DOSSIER CORRECTION

CORRIGÉ

BTS AÉRONAUTIQUE

ÉPREUVE E 4

SOUS ÉPREUVE U 41

ÉTUDE DE MODIFICATIONS PLURITECHNIQUES

Durée : 6 heures **Coefficient : 4**

Aucun document autorisé
Calculatrice autorisée

PARTIE 1

Le but de cette partie est d'appréhender les différents composants de la génération électrique. À partir de la documentation fournie dans le dossier DT 4/15 à DT 10/15, répondre sur feuille de copie par des phrases simples et concises aux questions suivantes.

Étude des batteries.

Question 1.1 : DT 4/15 à DT 10/15	Combien y-a-t' il de batteries sur ce type d'avion ?

Il y 3 batteries sur cet avion.

Question 1.2 : DT 4/15 à DT 10/15	Donner, pour chaque batterie, son repère sur le schéma électrique et le BUS qu'elle alimente.

- **Batterie 1 : repère BAT1**
  Cette batterie alimente la barre BUS DC1 (BUS continu).
- **Batterie 2 : repère BAT2**
  Cette batterie alimente la barre BUS DC2 (BUS continu).
- **Batterie 3 : repère BATEm**
  Cette batterie alimente la barre BUS DC Emergency (BUS continu).

Question 1.3 : DT 4/15 à DT 10/15	Quel est le rôle de chaque batterie (en quelques lignes) ?

Les batteries sont utilisées pour le démarrage de l'APU et une génération secours en vol.

- **Batterie 1 (BAT1) : Cette batterie sert à alimenter en secours la barre bus DC1. En vol, lorsque les alternateurs fonctionnent, la batterie est rechargée par l'intermédiaire du BCRU1 (fonctionnement récepteur).**
- **Batterie 2 (BAT2) : Cette batterie sert à alimenter la barre bus DC2 et permet le démarrage de l'APU. En vol, lorsque les alternateurs fonctionnent, la batterie est rechargée par l'intermédiaire du BCRU2 (fonctionnement récepteur).**
- **Batterie 3 (BATEm) : Cette batterie sert à alimenter en secours le bus DCEm et l'Inverter. En vol, lorsque les alternateurs fonctionnent, la batterie est rechargée par l'intermédiaire du BCRUEm (fonctionnement récepteur).**

Étude des alternateurs.

Question 1.4 : DT 4/15 à DT 10/15	Quelle est la signification de VFGs ?

C'est un alternateur à fréquence variable (Variable Fréquency Générator).

Question 1.5 : DT 4/15 à DT 10/15	Combien y-a-t'il d'alternateurs principaux ?

Sur ce type d'avion, il y a 4 alternateurs principaux

CORRIGÉ

Question 1.6 : DT 4/15 à DT 10/15	Donner, pour chaque alternateur, son repère sur le schéma électrique et le BUS qu'il alimente.

- **Alternateur 1 : repère VFG1**
  Cet alternateur alimente le bus AC1 (BUS alternatif).
- **Alternateur 2 : repère VFG2**
  Cet alternateur alimente le bus AC2 (BUS alternatif).
- **Alternateur 3 : repère VFG3**
  Cet alternateur alimente le bus AC3 (BUS alternatif).
- **Alternateur 4 : repère VFG4**
  Cet alternateur alimente le bus AC4 (BUS alternatif).

Question 1.7 : DT 4/15 à DT 10/15	Quel est leur rôle (en quelques lignes) ?

Le rôle de chaque alternateur est de fournir l'alimentation électrique des différents récepteurs avions en vol (alimentation en alternatif).
Chaque générateur alimente un des bus* alternatifs principaux (AC BUS).

Ne pas sanctionner si non écrit

Pour un quadrimoteur, il y a quatre réseaux fonctionnant totalement indépendamment l'un de l'autre. Cependant, un générateur peut prendre en charge l'alimentation d'un autre bus pour lequel le VFG associé aurait été perdu suite à une défaillance.

Question 1.8 : DT 4/15 à DT 10/15	Préciser leurs principales caractéristiques électriques (tension, nombre de phases, …).

Les 4 alternateurs sont identiques. Tension alternative 115 V entre phase et neutre et 200 V entre phases, 3 phases et 1 neutre, fréquence variable de 370 Hz à 800 Hz et puissance de 75 kVA par alternateur.

Étude de l'APU.

Question 1.9 : DT 4/15 à DT 10/15	Quelle est la signification de « APU » ?

C'est la désignation de source de puissance auxiliaire (Auxiliary Power Unit).

Question 1.10 : DT 4/15 à DT 10/15	Indiquer sa position physique et son repère sur avion en utilisant la vue détaillée de l'avion.

L'APU est situé dans le caisson voilure droite au milieu de l'avion, la tuyère éjectant les gaz vers l'arrière (repère n°109 sur la vue détaillée de l'avion DT2).

Question 1.11 : DT 4/15 à DT 10/15	Donner son repère sur le schéma électrique et le BUS qu'il alimente.

Le repère est APU. Cette source de puissance auxiliaire alimente la barre bus AC2 (BUS alternatif).

CORRIGÉ

Question 1.12 : DT 4/15 à DT 10/15	Quel est son rôle (en quelques lignes) ?

L'APU (Auxillary Power Unit) est une petite turbine, alimentée en kérosène par le carburant de l'avion et dont le rôle est de fournir d'une part de l'énergie électrique, d'autre part de l'air comprimé à haute température qui sera utilisé soit pour démarrer les moteurs, soit pour climatiser et pressuriser l'avion. Elle émet un sifflement strident caractéristique que l'on entend souvent sur les grands aéroports.

Question 1.13 : DT 4/15 à DT 10/15	Préciser ses principales caractéristiques électriques (tension, nombre de phases, …).

L'APU a les caractéristiques suivantes : tension alternative 115 V entre phase et neutre et 200 V entre phases, 3 phases et 1 neutre, fréquence fixe de 400 Hz, puissance de 90 kVA.

Étude de la RAT.

