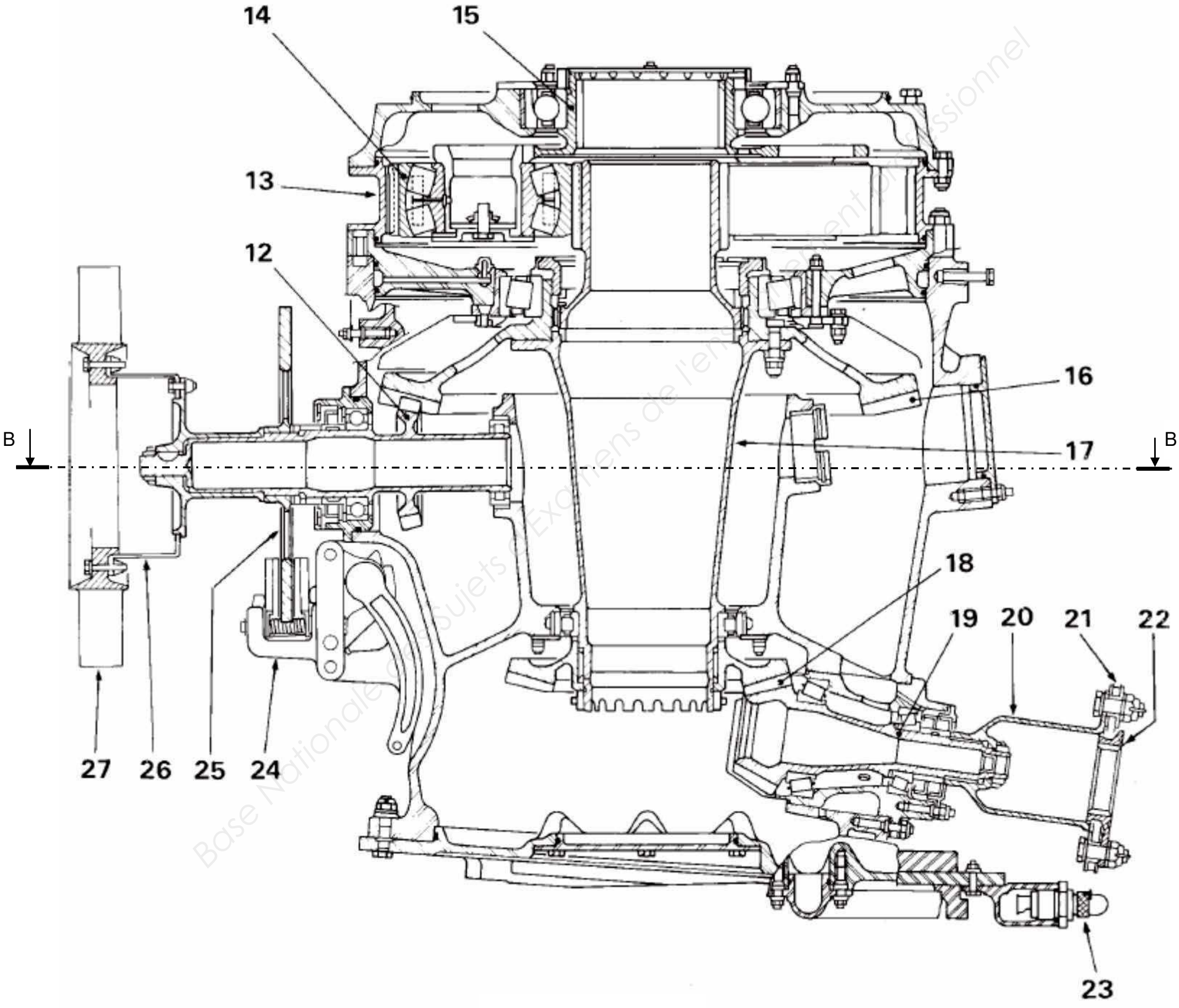


Coupe B-B
(Voir DR2)

