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

Session 2017

Épreuve E4 - INGÉNIERIE D'ASSEMBLAGE ET DE MAINTENANCE

Sous épreuve : Étude de modifications pluritechnologiques	***Unité U41***

Durée : 6 heures ***Coefficient : 4***

Aucun document n'est autorisé

Matériel autorisé :

Calculatrice électronique de poche, y compris programmable, alphanumérique ou à écran graphique, à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout autre document et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

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

Documents remis en début d'épreuve :

- **Dossier Sujet** DS1 à DS11
- **Dossier Technique** DT1 à DT22
- **Dossier Réponse** DR1 à DR6
- Des feuilles de composition comportant un bandeau d'anonymat
- Des feuilles de brouillon

Documents à rendre obligatoirement en fin d'épreuve :

- Les feuilles de composition numérotées et anonymées
- Les feuilles du **Dossier Réponse** complétées seront agrafées aux feuilles de composition

Recommandations :

- Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet
- Il est indispensable de commencer par lire la totalité du sujet
- 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.

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

DOSSIER SUJET

Treuil sur hélicoptère EC145

Mise en situation

Cet hélicoptère est notamment utilisé par la Direction Générale de la Sécurité Civile (DGSC) pour effectuer des missions de secours à personnes et des missions d'assistance (feux de forêt, police, projection de moyens spécialisés, sauvetage en mer, en montagne, …).

Pour assurer ces missions, on souhaite ajouter un treuil en s'assurant de l'adaptabilité de l'équipement à l'appareil.

Cet hélicoptère dispose d'une marge de puissance calculée au plus juste. Toute option ajoutée à cet aéronef nécessite une étude approfondie.



Objectifs de l'étude

Étude de faisabilité du montage d'un treuil sur l'hélicoptère.

Le sujet est composé de 5 parties et de leurs sous-parties indépendantes :

PARTIE 1 : Adaptabilité de deux technologies de treuil

PARTIE 2 : Étude du prototype

PARTIE 3 : Étude du câblage et du circuit d'alimentation

PARTIE 4 : Étude de résistance des matériaux sur la potence

PARTIE 5 : Conclusion.

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

Travail demandé

PARTIE 1 Adaptabilité de deux technologies de treuil

Cette partie aborde la possibilité d'adapter une technologie de treuil répondant au cahier des charges.

Il est demandé de :

- comparer les kits utilisant deux formes d'énergies (génération hydraulique / génération électrique) ;
- étudier l'influence des équipements sur la masse et centrage ;
- vérifier la capacité de l'aéronef à fournir l'énergie nécessaire.

Question 1.1	À l'aide des documents techniques, compléter le tableau n°1 du DR1 spécifiant les caractéristiques des deux systèmes de treuil.
DT2 à DT5, DR1	

On désire vérifier à l'altitude de 2 000 m que la portance de l'hélicoptère est suffisante lors de l'hélitreuillage en vol stationnaire.

Question 1.2	Relever la fréquence de rotation en sortie de la turbine, en déduire la fréquence en sortie de boite de transmission principale (BTP), identique à celle du rotor.
DT2	

Question 1.3	Exprimer, puis calculer la vitesse tangentielle en bout de pale.
DT2	

Question 1.4	Le vol se faisant en montagne à l'altitude 2 000 m, vérifier que cette vitesse reste subsonique.
DT6	

Hypothèses :

- Cz : coefficient de portance ;
- ρ : masse volumique de l'air en $kg \cdot m^{-3}$;
- On prendra g = 9,81 $m \cdot s^{-2}$ pour l'accélération de la pesanteur ;
- La portance générale du rotor correspond à la résultante de chaque pale. Pour les calculs, on se placera dans le cas où l'hélicoptère est en vol stationnaire ;
- La force de portance est toujours perpendiculaire au plan de rotation du rotor ;
- L'angle d'incidence est de 5° avec un nombre de Reynolds Re = 200 000.

Question 1.5	Après avoir identifié ρ à 2 000 m et Cz, calculer la force de portance F_n sur une pale. En déduire F_s, la force de sustentation totale disponible. On reportera cette valeur dans le tableau n°2 du DR1.
DT3, DT6, DR1	

Question 1.6	Calculer le poids total de l'hélicoptère équipé du kit treuil hydraulique chargé à 270 kg. Reporter la valeur trouvée de $F_{T.Hyd}$ dans le tableau n°2 du DR1.
DT2, DT5, DR1	

Question 1.7	Calculer le poids total de l'hélicoptère équipé du kit treuil électrique chargé à 270 kg. Reporter la valeur trouvée de $F_{T.élec}$ dans le tableau n°2 du DR1.
DT2, DT5, DR1	

Question 1.8	Pour chacune des options envisagées, la force de sustentation disponible sera-t-elle suffisante ? Justifier la réponse sur copie.

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

Pour le pilotage, le manuel de vol précise que toute option ajoutée nécessite la prise en compte de la modification de la masse et du centrage autour de l'axe de tangage. Il s'agit de vérifier que la nouvelle position du centre de gravité reste compatible avec l'équilibre de l'aéronef.
Pour cela, on utilisera l'abaque de centrage du constructeur. Un exemple est donné dans le DT8.
On considérera qu'il n'y a pas de variation de masse de carburant.

Question 1.9	Compléter l'abaque DR2 (kit treuil hydraulique) en y reportant : • La masse du kit déployé et une charge au treuil de 270 Kg ; • Les valeurs et calculs dans les zones encadrées du DR2 ; • Le nouveau point du centre de gravité.
DT5, DT7, DT8, DR2	

Question 1.10	Compléter l'abaque du DR3 (kit treuil électrique) en y reportant : • La masse du kit déployé et une charge au treuil de 270 Kg ; • Les valeurs et calculs dans les zones encadrées du DR3 ; • Le nouveau point du centre de gravité.
DT5, DT7, DT8, DR3	

Question 1.11	Les points obtenus se trouvent-ils encore dans les limites masse et centrage pour les deux kits ?
DT8, DR2, DR3	

On cherche à s'assurer que l'hélicoptère peut produire l'énergie nécessaire pour le treuil électrique ou hydraulique.

Bilan des puissances pour le treuil hydraulique :

Question 1.12	Dans le circuit hydraulique de l'hélicoptère, indiquer : • le type de pompe qui est embarqué ; • leur nombre ; • la pression du circuit ; • le débit d'une pompe.
DT9	

On donne la relation : puissance hydraulique P (W) = Q ($m^3 \cdot s^{-1}$) x p (Pa)

Question 1.13	Calculer la puissance hydraulique que peut fournir l'ensemble de la génération hydraulique de l'hélicoptère. Compléter le tableau 3 du DR1.
DT9, DR1	

Question 1.14	Calculer la puissance hydraulique nécessaire à l'alimentation du treuil hydraulique. Compléter le tableau 3 du DR1.
DT5, DR1	

Question 1.15	En admettant que les systèmes qui utilisent l'énergie hydraulique nécessitent une puissance de 2 000 W, conclure sur la capacité de la génération hydraulique de l'hélicoptère à alimenter ce type de treuil. Compléter le tableau 3 du DR1.
DR1	

Bilan des puissances pour le treuil électrique :

Question 1.16	Dans le circuit électrique de l'hélicoptère, indiquer le nombre de générateurs embarqués. Caractériser l'énergie électrique que peut fournir un seul générateur : • nature de la tension (continue ou alternative) ; • valeur de la tension ; • courant maximum débité.
DT10	

Question 1.17	Calculer la puissance électrique que peut fournir l'ensemble de la génération électrique de l'hélicoptère. Compléter le tableau 4 du DR1.
DT10, DR1	

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

Question 1.18	Calculer la puissance électrique nécessaire à l'alimentation du treuil électrique. Compléter le tableau 4 du DR1.
DT5, DR1	

Question 1.19	En admettant que les systèmes qui utilisent l'énergie électrique nécessitent une puissance de 6 000 W, conclure sur la capacité de la génération électrique de l'hélicoptère à alimenter ce type de treuil. Compléter le tableau 4 du DR1.
DR1	

Question 1.20	Au regard de l'ensemble des critères analysés, justifier sur copie votre choix de treuil.

Travail demandé

PARTIE 2 Étude du prototype

Dans la suite du questionnaire, la solution du treuil électrique est retenue.

Un prototype du treuil électrique a été monté sur l'hélicoptère. Après un certain nombre d'heures de fonctionnement, des problèmes de vitesse d'enroulement / déroulement sont apparus.

Cette partie a pour objectif d'analyser ce problème et de proposer une solution pour y remédier.