Question 1.14 : DT 4/15 à DT 10/15	Quelle est la signification de « RAT » ?

C'est la désignation de Ram Air Turbine (éolienne de secours).

Question 1.15 : DT 4/15 à DT 10/15	Indiquer sa position physique et son repère sur avion en utilisant la vue détaillée de l'avion.

La RAT se trouve sous le fuselage avion – à coté du VFG2 - (repère n°52 sur la vue détaillée de l'avion DT2).

Question 1.16 : DT 4/15 à DT 10/15	Donner son repère sur le schéma électrique et le BUS qu'il alimente.

Cette éolienne de secours alimente le bus ACEm (BUS alternatif de secours)

Question 1.17 : DT 4/15 à DT 10/15	Quel est son rôle (en quelques lignes) ?

En cas de secours une éolienne (RAT : Ram Air Turbine) vient alimenter le bus essentiel alternatif de façon à conserver les fonctions essentielles.

Question 1.18 : DT 4/15 à DT 10/15	Préciser ses principales caractéristiques électriques (tension, nombre de phases, …).

La RAT a les caractéristiques suivantes : tension alternative 115 V entre phase et neutre et 200 V entre phases, 3 phases et 1 neutre, fréquence fixe de 370 Hz à 800 Hz, puissance de 45 kVA.

Étude de l'alimentation électrique par groupe de parc.

Question 1.19 : DT 4/15 à DT 10/15	Combien y-a-t'il de prise de parc ?

Une seule

CORRIGÉ

Question 1.20 : DT 4/15 à DT 10/15	Quelles en sont les principales caractéristiques électriques.

La prise de parc a les caractéristiques suivantes : tension alternative 115 V entre phase et neutre et 200 V entre phases, 3 phases et 1 neutre. Généralement la fréquence est fixe (f = 400 Hz).

Étude du BCRU.

Question 1.21 : DT 4/15 à DT 10/15	Quelle est la signification de « BCRU » ?

Cela désigne le chargeur de batterie (Battery Charger and Rectifier Unit).

Question 1.22 : DT 4/15 à DT 10/15	Quel est son rôle (en quelques lignes) ?

Le réseau DC (Direct Current) sera constitué de trois BCRU (Battery Charger and Rectifier Unit) associés chacun avec sa propre batterie, qui sont en fait des TRU (Transformer Rectifier Unit) avec en plus un convertisseur DC/DC ce qui permet les avantages suivants :

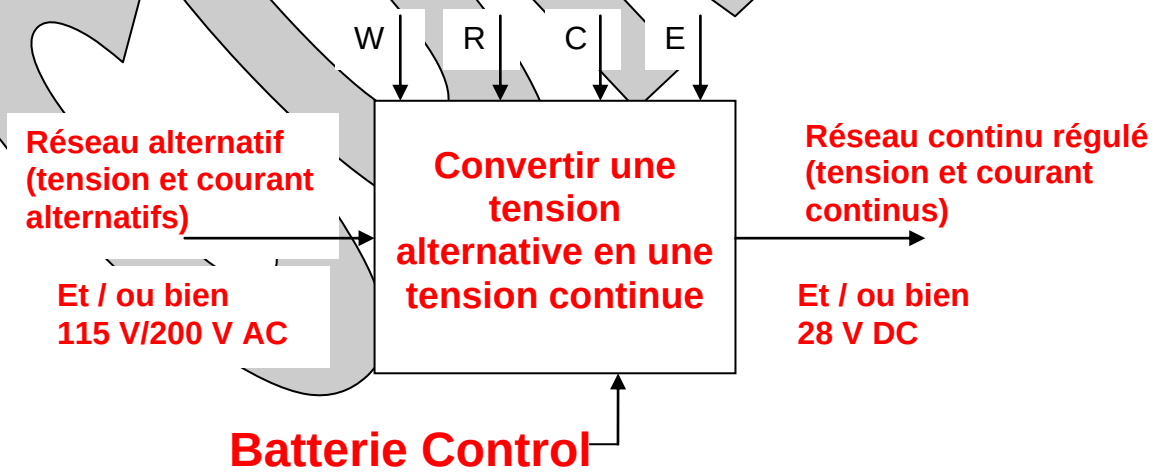
- **Régulation charge batterie intégrée.**
- **Réseau DC mieux isolé des parasites et des impulsions transitoires du réseau AC.**
- **À puissance égale, réduction de la taille des équipements**

Ne pas sanctionner si non écrit

Question 1.23 : DT 4/15 à DT 10/15	Donner le niveau des tensions d'entrée et de sortie.

Le BCRU est alimenté en 115 V/200 V triphasé et délivre une tension de 28 V continue régulée.

Question 1.24 : DT 4/15 à DT 10/15	Représenter-le sous la forme d'un actigramme A-0 (matière d'œuvre entrante, matière d'œuvre sortante, fonction du système, nom du système).



Rappel :

W, R, C et E sont les contraintes de pilotage et d'énergie. Les contraintes déclenchent l'action, la modifient ou la contrôlent.

CORRIGÉ

Il s'agit de la contrainte de configuration (C), de la contrainte de réglage (R), de la contrainte d'exploitation (E) et de la contrainte énergétique (W).

Étude du TRU.

Question 1.25 : DT 4/15 à DT 10/15	Quelle est la signification de « TRU » ?

Cela désigne un transformateur redresseur (tranformer rectifier unit).

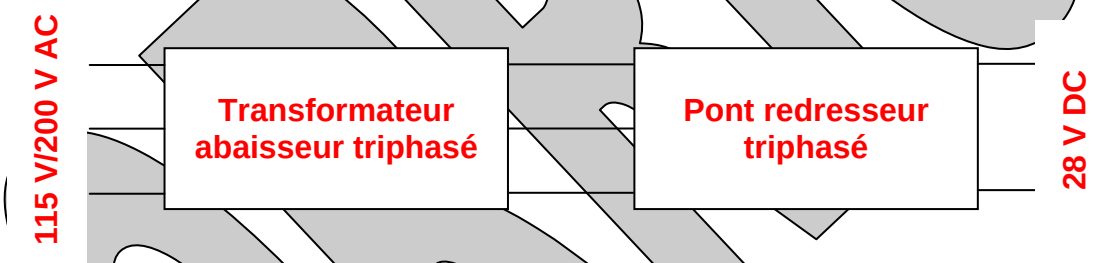
Question 1.26 : DT 4/15 à DT 10/15	Quel est son rôle (en quelques lignes) ?