Voir légende DR2

DR2 – Document réponse 2 (réponse à la question 3.2)

1 - Couple conique d'entrée *2 - Arbre d'entraînement de la pompe hydraulique droite* *3 - Arbre d'entrée "puissance"* *4 - Galets roue libre* *5 - Arbre de roue libre* *6 - Bride de transmission* *7 - Accouplement flexible (reçoit l'arbre de transmission du moteur)* *8 - Anneau de cardan* *9 - Demi-cardan (reçoit le carter de liaison "moteur BTP". Accouplement articulé)* *10 - Pignon d'entraînement de l'alternateur (option)* *11 - Arbre d'entraînement de la pompe hydraulique gauche* *12 - Pignon d'entraînement du disque de frein rotor et du ventilateur*	*13 - Couronne fixe du réducteur épicycloïdal* *14 - Satellites (il a 5 satellites)* *15 - Porte-satellites* *16 - Roue conique principale* *17 - Arbre planétaire* *18 - Couple conique d'entraînement de la transmission arrière* *19 - Pignon d'entraînement de la transmission arrière* *20 - Bride avant* *21 - Accouplement* *22 - Bride arrière* *23 - Bouchon de vidange* *24 - Frein rotor* *25 - Disque de frein rotor* *26 - Moyeu de ventilateur* *27 - Ventilateur*

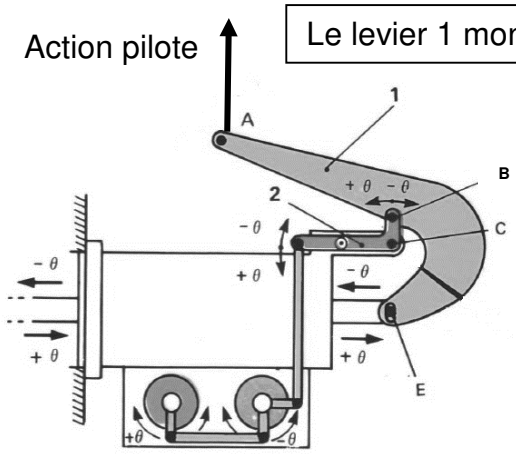


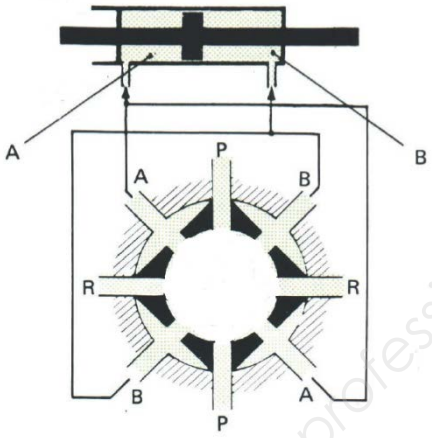
Coupe A-A
(Voir DR1)

DR3 – Document réponse 3 (réponse à la question 4.1)