On vérifiera l'adaptation du moto-réducteur Brushless à courant continu sans balais (BLDC) équipant le treuil.

Pour cela, une étude de la chaîne de transmission de puissance est nécessaire.

Hypothèses :

- Charge maxi hélitreuillable : M = 270 kg ;
- La masse du câble est négligée pour l'instant ;
- On prendra g = 9,81 $m \cdot s^{-2}$ pour l'accélération de la pesanteur ;
- Le diamètre moyen d'enroulement (câble à moitié enroulé) est D = 275 mm.

2.1 Étude de la chaîne d'énergie et de transmission de puissance

Question 2.1.1	Calculer la puissance mécanique maximale P_{sortie} lors du mouvement de translation du câble imposée par la charge maxi en phase de montée.
DT14	

Question 2.1.2	En tenant compte des différents rendements, calculer la puissance mécanique nécessaire sur l'arbre de sortie du moteur Brushless.
DT13	

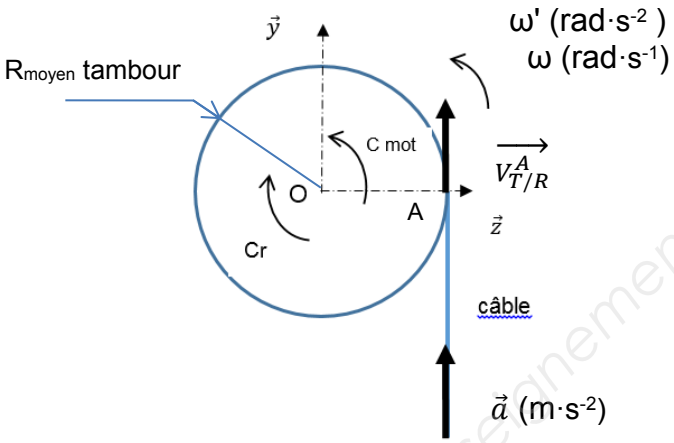
Question 2.1.3	Le moteur initialement utilisé dans le treuil est un moteur à courant continu sans balais (BLDC) de référence 160216. • Reporter sur copie la puissance nominale de sortie du moteur. • Cette puissance est-elle suffisante ?
DT16	

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

La suite de l'étude a pour objectif de choisir un moteur adapté.

2.2 Étude cinématique : Détermination de la fréquence de rotation du moteur

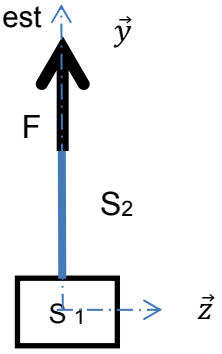
Question 2.2.1 DT14 et DT18	En phase de montée à pleine vitesse $\overrightarrow{V_{T/R}^{A}}$ avec la charge maxi, calculer la fréquence de rotation du tambour. On prendra le diamètre moyen d'enroulement du tambour.



Question 2.2.2 DT13	Après avoir calculé le rapport de transmission $i_{s/e}$, calculer la fréquence mécanique de rotation nécessaire pour l'arbre du moteur.

2.3 Étude dynamique: Détermination du couple moteur.

Une étude approfondie est nécessaire pour vérifier que le couple du moteur est suffisant, notamment lors du démarrage.



Hypothèse et données :

- Le solide (S_2) correspond au câble, de masse notée m_2
- Le câble est sollicité en traction
- Le solide (S_1) correspond à la charge maxi hélitreuillée, de masse notée m_1
- (S) = (S_1) + (S_2)

Étude à l'arrêt du système :

Question 2.3.1 DT18	Après avoir calculé la masse m_2 du câble (pour 90 m), calculer la masse totale m entrainée en translation.

Question 2.3.2 DT18	À partir de la condition de résistance à la traction, calculer le coefficient de sécurité du câble à l'arrêt, puis valider par rapport au cahier des charges.

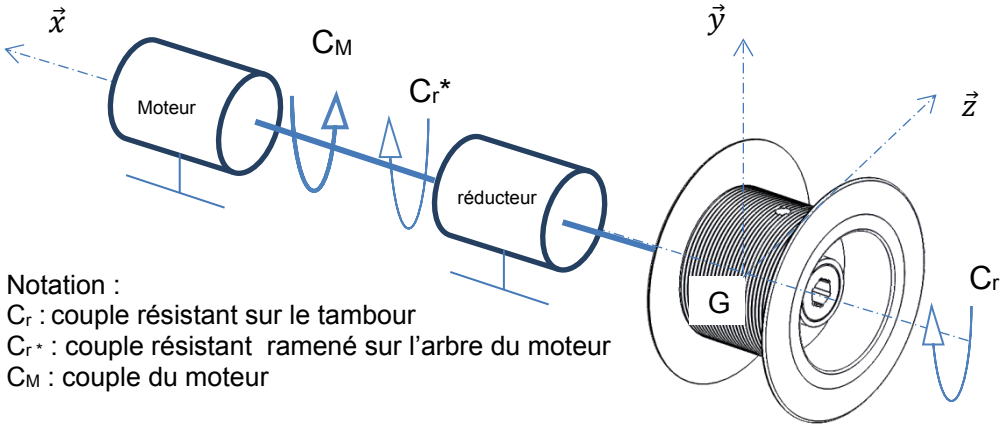
Étude dynamique du câble en translation et vérification de l'accélération maxi (notée a) du câble à la rupture.

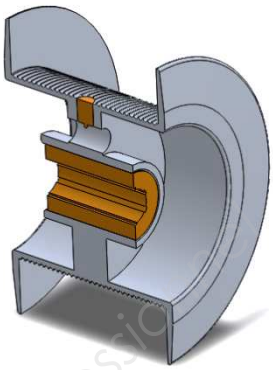
Question 2.3.3 DT18	Écrire l'équation de la résultante dynamique sur $\vec{y}$ appliquée au système (S). En déduire l'expression littérale de l'accélération « a ».

Question 2.3.4 DT18	Calculer la force Fr entrainant la rupture du câble, en déduire l'accélération « a ». Conclure par rapport au cahier des charges.

Banque Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Étude dynamique du tambour au démarrage du moteur.





Notation :
C_r : couple résistant sur le tambour
C_{r*} : couple résistant ramené sur l'arbre du moteur
C_M : couple du moteur

Données :

- Accélération angulaire du moteur ω'_{moteur} = 1,52 rad·s^{-2} ;
- Le rendement global η_g = 0,894 ;
- Le rapport de transmission $i_{s/e}$ = 0,0509 ;
- Seule l'inertie du tambour [J_{Gx} = 0.0627 kg·m²] sera prise en compte ;
- La charge maxi à soulever est de 283,3 kg, les autres masses sont négligées.

Relations :

On donne l'équation du moment dynamique autour de l'axe du moteur :

$$\sum \overrightarrow{Mt_{G/\vec{x}}}\left(\overrightarrow{F_{ext/S}}\right) = J_{Gx\,equi} \cdot \omega'_{Moteur}\,\vec{x}$$

L'inertie équivalente du tambour ramenée sur l'axe du moteur :

$J_{Gx\,equi} = J_{Gx} \cdot (i_{s/e})^2$

Question 2.3.5	Calculer le couple résistant maxi noté Cr sur le tambour imposé par la charge maxi à soulever pour un rayon de 142 mm.

Question 2.3.6	Calculer l'inertie équivalente $J_{Gx\,equi}$.

Question 2.3.7	À l'aide du rendement, calculer le couple ramené sur l'arbre du moteur **C_r*.**

On isole l'arbre du moteur

Question 2.3.8	À l'aide du principe fondamental de la dynamique : • Écrire l'équation du moment dynamique autour de l'axe $\vec{x}$ et en déduire l'expression littérale de C_M en fonction C_r, ω'_{moteur} et $J_{Gx\,equi}$. • Calculer le couple moteur C_M.

Critères de choix du moteur :

- Puissance mécanique 2 000 W minimum ;
- Fréquence de rotation minimum 1 000 tr·min^{-1} ;
- Masse minimale ;
- Couple moteur calculé précédemment.