Son rôle est d'abaisser (ou diminuer) la tension alternative (transformateur abaisseur) puis de redresser la tension pour obtenir du continu (pont redresseur à diodes).

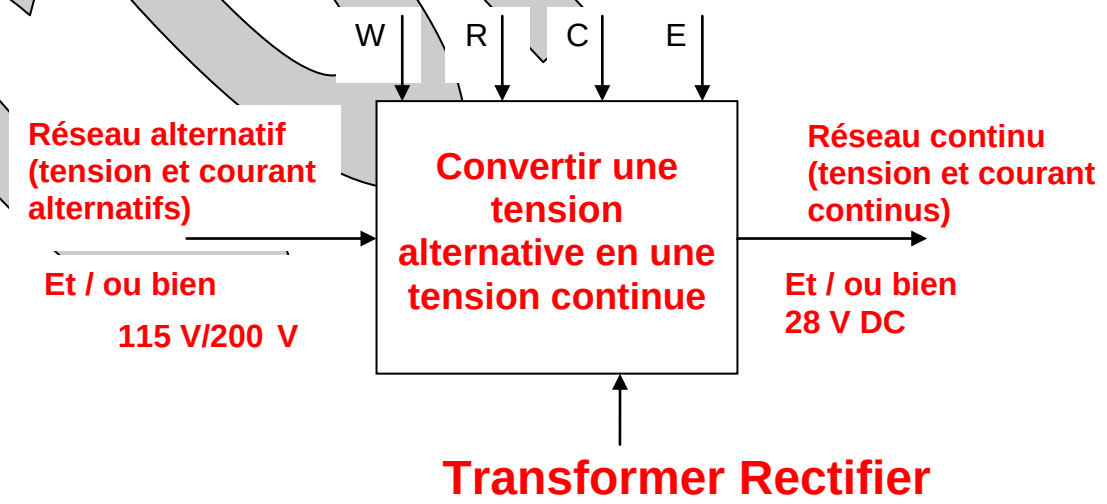
Question 1.27 : DT 4/15 à DT 10/15	Donner le niveau des tensions d'entrée et de sortie.

Le TRU est alimenté en 115 V/200 V triphasé et délivre une tension de 28 V continue.

Question 1.28 : DT 4/15 à DT 10/15	Représenter schématiquement les éléments électriques qui permettent de réaliser ce convertisseur (complétez-le en indiquant les tensions d'entrées et de sortie).



Question 1.29 : DT 4/15 à DT 10/15	Représenter-le sous la forme d'un actigramme A-0 (matière d'œuvre entrante, matière d'œuvre sortante, fonction du système, nom du système).



Corrigé

Étude des inverter.

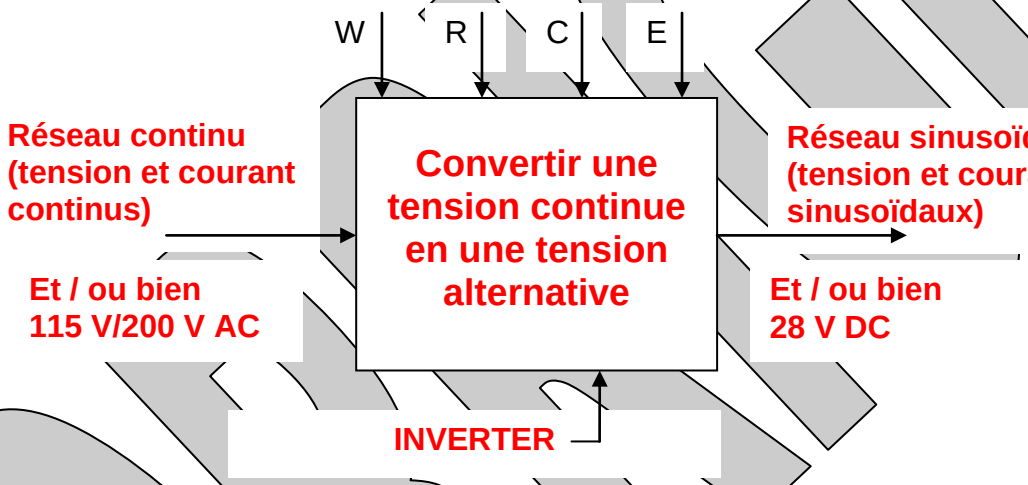
Question 1.30 : DT 4/15 à DT 10/15	Quelle est le rôle de l'inverter ?

L'INVERTER (ou onduleur) peut alimenter les instruments de bord et certains équipements spécifiques en courant alternatif lorsque l'avion est en « emergency » (plus de VFGs), à partir de la batterie BATEm.

Question 1.31 : DT 4/15 à DT 10/15	Donner le niveau des tensions d'entrée et de sortie.

L'INVERTER est alimenté par une tension de 24 V continue et délivre une tension sinusoïdale 115 V/200 V - 400 Hz.

Question 1.32 : DT 4/15 à DT 10/15	Représenter-le sous la forme d'un actigramme A-0 (matière d'œuvre entrante, matière d'œuvre sortante, fonction du système, nom du système).