Le levier 1 monte

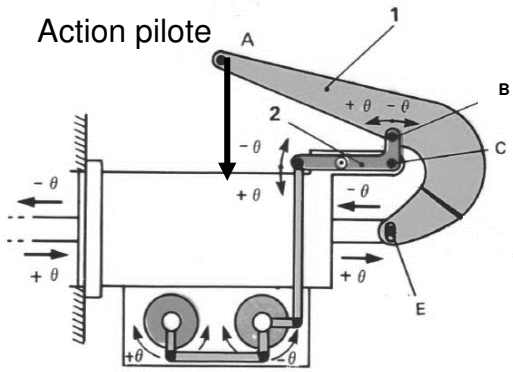
Action pilote

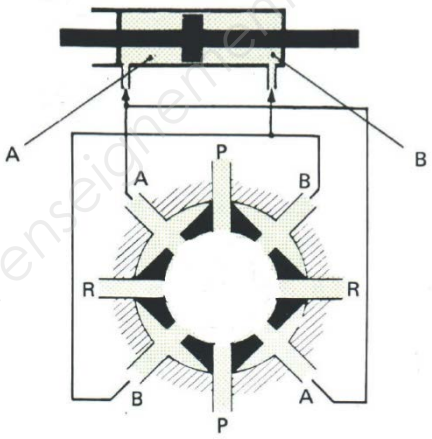




Le levier 1 descend

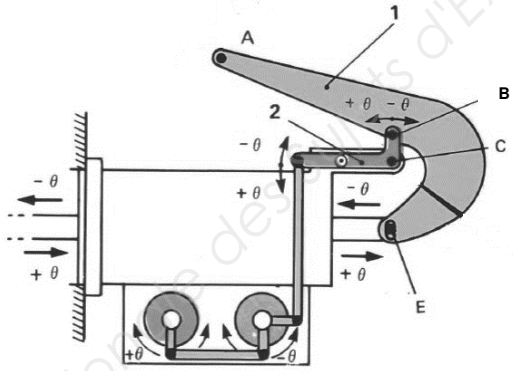
Action pilote

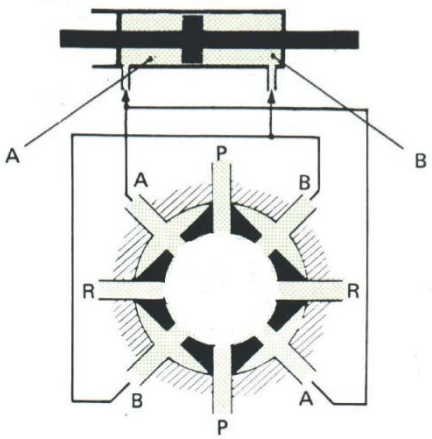




Equilibre du levier 1