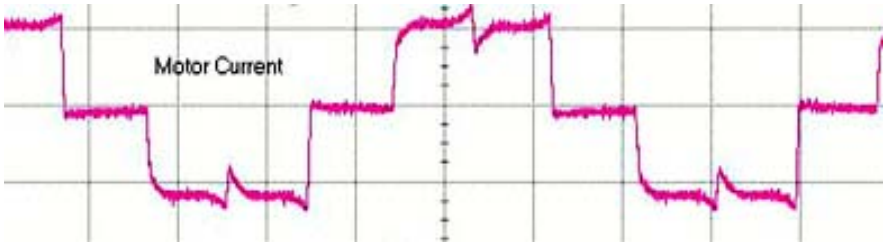
Question 2.3.9	Choisir la référence du moteur qui conviendrait le mieux. Justifier.
DT16	

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

2.4 Étude de la commande du moteur électrique

Les problèmes de vitesse de déroulement de câble peuvent avoir pour origine la commande du moteur d'entrainement BLDC.

Le chronogramme des courants dans les enroulements du moteur a été relevé.
L'étude suivante consiste à vérifier que ce relevé est conforme.



Forme d'onde relevée du courant dans une phase du moteur



Question 2.4.1 DT15, DR4	Sur le document réponse DR4, déterminer l'état des transistors pour satisfaire au cycle de fonctionnement donné DT15.

Question 2.4.2 DT15, DR4	Sur le document réponse DR4, tracer les chronogrammes des courants I_{AN}, I_{BN} et I_{CN} s'écoulant de A vers N, B vers N et C vers N. Conclure quant à la conformité avec le relevé.

Question 2.4.3	En cas d'erreur de montage, quel serait l'effet d'une inversion de deux câbles alimentant les bobines du BLDC ?

La commande du moteur peut engendrer des perturbations électromagnétiques.

Question 2.4.4	D'une manière générale, indiquer pourquoi les câbles d'alimentation constituent une source de perturbation électromagnétique.

Question 2.4.5	En conséquence, quelles précautions sont à prendre pour le cheminement des câbles ?

Question 2.4.6	Quel(s) type(s) de câble faut-il choisir pour limiter l'influence des champs électromagnétiques extérieurs ?

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

2.5 Étude des dispositifs de sécurité

On souhaite vérifier que le treuil est conforme à la réglementation aéronautique d'un point de vue sécurité des personnes durant un hélitreuillage.

Question 2.5.1	En cas de défaillance du moteur pendant un hélitreuillage, quel dispositif assure la sécurité ?
DT13 à DT17	

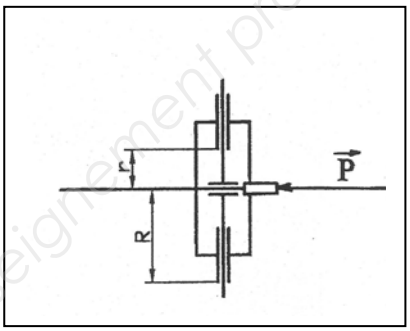
Un effort normal est nécessaire pour éviter le déroulement du câble lors d'une panne du moteur du treuil. On prendra un couple de Cr = 395 N·m.

Question 2.5.2	Calculer l'effort normal P nécessaire entre les disques de friction pour empêcher la descente de la charge maximale. La valeur de P est-elle conforme ?
DT17	

Donnée :

$$c_r = \frac{2}{3} * n * P * f * \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$$

f : coefficient d'adhérence, f =0,4
R : rayon extérieur des disques de friction
r : rayon intérieur des disques de friction
P : Effort normal uniformément réparti
n : nombre de surfaces frottantes



Étude du système coupe-câble :

Le dispositif « coupe-câble » est un dispositif pyrotechnique qui permet de sectionner le câble du treuil en cas d'extrême nécessité.

On souhaite ajouter une commande coupe-câble pour le copilote.

Question 2.5.3	Compléter le tableau du DR5 en indiquant le numéro des repères ① à ⑧ des éléments du schéma DT19.
DT19, DR5	

- les contacts « normalement ouverts » des commandes pilote, copilote et opérateur du coupe-câble seront connectés en dérivation. Ils actionnent le coupe-câble.
- les contacts « normalement fermés » seront connectés de manière à amener le potentiel GND au relais K70004 (borne X2). Ils autorisent l'alimentation du coupe-câble.

Question 2.5.4	Indiquer le nom des fonctions logiques réalisées par un câblage série et parallèle. Représenter les deux symboles à la norme ANSI.

Question 2.5.5	Justifier la présence du shunt MF7134B22 en absence de câblage de commande de coupe-câble copilote.
DT19	

Question 2.5.6	Indiquer la gauge AWG du shunt MF7134B22.
DT22	

Question 2.5.7	Compléter le schéma de câblage permettant la mise en œuvre d'une commande de coupe-câble coté copilote qui respecte les critères énoncés précédemment.
DT19, DR5	

Banque Nationale de Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

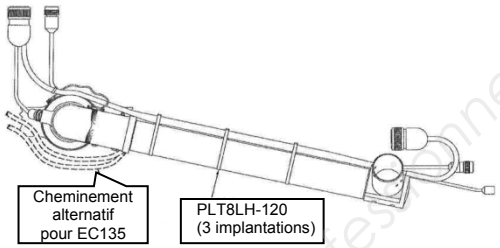
PARTIE 3 Étude du câblage et du circuit d'alimentation

Les résultats de l'étude dynamique imposent le montage du moteur Brushless de référence **160217**.

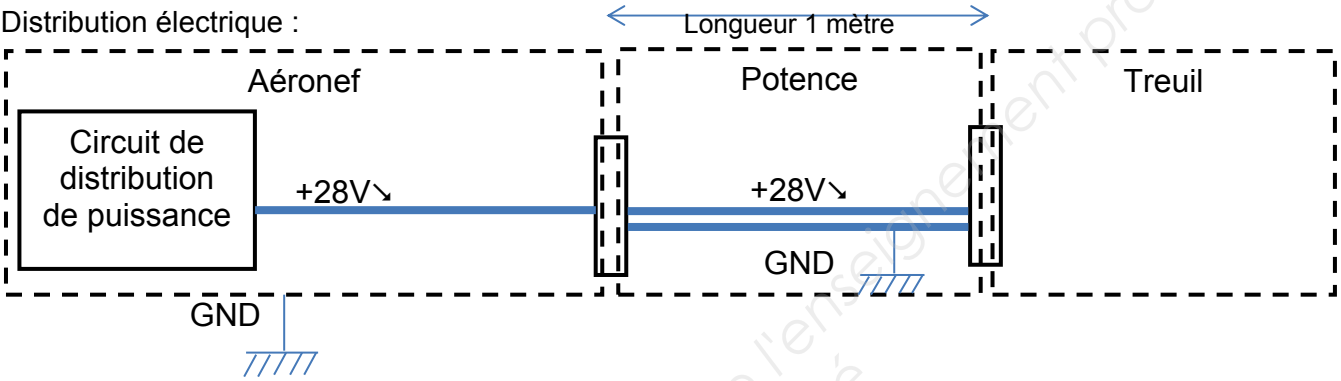
Dans la suite du problème, il vous est demandé d'étudier l'impact de ce changement de moteur sur la distribution électrique.

L'alimentation du treuil est décomposée en deux zones.

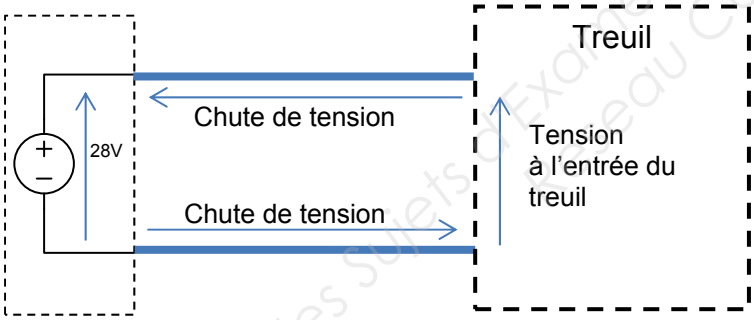
1- Aéronef : un conducteur unique permet d'amener le potentiel positif jusqu'à un connecteur. Le neutre est véhiculé par la structure de l'appareil.
2- Le long de la potence, **deux conducteurs** permettent le transport de l'énergie électrique.