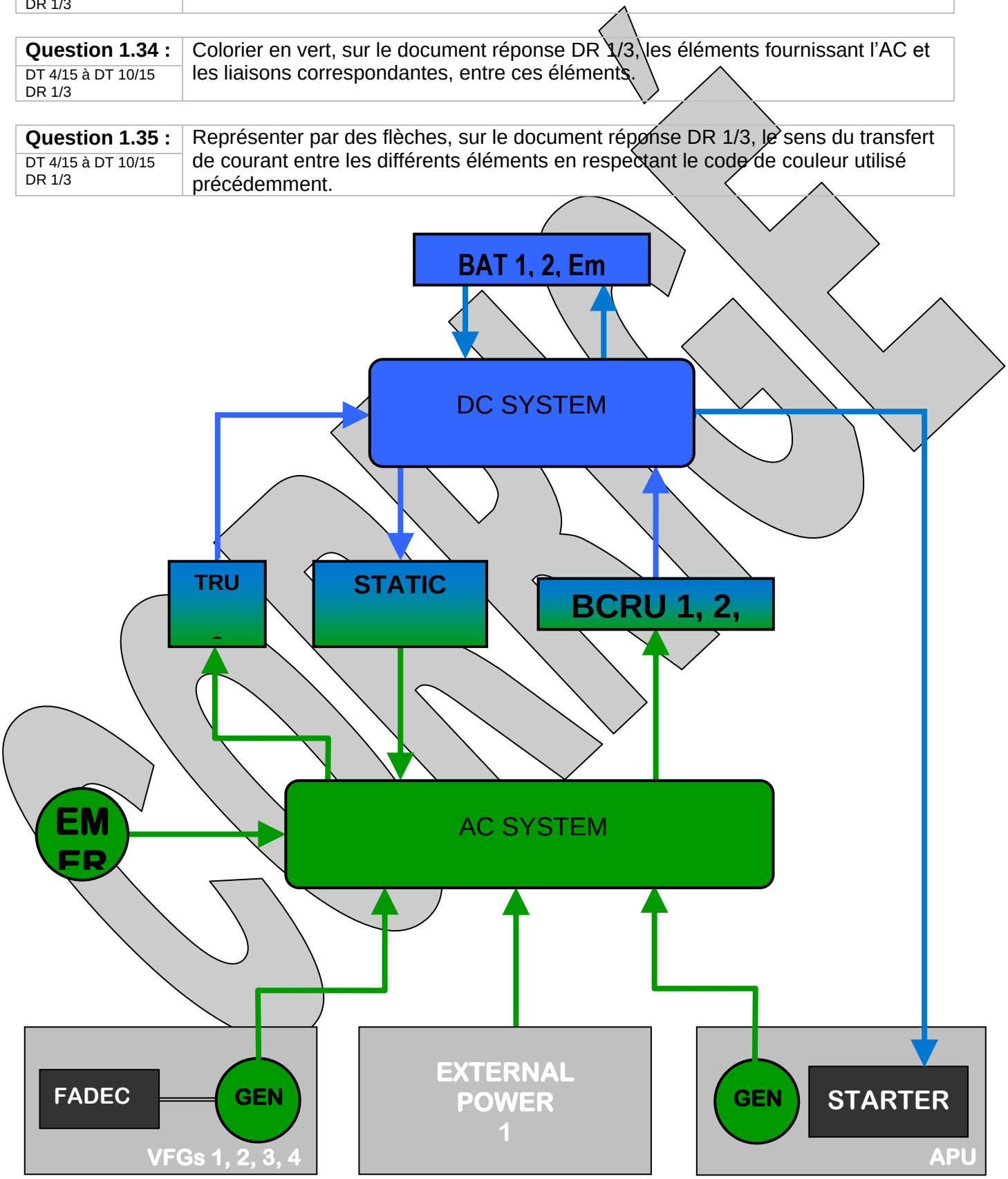
CORRIGÉ

Étude du synoptique de la génération électrique.

Question 1.33 : DT 4/15 à DT 10/15 DR 1/3	Colorier en bleu, sur le document réponse DR 1/3, les éléments fournissant le DC et les liaisons correspondantes, entre ces éléments.

Question 1.34 : DT 4/15 à DT 10/15 DR 1/3	Colorier en vert, sur le document réponse DR 1/3, les éléments fournissant l'AC et les liaisons correspondantes, entre ces éléments.

Question 1.35 : DT 4/15 à DT 10/15 DR 1/3	Représenter par des flèches, sur le document réponse DR 1/3, le sens du transfert de courant entre les différents éléments en respectant le code de couleur utilisé précédemment.



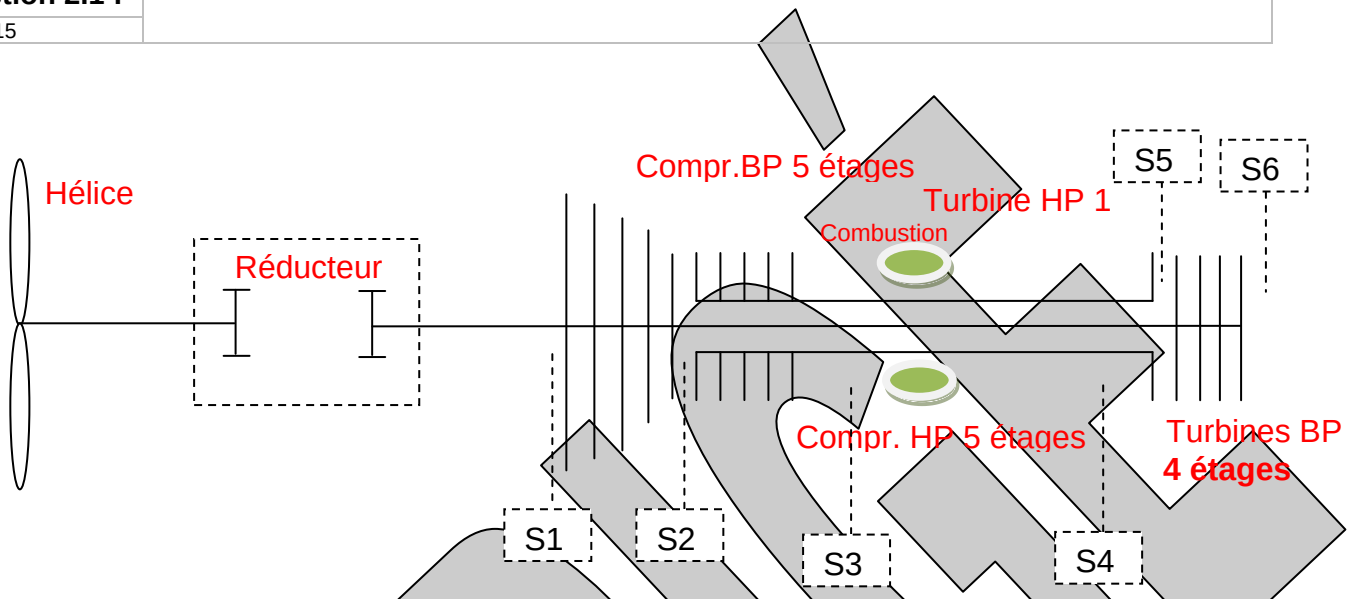
CORRIGÉ

CORRIGÉ

PARTIE 2

Le but de cette partie est d'identifier les différents composants et structures du moteur.