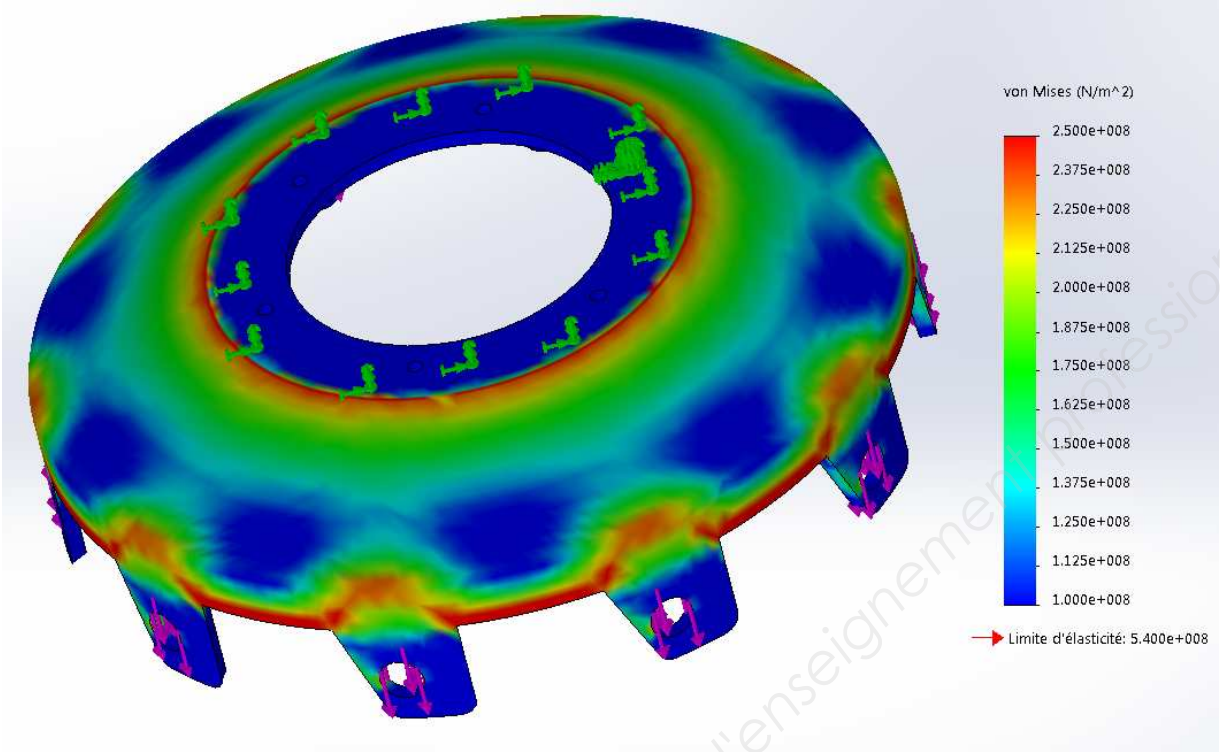
Aucune action

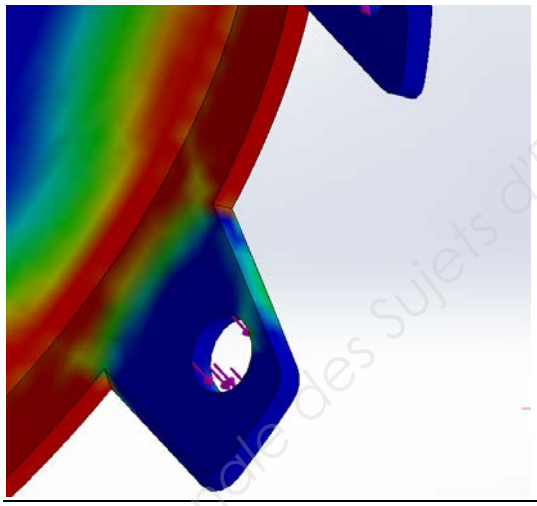


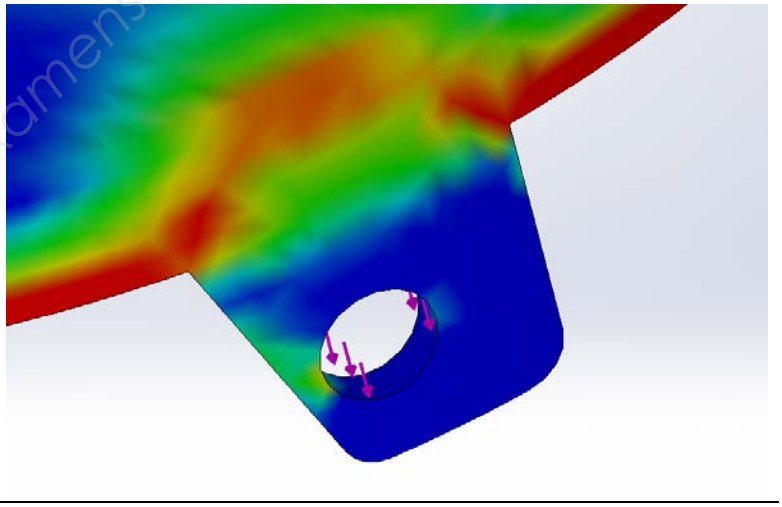


Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DR4 – Document réponse 4 (réponse à la question 5.6)