Distribution électrique :



Question 3.1	Déterminer le courant crête qui sera consommé par le moteur.
DT16	



Question 3.2	Calculer la section de câble en cuivre permettant une chute de tension **totale** de moins de 2 % sur cette portion de câblage (le long de la potence).
DT21, DT22	

En appliquant un coefficient de sécurité et afin de limiter les pertes, le constructeur de l'aéronef a déterminé que le câble qui alimente le treuil depuis la boîte de distribution jusqu'à la potence doit avoir une section supérieure ou égale à ***10 mm²*****.**

Question 3.3	Déterminer en la justifiant, la référence fournisseur du câble à utiliser sachant qu'il peut être soumis à des températures supérieures à 200 °C.
DT21, DT22	

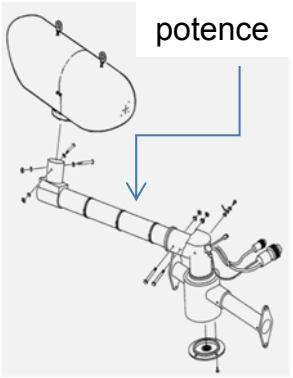
À l'intérieur de l'aéronef, le câble d'alimentation emprunte des chemins lui faisant traverser des éléments de structure.

Question 3.4	Quel serait le diamètre minimum nécessaire au passage du câble de type AS22759/87 et référencé 75987-6 ?
DT21, DT22	

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

PARTIE 4 Étude de résistance des matériaux

Lors du suivi du prototype en phase d'utilisation des signes de fatigue (criques) sont apparus sur la potence. L'objectif de cette partie est d'évaluer les contraintes s'exerçant sur cette poutre.



Question 4.1	La potence est en alliage d'aluminium EN-AW 2017. Proposer un contrôle non destructif permettant de localiser une éventuelle crique débouchante (on ne souhaite pas démonter les pièces). Vous préciserez les différentes étapes de ce procédé.
DT12, DT20	

Par hypothèse le modèle d'étude sera plan, le désaxage entre le câble et le bras n'est pas pris en compte. Le modèle de poutre étudié sera le suivant :

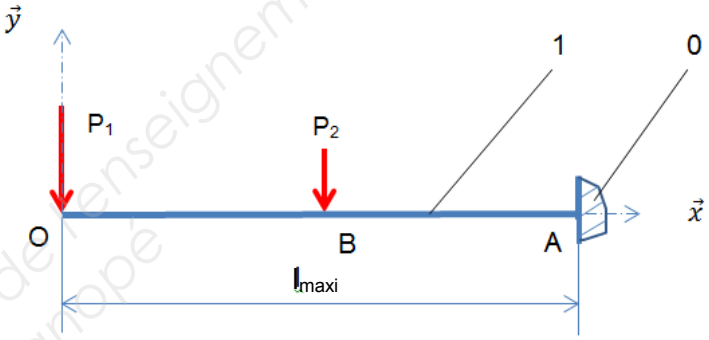


Figure 1

Hypothèses et données (voir figure 1 ci-contre) :

- Au point A, on a une liaison encastrement entre le kit treuil (1) et la structure (0) de l'hélicoptère.
  OA = l_{maxi} = 800 mm et AB = l_{maxi}/2.
- Au point O, s'exerce l'action du poids du treuil (treuil, moteur, réducteur et plein d'huile) plus la charge maxi de 270 kg, notée P_1.
- On ramène au point B, l'action du poids de l'ensemble potence et support qui sera notée P_2.

La poutre sera assimilée à un tube de diamètre D_e = 75 mm, d'épaisseur 4 mm.
Le coefficient de sécurité est de 2.
Le moment de flexion est noté : M_{fz}
E : module d'Young en MPa
Y_{max} : rayon extérieur de la potence

La contrainte de flexion vaut : $\sigma_{max} = \dfrac{\text{Mfz}}{\dfrac{I_{Gz}}{Y_{max}}}$

Le moment quadratique en flexion pour un **arbre plein** est : $I_{Gz} = \dfrac{\pi.\text{D}^4}{64}$

La flèche maxi vaut : $y = \dfrac{-P_1.l^3 - P_2.\left(\frac{l}{2}\right)^3}{3.\text{E}.I_{Gz}}$

On donne P_1 = 3 070 N et P_2 = 156 N

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

Question 4.2 Figure 1	Isoler la poutre (1), puis déterminer les trois inconnues de la liaison encastrement (X_A, Y_A, N_A).

Question 4.3 Figure 1	Écrire littéralement les torseurs de cohésion le long de la poutre en fonction de x. En déduire T_y et Mf_z entre O et B, puis entre B et A.

Question 4.4 DR6	Compléter les diagrammes sur le DR6, puis indiquer sur copie le point appartenant à la section la plus sollicitée.

Question 4.5 DT12	Pour cette section, calculer la contrainte de flexion maxi uniquement (T_y sera négligé). La condition de résistance est-elle respectée ? Si ce n'est pas le cas proposer un autre matériau à l'aide du tableau du DT12. Justifier.

Question 4.6 DT12	Calculer la flèche maxi f au point O. Est-elle acceptable ? On prendra le module de Young E = 74 000 MPa

Après contrôle dans l'AMM (Aircraft Maintenance Manuel), les dimensions de la crique constatée sur le kit ne dépassent pas la tolérance.

Question 4.7 DT20	On souhaite stopper cette crique, comment procéder ?

PARTIE 5 Conclusion

Question 5	Compte tenu de l'étude menée, conclure sur l'adaptabilité du kit treuil.

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

DOSSIER TECHNIQUE



Sommaire du dossier technique

- **Caractéristiques de l'hélicoptère** — **pages DT2 et DT3**
- **Analyse fonctionnelle du kit treuil** — **page DT4**
- **Fiche technique des treuils** — **page DT5**
- **Aérodynamique de l'hélicoptère** — **page DT6**
- **Masse et centrage** — **pages DT7 et DT8**
- **Génération hydraulique de l'aéronef** — **page DT9**
- **Génération électrique de l'aéronef** — **page DT10**
- **Descriptif détaillé du treuil électrique** — **pages DT11 à DT20**
- **Fiche technique du câblage électrique** — **page DT21 et DT22**

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

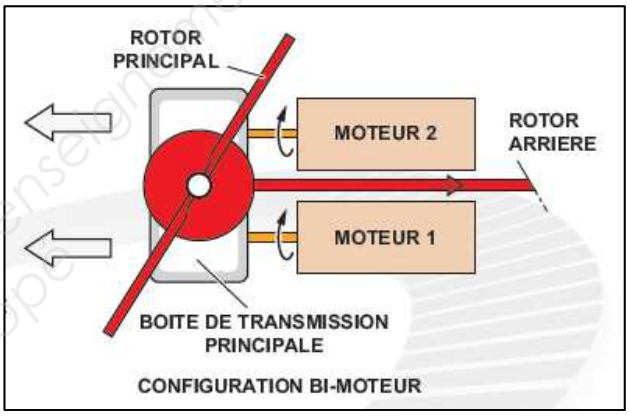
Caractéristiques de l'hélicoptère

L'hélicoptère EC145 est utilisé par la Direction Générale de la Sécurité Civile (DGSC)



Motorisation :

- Bi-moteurs
- Moteur : 2 GTM Arriel 1E2
- Puissance développée : 2 x 574 kW
- Fréquence de rotation de la turbine libre : 41 600 tr·min^{-1}
- Fréquence de rotation de sortie de turbine : 6000 tr·min^{-1}



Rapport de Boite de transmission principale (BTP) : 0.06965

Dimensions :