Question 2.1 : DT 12/15	



PARTIE 3

Le but de cette partie est d'étudier le pompage et de résoudre les problèmes thermodynamiques associés.

Question 3.1 : DT 11/15 à DT 15/15	Les difficultés de démarrage du moteur ont été résolues par notamment une augmentation de la puissance calorifique aux régimes de rotation caractéristiques de cette phase. À partir du croquis ci-dessous, expliquer clairement le phénomène de pompage pouvant survenir au compresseur HP.

Phénomène de pompage compresseur engendré par :

-Instabilité de l'écoulement qui devient turbulent notamment sur l'extrados des pales compresseur, ce qui provoque un avancement du point de transition; cela implique un décrochage des filets d'air, une diminution de la vitesse d'écoulement et donc une élévation de pression statique. Quand le niveau de pression est trop élevé, le flux ne peut s'écouler vers l'aval et se trouve refoulé vers l'amont (l'entrée d'air). Cela peut provoquer de gros dégâts notamment sur les pieds de pales où apparaissent des criques quand elles ne sont pas carrément arrachées. En vol cela se traduit souvent par une extinction du moteur. Le moindre soupçon de pompage réclame une boroscopie voire une dépose moteur si les dégâts sont avérés. Le pompage peut également survenir dans les étages turbines ou dans la chambre de combustion. Les moteurs double corps à compresseur axial sont très sensibles au pompage du fait de la difficulté d'adapter en temps réel la performance des deux corps.

CORRIGÉ

Question 3.2 : DT 11/15 à DT 15/15	Répertorier les trois dispositifs de correction du pompage pouvant être installés sur ce type de compresseur. Expliquer clairement leur fonctionnement. (ne négligez pas l'usage de croquis).

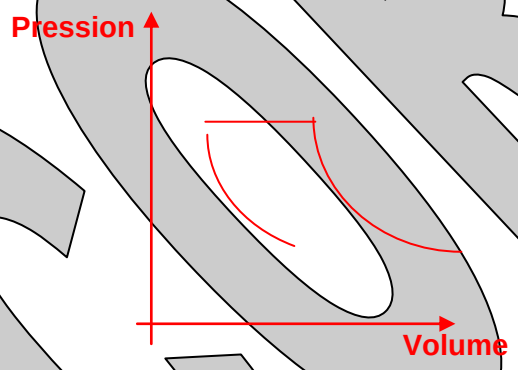
Les dispositifs habituels de correction du pompage sont :

- **V.B.V. Variable Bleed Valve (vanne de décharge flux chaud vers flux froid)**
- **I.G.V. Inlet Guide Vane (préStator à incidence variable à l'entrée compres. HP)**
- **V.S.V. Variable Stator Vane (Correcteur d'incidence sur stator compresseur)**

Ils sont tous pilotés par le FADEC pleine autorité.

Détermination des paramètres du flux dans les différentes sections du moteur.

Question 3.3 : DT 11/15 à DT 15/15	Tracer qualitativement le diagramme enthalpique PV du cycle complet (flux primaire seulement). Calculer le débit massique qui transite dans le flux chaud. Pour cela on donne : S1 = 0,75 m^2 [Section d'entée du compresseur] v1 = 64 m/s [vitesse de l'air à l'entrée du compresseur] **Nous prendrons une masse volumique correspondant à un point fixe en conditions ISA.**



Qm = ρ . S . v = 1,225 x 0,75 x 64 = 58,8 kg/s

CORRIGÉ

Question 3.4 : DT 11/15 à DT 15/15	Calculer la température T2 à la sortie du compresseur IP, sachant que le taux de compression de l'ensemble IP est τ_{IP} = 7. Expliciter les calculs. Remarque : $\tau_{IP} = \frac{P2}{P1}$ Préciser sur le diagramme PV de la question précédente ce que représente le travail équivalent à la compression IP. Calculer ce travail.

Par hypothèse, la compression dans une turbomachine est supposée isentropique

$T2 = T1 \times (P2/P1)^{(\gamma-1/\gamma)}$ = 502 K avec T1 = 288 K (standard ISA)

Ce travail est représenté graphiquement par l'aire située entre la fonction et l'axe des Abscisses. C'est en réalité le résultat d'une intégrale.
W = m . Cp . (T2 – T1) = 10,905.106 J

Question 3.5 : DT 11/15 à DT 15/15	Si la température T3 est de 520 K, déterminer le taux de compression de l'ensemble HP que l'on notera τ_{HP}. Calculer ensuite le taux de compression global.

De même que précédemment mais s'agissant cette fois du corps HP :

$T3 = T2 \times (P3/P2)^{(\gamma-1/\gamma)}$ Ce qui permet d'extraire P3/P2 = 1,13122

Question 3.6 : DT 11/15 à DT 15/15	Si le débit de carburant lors du démarrage est caractérisé par un dosage (kéro/air) de 1/42, alors calculer la température T4 des gaz en fin de combustion en ne considérant que l'apport calorifique du carburant (Rappel : chaleur massique de l'air 1000 J/kg/K). Calculer la pression P4 et le volume V4 correspondant à l'expansion des gaz après combustion. On rappelle que ces paramètres influenceront les conditions de pompage. Préciser les hypothèses de calcul relatives aux conditions thermodynamiques.