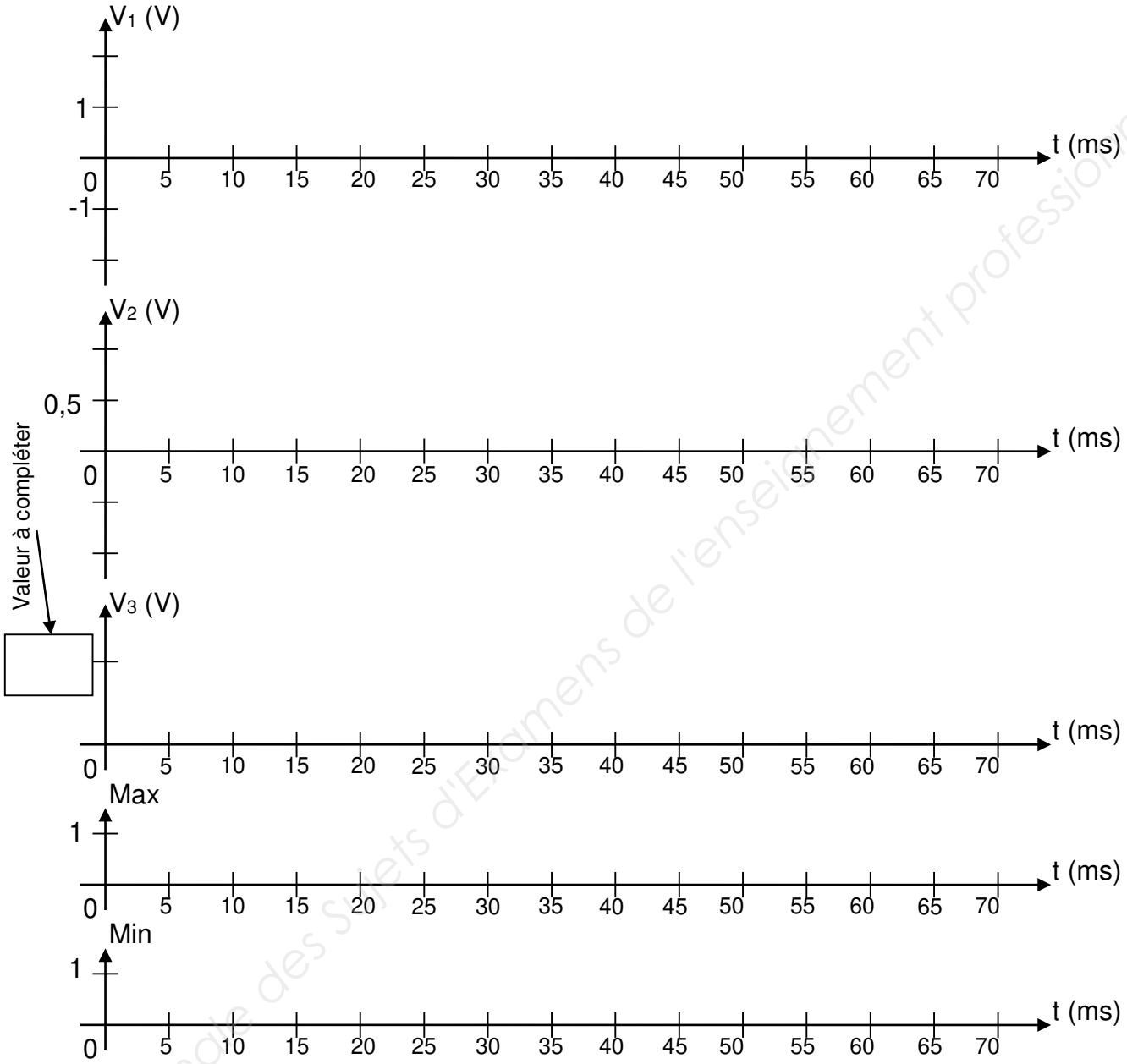






Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DR5 – Document réponse 5 (réponse à la question 6.1)



Fréquence de V4 : _____

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DR6 – Document réponse 6 (réponse à la question 7.1)

SERVICE BULLETIN	(Nom entreprise)	(Type appareil)

OBJET :

APPROBATION DES SERVICES OFFICIELS Approuvé D.G.A.C :	*L'approbation de la Direction Générale de l'Aviation Civile se limite aux hélicoptères soumis à un certificat de navigabilité.*

1-DONNEES D'APPLICATION

A-VALIDITE

B-BUT

C-DESCRIPTION

(Adresse entreprise)

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.