- Longueur : 13,02 m
- Diamètre rotor principal : 11,00 m

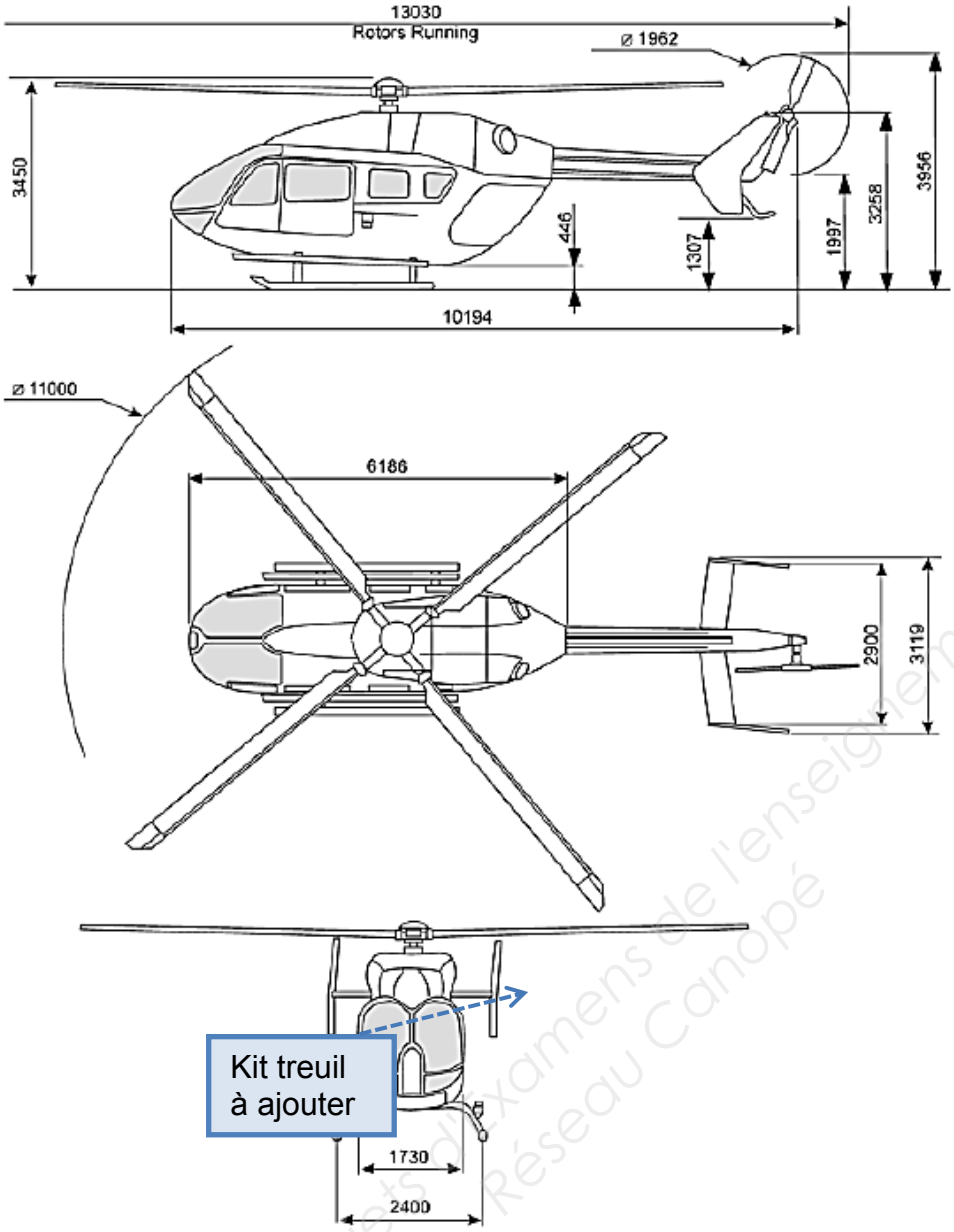
Performance :

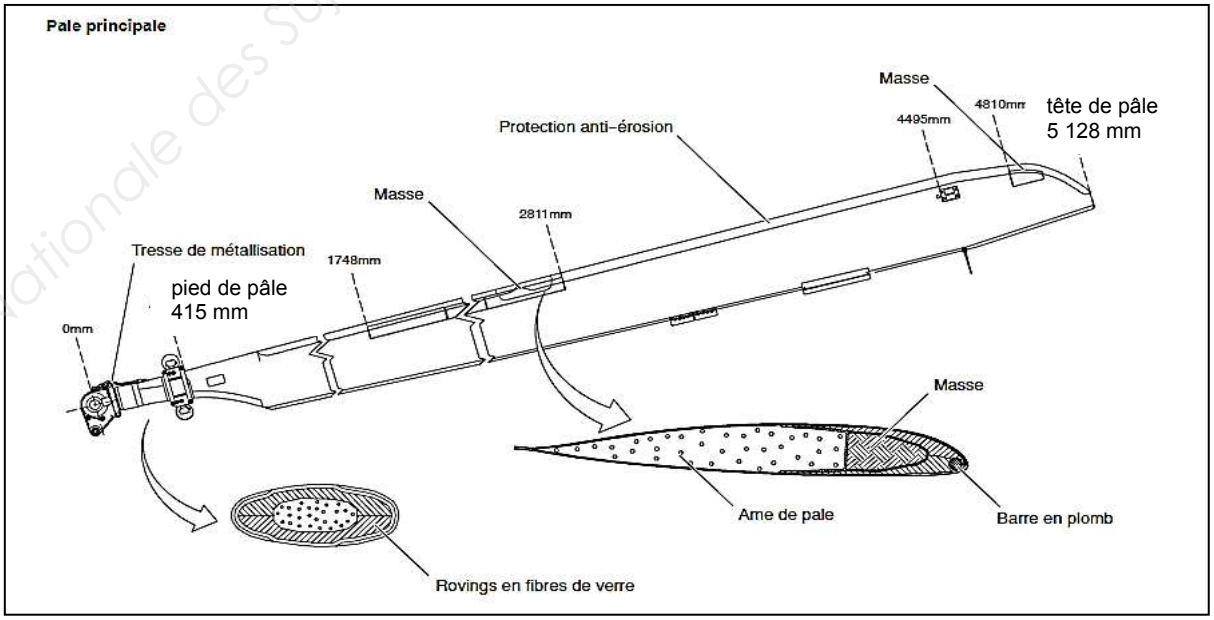
- Vitesse : 135 kt (245 km·h^{-1})
- Masse maxi : 3 585 kg sans le kit treuil
- Autonomie : 2h15 min
- Distance franchissable : 510 km

Fixation d'une option treuil : des renforts de fixations sont prévus

- Une connectique électrique est prévue sur tous les appareils
- Pas de raccordement hydraulique prévu de série
- Charge maxi à hélitreuiller 270 kg

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



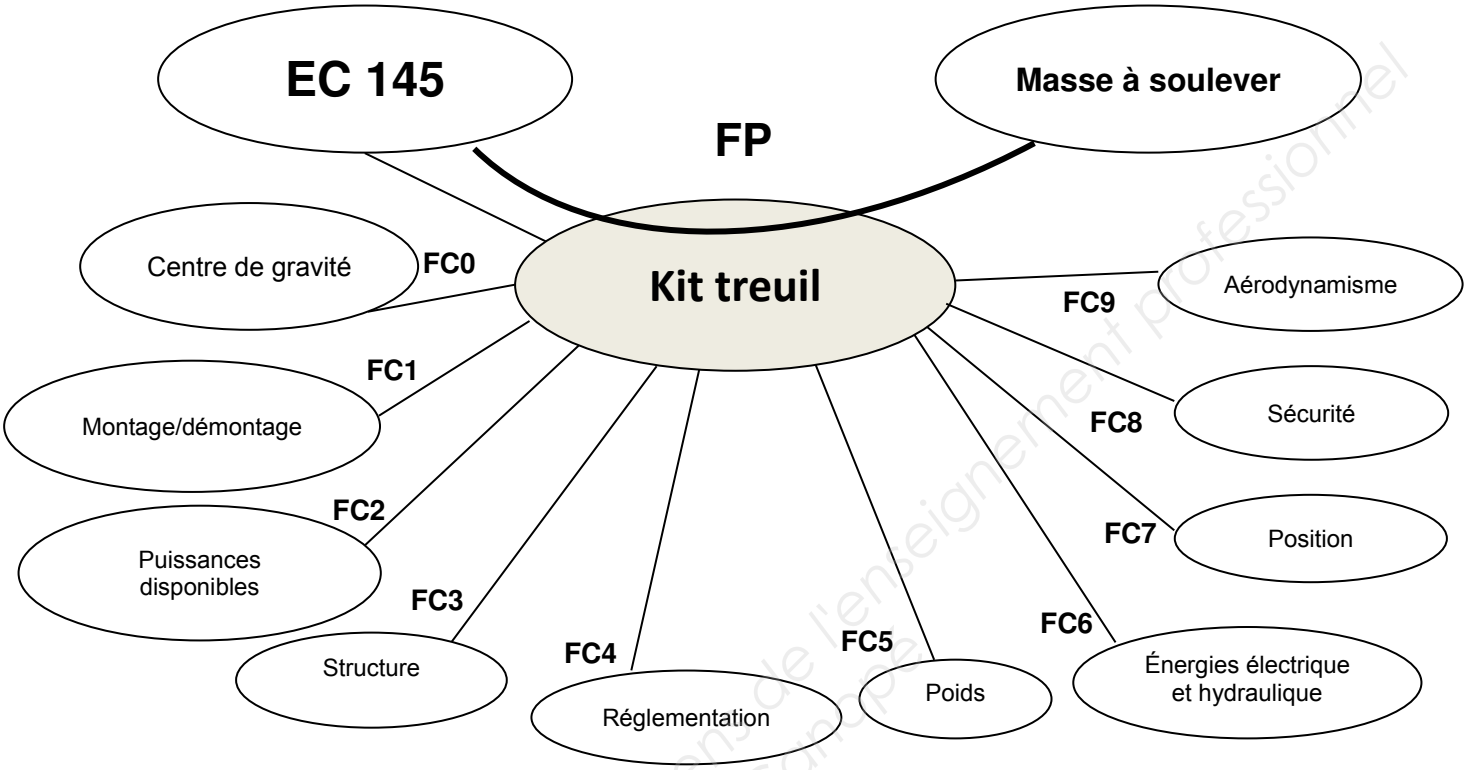


Base Nationale des Sujets d'examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