La variation d'enthalpie lors de la combustion permet d'écrire

Qcomb = m . Cp . (T4 – T3) = qc . Pci d'où T4 = 1567,6 K

P4 = P3 = 7 x 1,13122 x P1 = 802346 Pa soit 8 atm.

V4 = (m . r . T4) / P4 = 28,58 m^3

en s'appuyant sur le fait que par hypothèse nous traitons ici des gaz parfaits. (Conditions isobares en combustion)

Corrigé

Question 3.7 : DT 11/15 à DT 15/15	Si le taux de détente en turbine équivaut à 80% du taux de compression global des étages compresseurs (le reste de la détente s'éffectuant dans la tuyère), alors déterminer la température T6. Considérer pour cela que : P6 / P4 = 0,8 x (P1 / P3) Cette température est-elle importante pour la surveillance moteur par le FADEC ? Expliquer pourquoi.

L'hypothèse permet d'écrire :

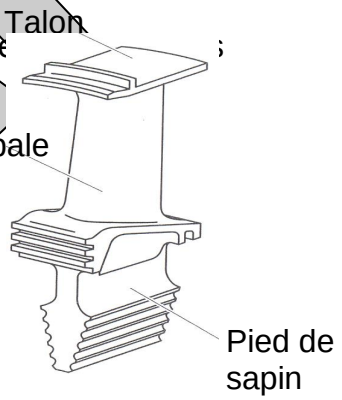
(P6/P4) = 80/100 . (P1/P3) et de plus les conditions isentropiques en turbine se traduisent par :

$T6 = T4 \times (P6/P4)^{(\gamma-1/\gamma)} = 925$ K

Cette température est essentielle dans la surveillance d'une turbomachine (mesure EGT) car elle détermine le potentiel du moteur. Un excès de température et de traction centrifuge engendre le phénomène de Fluage.

Étude du fluage sur les pales de turbine.

Question 3.8 : DT 11/15 à DT 15/15	Une des détériorations des étages turbines vient du fluage des pales de ces étages. Expliquer ce qu'est le fluage élastique et plastique ; phénomènes affectent le potentiel du moteur. Expliquer le rôle des systèmes de contrôle de jeu carter/turbine de type HPTCC ou LPTCC (Hight and Low pressure control clearance).



Le fluage est le résultat de deux types de sollicitations:

-Un excès de température rendant le matériau malléable malgré l'usage d'aciers réfractaires.

-Une traction radiale sur les pales due aux effets centrifuges lors de la mise en rotation.

CORRIGÉ

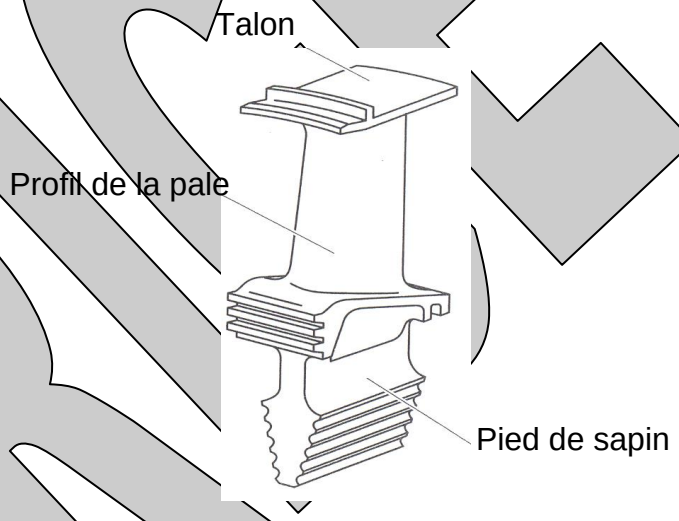
Le fluage élastique correspond à un allongement radial de la pale dans les limites du domaine élastique. Aucune déformation définitive après refroidissement. Les garnitures abradables du carter peuvent être touchées modérément.

Le fluage plastique correspond à une déformation irréversible des pales qui s'allongent, avec détérioration marquée des abradables carter et des talons situés en tête de pale.

Une surveillance boroscopique régulière permet d'estimer le vieillissement de ces organes et connaître l'évolution du potentiel de la machine.

Ce fluage plastique est très pénalisant pour les coûts de maintenance moteur, puisqu'il réclame en plus d'une surveillance accrue, parfois des déposes moteurs et des échanges de motorisation.

Les systèmes LPTCC (Low Pressure Turbine Clearance Control) et HPTCC (High Pressure Turbine Clearance Control) permettent par refroidissement ou chauffage des carters, de provoquer des dilatations sur les carters afin d'éloigner les abradables des têtes de pales. Que celles-ci soient munies de talons ou pas ne modifie pas le principe de contrôle du jeu radial.



Généralement les pales des rotors HP ne possèdent pas de talon, au contraire de celles des rotors BP.

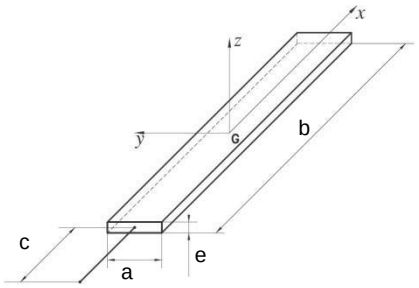
CORRIGÉ

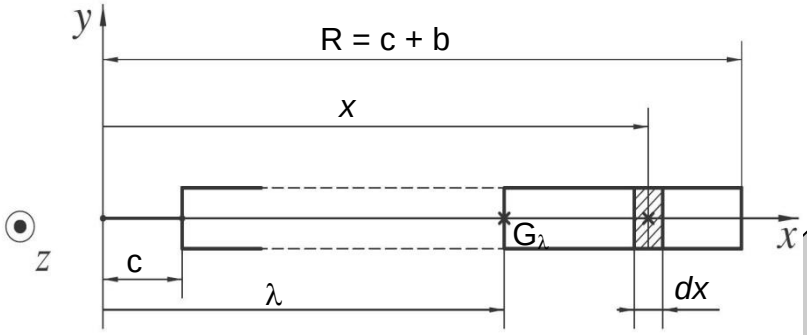
Question 3.9:

DT 11/15 à DT 15/15

Le fluage produit un allongement de la pale qui est modélisée par une poutre encastrée sur un disque tournant et soumise à de la traction due aux effets des forces fictives centrifuges.