BTS AÉRONAUTIQUE		Session : 2017
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT	DT3/22

Analyse fonctionnelle du kit treuil

Graphe d'association



Les fonctions :

Fonction principale : Hélitreuiller une masse de 270 kg maxi

FC0: Limiter le déplacement du centre de gravité de l'hélicoptère équipé (masse et centrage)
FC1: Être démontable
FC2: Limiter la consommation en énergie afin d'éviter le délestage
FC3: S'adapter à la structure existante de l'appareil
FC4: Respecter les normes aéronautiques pour l'ajout d'une option sur aéronef
FC5: Limiter le poids du Kit
FC6: S'adapter aux branchements disponibles (hydraulique, électrique,…)
FC7: Monter le kit à gauche ou à droite de l'hélicoptère
FC8 : Disposer de systèmes de sécurité (mécanique, électrique, pyrotechnique)
FC9 : Limiter les perturbations aérodynamiques de l'appareil

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

Fiche technique du treuil hydraulique

L'utilisation du treuil hydraulique est très avantageuse, car il peut fonctionner en continu, il dispose d'un mécanisme très fiable et ne connaît aucune limite. Un treuil hydraulique a des capacités de traction extrêmement importantes et des vitesses d'enroulement très élevées. Toutefois, il est bien plus lourd qu'un treuil électrique. Le treuil hydraulique nécessite souvent d'installer une réserve d'huile, une pompe et un circuit hydraulique dimensionné pour le treuil. En outre, son prix d'achat est plus élevé que celui du treuil électrique.

General specifications

Height		21 inch	53,4 cm
Width		10,6 inch	27 cm
Weight	treuil	146,6 lbs	66,5 kg
	perche	35,86 lbs	16,27 kg
	support	34 lbs	15,88 kg
	total du kit	216,46 lbs	98,65 kg
Hoist length		230 ft	70 m
Cable diameter		0.19 inch	4,92 mm
Cable length		246 ft	75 m
Maximum fit load		595,24 lbs	270 kg
Supply pressure		2540 psi	175 bars
rate flow		5,3 gal·min^{-1}	20 l·min^{-1}
Input power		28 VDC/10 A max	



Fiche technique du treuil électrique (première partie)

L'utilisation d'un treuil électrique est un bon compromis pour soulever des charges modérées. Plus léger que l'hydraulique il ne nécessite pas de se raccorder aux circuits hydrauliques de l'aéronef et perturbe moins le centrage. Son prix est également moins élevé.
Toutefois il faut veiller à la consommation d'énergie électrique et vérifier que l'appareil puisse la fournir sans perturber les autres servitudes, synonyme de délestage.

General specifications

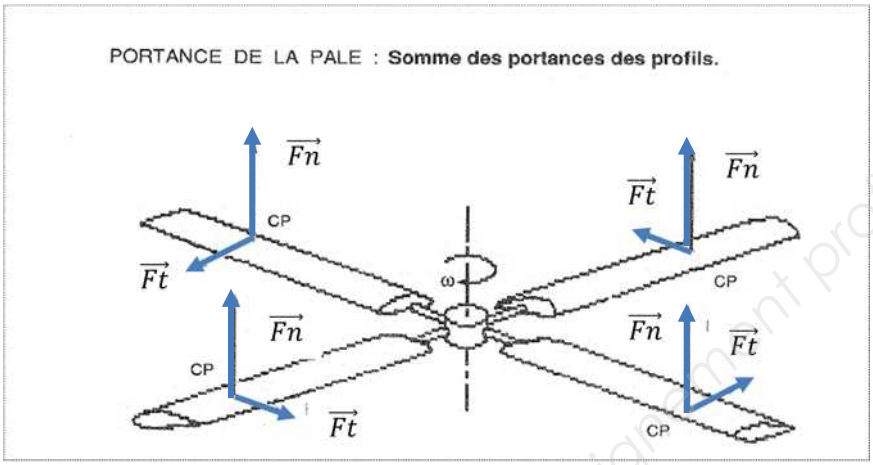
Height		12.32 inch	31.3 cm
Width		8.75 inch	22.22 cm
Weight	treuil	92,11 lbs	43 kg
	perche	35,86 lbs	16,27 kg
	support	34 lbs	15,88 kg
	total du kit	161,97 lbs	75,15 kg
Hoist length		262 ft	80 m
Cable diameter		0.19 inch	4,92 mm
Cable length		354,3 ft	90 m
Maximum fit load		595,24 lbs	270 kg
Input power		28 VDC/125 A max	



Base Nationale des Sujets d'examens de l'enseignement Professionnel
Réseau Canopé

Aérodynamique de l'hélicoptère (quatre pales)

Mise en œuvre de la portance :
Pour parvenir à soulever l'hélicoptère, il faut pouvoir créer une portance résultante (force de sustentation totale et moyenne du rotor) supérieure au poids total de l'appareil. Ainsi en vol stationnaire, quand la résultante de l'ensemble des forces s'exerçant sur l'appareil est nulle, la portance est égale au poids, de même direction, mais de sens opposé.



Polaires du profil (angle, Cz, Cx)

Re= 75 000		
Angle	Cz	Cx
-5	-0,676	0,0199
-4	-0,623	0,0181
-3	-0,561	0,0173
-2	-0,45	0,0179
-1	-0,174	0,0207
0	0	0,0206
1	0,1738	0,0207
2	0,4503	0,0179
3	0,5605	0,0173
4	0,6229	0,0181
5	0,6762	0,0199

Re= 200 000		
Angle	Cz	Cx
-5	-0,7	0,0142
-4	-0,644	0,0129
-3	-0,529	0,0123
-2	-0,38	0,0116
-1	-0,214	0,0107
0	0	0,0105
1	0,214	0,0107
2	0,3796	0,0116
3	0,5289	0,0123
4	0,6435	0,0129
5	0,6997	0,0142

Re= 350 000		
Angle	Cz	Cx
-5	-0,701	0,0124
-4	-0,558	0,011
-3	-0,421	0,0097
-2	-0,274	0,0083
-1	-0,134	0,0075
0	0	0,0071
1	0,1343	0,0075
2	0,274	0,0083
3	0,4209	0,0097
4	0,5584	0,011
5	0,7006	0,0124

Altitude en m	θ en °C	*P* en kPa	*V (son)* en m·s^{-1}	ρ en kg·m^{-3}
0	15,00	101,33	340,3	1,225
200	13,70	98,95	339,5	1,202
400	12,40	96,61	338,8	1,179
600	11,10	94,32	338,0	1,156
800	9,80	92,08	337,2	1,134
1 000	8,50	89,88	336,4	1,112
2 000	2,00	79,50	332,5	1,007
3 000	-4,49	70,12	328,6	0,909
4 000	-10,98	61,66	324,6	0,819
6 000	-24,0	47,22	316,5	0,660
8 000	-36,9	35,65	308,1	0,526
10 000	-49,9	26,50	299,5	0,414
12 000	-62,9	19,40	295,1	0,312

La résultante des forces de portance et de traînée s'applique au centre de poussée.
Pour le calcul de la vitesse corrigée V_c sur la pale, on prendra comme rayon le centre de poussée :

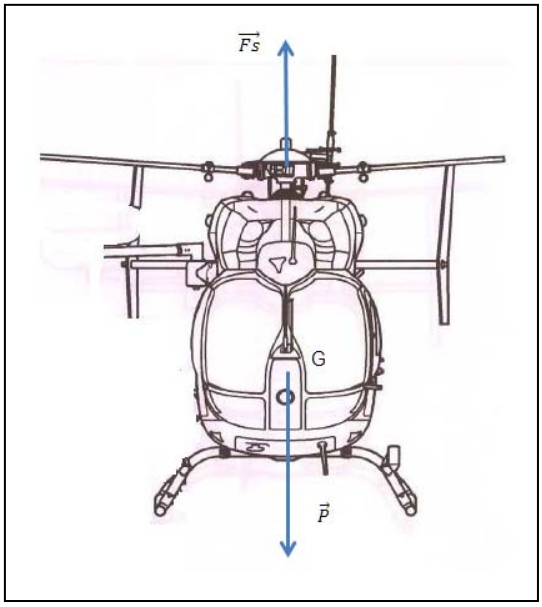
CP= 0,7 × Rayon de la pale.