Soit ci-dessous le modèle d'une pale de turbine, encastrée au point A sur un disque, tournant autour d'un axe (O, $\vec{z}$) à une vitesse angulaire ω :





Après l'étude dynamique d'une pale, il en résulte que l'évolution de la composante normale N du torseur des efforts de cohésion dans une section courante d'abscisse λ est de la forme suivante :

$$\boxed{N(\lambda) = \rho \cdot \omega^2 \cdot S \cdot \int_{\lambda}^{R} x\, dx}$$

Avec :

ρ : masse volumique du matériau (acier réfractaire) constituant la pale (7850 kg/m^3).

S : section droite constante de la pale (e x a = 400 mm^2).

R : rayon extérieur de la pale (270 mm).

c : rayon intérieur de la pale (239 mm).

ω : vitesse angulaire du corps HP (1676 rad/s).

$E_{\text{à froid}}$: module d'élasticité longitudinal, à froid, du matériau constituant la pale (200000 MPa).

$E_{\text{à chaud}}$: module d'élasticité longitudinal, à chaud, du matériau constituant la pale (100000 MPa).

Expression de l'allongement total de la pale étudiée (noté : u) en condition froide **<u>et</u>** chaude telle que :

$$u = \int_{\lambda=c}^{\lambda=R} \frac{N(\lambda)}{E \times S} . d\lambda = \rho \frac{\omega^2}{E} \left[\frac{R^3}{3} - \frac{R^2 . c}{2} + \frac{c^3}{6} \right]$$

Calculer l'allongement d'une pale en condition froide et l'allongement

CORRIGÉ

	d'une pale en condition chaude. Nous noterons ces allongements : $u_{\text{à froid}}$ et $u_{\text{à chaud}}$ Quelle condition de fonctionnement donne l'allongement le plus important, justifier votre réponse.

Choix de matériau des pales de turbine.

Question 3.10 : DT 11/15 à DT 15/15	Déterminer la contrainte normale de traction, engendrée par les effets centrifuges,en pied de pale et choisir un matériau parmi les exemples donnés ci-dessous. Pour cela nous considèrerons : ∗ Section de pied de pale : 160 mm^2 ∗ Norme de l'effort de traction : 110700 N ∗ Acier type 1 : R_e = 350 MPa ∗ Acier type 2 : R_e = 700 MPa ∗ Acier type 3 : R_e = 1200 MPa ∗ Coefficient de sécurité minimum : s_{mini} = 1,2

Vérification du bon fonctionnement de la turbomachine aux nouvelles températures.

Question 3.11 : DT 11/15 à DT 15/15	Afin de contrôler ce fluage lors du démarrage, le constructeur a procédé à une diminution du dosage carburant maintenant égal à 1/45. Malheureusement cela a conduit à un taux de compression diminué, limitant ainsi les performances mais rendant la machine moins sensible au pompage. Préciser et justifier simplement, sans faire de calcul, si les nouvelles températures T4 et T6 augmentent ou diminuent.
Question 3.12 : DT 11/15 à DT 15/15	Préciser ce qu'est la poussée résiduelle d'un turbopropulseur. Indiquer si celle-ci augmente ou diminue en fonction de l'évolution de la température T6.

CORRIGÉ

PARTIE 4

Le but de cette partie est d'étudier l'adaptateur de vitesse situé entre l'arbre entraîné par la turbine basse pression IP et l'hélice.

Répartition de la puissance mécanique.

Question 4.1 : DT 11/15 à DT 15/15	Calculer, à partir des données fournies, pour un turbopropulseur en régime permanent, les puissances suivantes exprimées en Watt : $P_{élec}$, P_{hydrau}, P_e.
Question 4.2 : DT 11/15 à DT 15/15	Calculer, d'après les données fournies, le rapport de transmission d'entrée/sortie de l'adaptateur de vitessesitué entre l'arbre entrainé par la turbine basse pression du turbopropulseur et l'hélice. Nous noterons ce rapport de transmission : $i_{e/s} = \frac{\omega_e}{\omega_s}$
Question 4.3 : DT 11/15 à DT 15/15	Déterminer, en fonction du résultat obtenu à la question précédente, la nature de cet adaptateur de vitesse ainsi que le sens de rotation de l'hélice en fonction du sens de rotation de l'arbre d'entrée.
Question 4.4 : DT 11/15 à DT 15/15	Calculer la puissance nominale, exprimée en Watt, disponible sur l'hélice sachant que chaque étage de l'adaptateur de vitesse est affecté d'un rendement de 95% et que la puissance nominale d'entrée de l'adaptateur de vitesse entrainant l'hélice (notée : P_e) est estimée à 9500 ch. Nous noterons cette puissance : P_s
Question 4.5 : DT 11/15 à DT 15/15	Calculer la vitesse angulaire à laquelle doit tourner l'arbre entrainé par la turbine basse pression du turbopropulseur (notée : ω_2) afin que l'hélice tourne à sa fréquence de rotation nominale $N_{hélice}$ = 842 tr/min, correspondant à son point de fonctionnement. Pour cette question nous prendrons comme loi d'entrée/sortie de l'adaptateur de vitesse la relation suivante : $\omega_s = 0{,}114 \times \omega_e$.

Étude de la mise en rotation de l'hélice lors de la phase de démarrage du moteur.

<u>Données et hypothèses</u> :

- La fréquence de rotation nominale de la turbine basse pression du turbopropulseur à pour valeur :
  N_2 = 7390 tr/min
- Le modèle retenu de l'hélice est donnée sur le document **DT 11**.
- La liaison pivot d'axe (B, $\vec{y}_0$) est parfaite.
- Le moyeu de l'hélice est considéré comme étant un disque homogène en acier plein dont les caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :
  Diamètre : d_{moyeu} = 500 mm.
  Épaisseur : e_{moyeu} = 200 mm.

CORRIGÉ

∗ L'hélice est parfaitement équilibrée et son centre de gravité $G_{hélice}$ est confondu avec le point O.

∗ A la fin de la phase de démarrage, le régime culmine à 70 % du nominal (IDLE) sachant que :

$$N_2 = N_e = \frac{178 \times 93}{46 \times 41} \times 842 \approx 7390 \text{ tr/min}$$

∗ Lors de la phase de démarrage du moteur les pales de l'hélice sont calées avec un pas nul (transparence). Nous considèrerons alors que la seule action mécanique agissant sur l'hélice, pendant sa mise en rotation, est le couple $\overrightarrow{C_s}$ supposé constant et se projetant positivement sur l'axe $(O, \vec{y}_0)$ avec la norme suivante :

$$\|\overrightarrow{C_s}\| = 5.10^3 \text{ N.m}$$

Question 4.6 : DT 11/15 à DT 15/15	Calculer, d'après les données fournies, la masse du moyeu de l'hélice. Nous noterons cette masse : m_{moyeu}

Question 4.7 : DT 11/15 à DT 15/15	Écrire le théorème du moment dynamique appliqué à l'hélice, lors de la phase de démarrage du moteur et calculer la valeur de l'accélération angulaire de l'hélice. Sachant que nous avons : $\left[I_{(O,\ \vec{y}_0)}\right]_{hélice} = 1947 \text{ kg.m}^2$ Nous noterons cette accélération : $\alpha(t) = \frac{d\omega(t)}{dt}$

Question 4.8 : DT 11/15 à DT 15/15	Calculer, à partir de l'accélération déterminer précédemment, le temps au bout duquel l'hélice atteint sa fréquence de rotation correspondant à la fin de la phase de démarrage du moteur. Nous noterons ce temps : $t_{Démarrage}$ Spécifier, en justifiant la réponse, si ce temps de démarrage est satisfaisant.

CORRIGÉ

PARTIE 5

Le but de cette partie est d'étudier l'interfaçage du nouveau turbopropulseur TP400 sur l'avion de test Hercules C130 qui a également retardé le programme A400M suite à des incompatibilités d'instruments de bord.

Question 5.1 :	Indiquer quels peuvent être les problèmes d'interfaçage du point de vue avionique entre l'A400M et l'Hercules C130.

Question 5.2 : DR 2/3	La photographie proposée sur le document réponse DR 2/2 représente le cockpit de l'A400M. Entourer sur la photographie la zone concernant les indicateurs relatifs aux moteurs. Donner, sur le document réponse DR 2/2, le nom usuel du système d'affichage associé.

Question 5.3 :	En plus de l'indication de fréquence de rotation, citer les autres afficheurs de surveillance typiques d'un turbopropulseur. Quand l'aiguille de l'indicateur de vitesse de rotation se situe sur l'arc de couleur rouge, s'agit-il de la vitesse maximale atteinte ou d'une plage de vitesse à éviter ?

Question 5.4 :	Indiquer sur votre feuille de copie la nature et la fonction des autres parties du codedonnées ci-dessous : DA SA L/T DATA

Question 5.5 : DR 3/3	Ci-dessous, on donne un extrait d'une trame AFDX dont le codage est donné en hexadécimal. **08200C001085220D72080000080045000041254BA20418006001CC2A1B247C2B59102** Les parties PA + SFD ont été enlevées. Sur le document réponse **DR 3/3**, entourer et indiquer les parties : DA, SA et justifier que le type de norme est l'IPV4.

Question 5.6 : DR 3/3	Sur le document réponse **DR 3/3,** compléter le tableau et indiquer les deux différences principales entre le protocole AFDX et l'ARINC 429.

Question 5.7 :	Indiquer l'équivalent de la fonction FCS de l'AFDX sur ARINC 429.

CORRIGÉ

CORRECTION PARTIE IB-RADIO NAV

Question 5.1 :

Les systèmes avioniques liés au TP400-D6 sont pilotés et communiquent avec le format AFDX (de l'A380). La compatibilité avec les systèmes anciens du C-130FTB pose problème.

Question 5.2 :

Zone affichage paramètres moteurs.
Sur avions conventionnels, il s'agit des ECAM (UPPER)

Sur cette configuration New Generation, il s'agit de l'ECAM Left, la Right étant réservée aux diagrammes synoptiques.

Question 5.3 :

~~N FAN, N turbine HP,~~
T° EGT, Vibrations, Pression huile, Consommation → au moins 3 sur 4 attendus

Plage de vitesse à éviter

Question 5.4 :

DA : adresse de destination : de 2 à 6 octets.
SA : adresse de la source : de 2 à 6 octets.
L/T : indique la longueur du champ DATA ou le type du protocole client MAC.
DATA : de 0 à 1500 octets de données.

Question 5.5

08200C001085 → Adresse destinataire : DA
220D72080000 → Adresse source : SA
0800 → Ether type
4500041254BA20418006001CC2A1B247C2B59102 → Non demandé

0800 → Ether type correspond à IPV4

CORRIGÉ

Question 5.6

	Débit (en bps)	Volume DATA transférée par trame	Aéronefs concernés	Date de conception
ARINC 429	***12,5 à 100 KBps***	**21 bits max (y compris le SDI)**	**Airbus A310/320 A330/340 Boeing 727-767 Hélicoptères Bell**	**1977**
AFDX *(ARINC 664)*	***1MBps***	***0 à 1500 octets***	**A380, A400M et A350**	**1997**

Question 5.7 :

Il s'agit du bit de parité P : 32ème bit de la trame ARINC 429.

Question 5.8

Bit number	32																															1
Value	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
	Parité	2 bits SSM ou statut si BCD	DATA Bits 29 à 11 si BCD																				SDI ou identifiant		LABEL ou étiquette							
		3 bits SSM si Binaire	DATA Bits 28 à 11 si Binaire																													

CORRIGÉ