On considère Fn pour une pale : $Fn = \frac{1}{2}.\rho.S.{V_c}^2.Cz$
Cz : coefficient de portance
S : surface d'une pale $S = c.(L_{tête\ de\ pale} - L_{pied\ pale})$ avec la corde c = 414 mm
ρ : masse volumique de l'air en kg·m^{-3}.
V_c : vitesse corrigée en m·s^{-1}
La composante verticale sert à compenser le poids de l'appareil et à mouvoir l'hélicoptère verticalement.
La composante horizontale compense la traînée Fx et lui permet de se mouvoir horizontalement.
En phase d'hélitreuillage, l'hélicoptère est en vol stationnaire donc la force de translation est nulle.

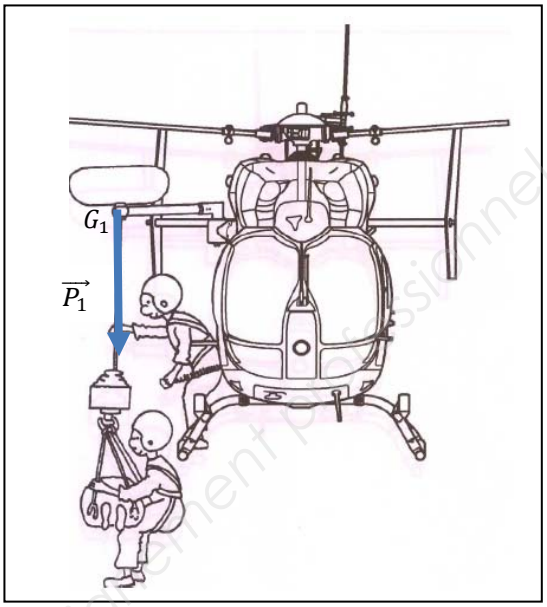
Base Nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

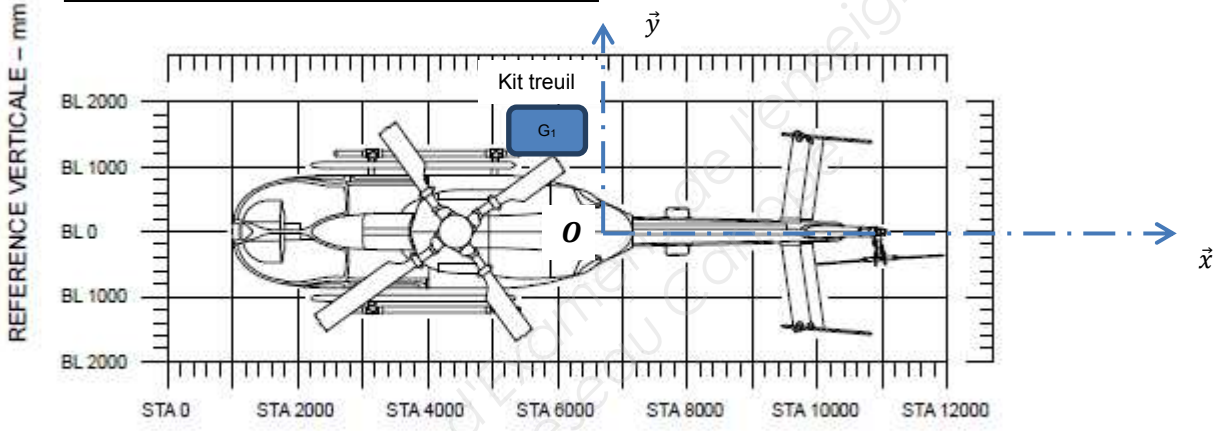
Masse et centrage

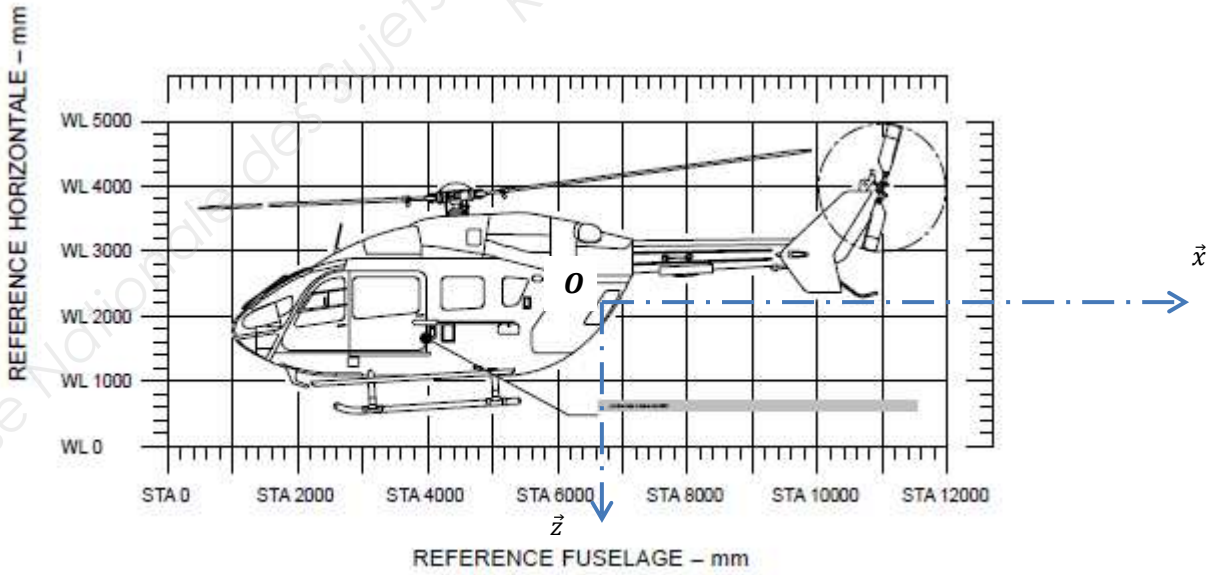
Sans le kit treuil



Avec le kit treuil







Base Nationale des sujets d'Examen de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Le moment massique est égal à la masse d'un élément multipliée par sa longueur de bras de levier.

- Centre de gravité (CG)

Le centre de gravité est le point autour duquel l'hélicoptère serait en équilibre s'il était suspendu.
On calcule la distance par rapport à la référence "zéro" en divisant le moment total par la masse totale de l'hélicoptère.

$$\text{Bras (mm)} = \frac{\text{Somme de tous les moments (kg.mm)}}{\text{Somme de toutes les masses (kg)}}$$

- Limites de centrage

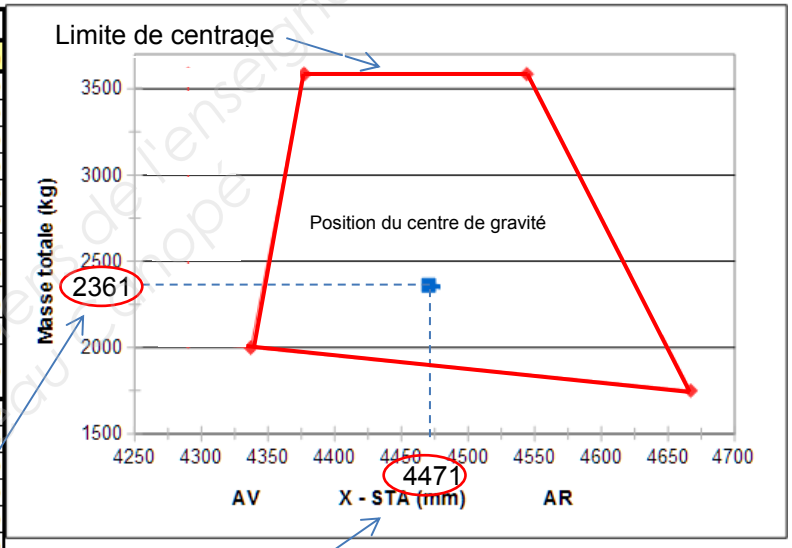
Les limites de centrage correspondent aux déplacements maximum autorisés du centre de gravité de l'hélicoptère. Lors du décollage, pendant toute la durée du vol et à l'atterrissage, le centre de gravité de l'hélicoptère chargé doit toujours rester dans ces limites.

Abaque masse et centrage longitudinal sans le kit treuil

CE LOGICIEL DE CENTRAGE NE PEUT EN AUCUN CAS SE SUBSTITUER AU MdV

19-nov.-14	Indicatif :	F-Z...	N° de série :	9...	Mission :

		Masse	Levier	Moment
Masse à vide	MV	2191	4634	10152929
Pilote		80	2328	186240
MSS / Copilote		80	2328	186240
Sièges troupe (G+D)	(2x13,8)	0	4779	0
Filtre anti-sable	35,6		3500	0
Flottabilité de secours	50		4546	0
SX 16	39,93		2070	0
Délesteur	9,08		4300	0
Rétroviseur	3,78		1085	0
Patins à neige	22,72		4431	0
Haut-parleurs	10,13	10	2892	28920
Treuil	◉ Déployé ○ Rétracté		3940	0
Charge au treuil		0	3813	0
Pax troupe avant	(2X80)	0	4312	0
Pax troupe milieu	(2X80)	0	4774	0
Pax troupe arrière	(2X80)		5236	0
Pax bac d'égouttage avant		0	2800	0
Pax bac d'égouttage arrière			4500	0
Fret en avant du cargo		0	3797	0
Fret au centre du cargo		0	4500	0
Fret à l'arrière du cargo		0	5500	0
Pax VIP avant	(3 x 11,2)	0	3050	0
Pax VIP milieu	(2 x 11,6)	0	4408	0
Pax VIP arrière	(3 x 11)		5272	0
Masse invariable	MI	2361	4471	10554329
			Max. 692 kg.	
Réservoir sup avant	38,3		4790	0
Réservoir sup arrière	38,3		5150	0
Carburant réservoirs std		0	3600	0
Masse totale	MT	2361	4471	10554329



Masse en kg
Levier en mm
Moment en kg·mm

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

Fiche technique de la génération hydraulique de l'aéronef

Généralités

La génération hydraulique est utilisée pour assister les entrées de commande manuelles du pilote. En même temps, les forces de rappel des pales du rotor principal sont bloquées.

Composants

La génération hydraulique est composée des éléments suivants :

- **le cadre modulaire**
- **deux circuits de pression identiques**
- **les pompes**
- **les servocommandes principales**
- **la servocommande arrière**
- **le système d'indication et de test.**

Caractéristiques

Pression de fonctionnement	103 bars
Pression de retour	1,40 – 1,75 bar
Liquide hydraulique	conforme à MIL-H 5606 (G)
Volume dans les systèmes	1,0 l (SYS 1); 1,2 l (SYS 2)
Volume de la bâche	0,8 l
Débit d'une pompe	8,1 $l \cdot min^{-1}$

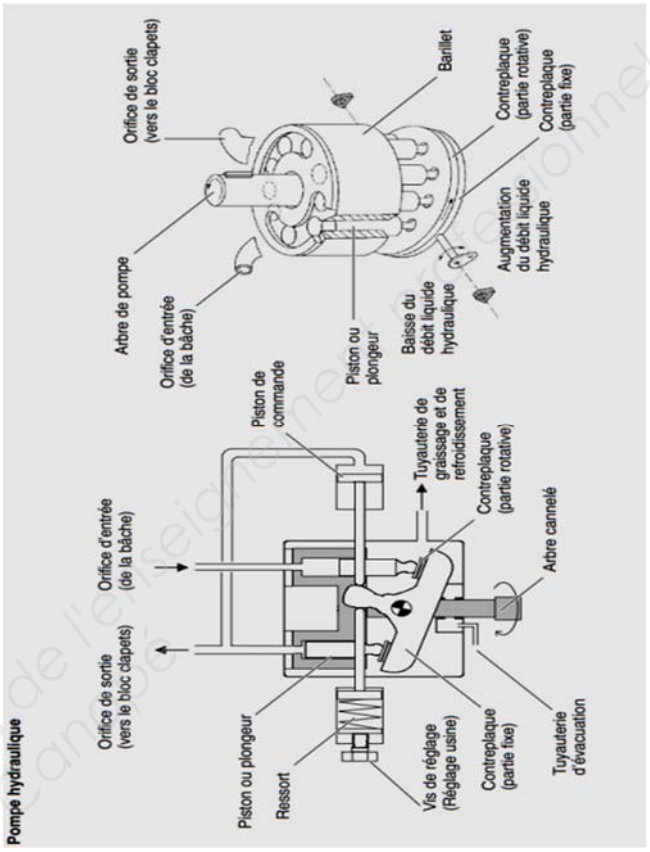
Mise à disposition de la redondance

La génération hydraulique est un système double. Il est constitué de deux circuits identiques d'alimentation en pression, le circuit 1 et le circuit 2, opérant de manière indépendante. Sous des conditions de fonctionnement normales, les deux circuits d'alimentation en pression génèrent simultanément la totalité de la pression pour assister les commandes du rotor principal. Le circuit 2 assiste, en outre, les commandes du rotor arrière. En cas de panne de l'un des circuits d'alimentation en pression, le circuit restant continue à alimenter les servocommandes principales. Ceci provoque une diminution de moitié de la puissance opérationnelle des servocommandes mécano-hydrauliques principales.

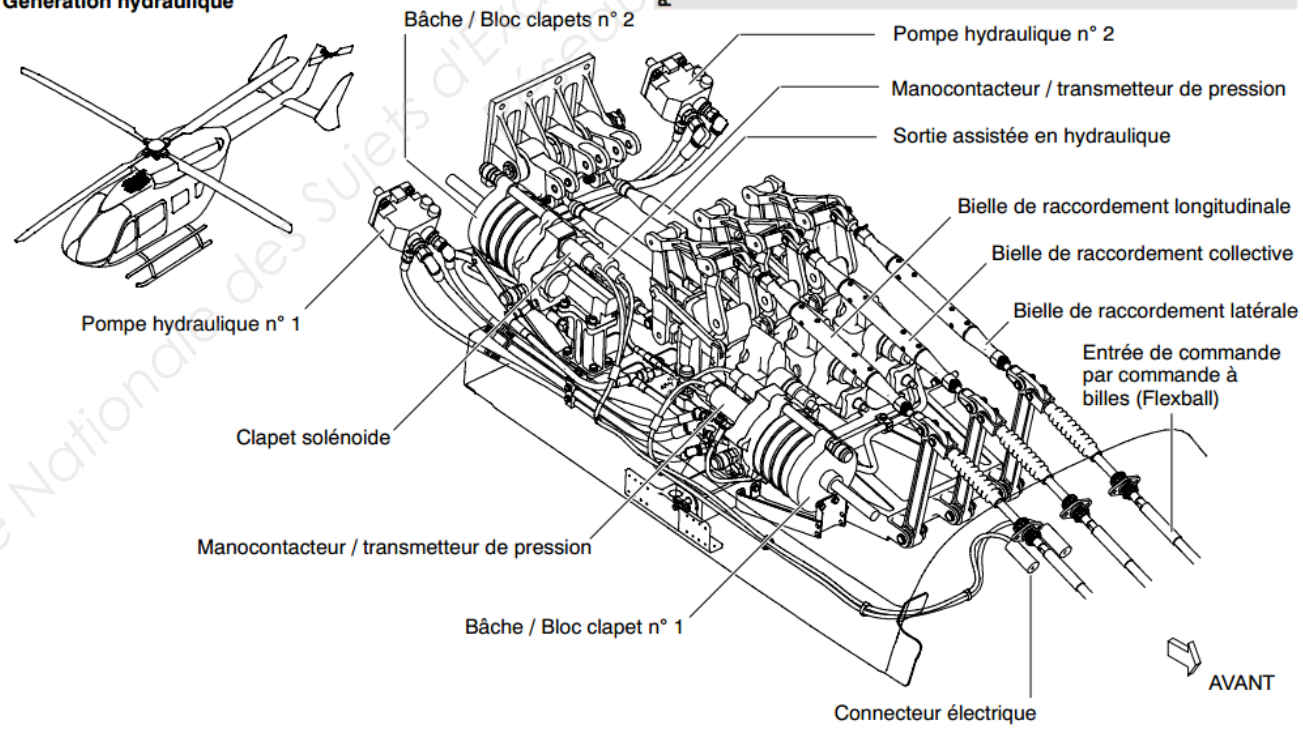
Fonctionnement de la pompe hydraulique

Ensemble

La pompe est de type piston, présentant à l'intérieur un barillet cylindrique avec neuf pistons ou plongeurs, le barillet étant entraîné par la partie entraînement des accessoires de la boîte de transmission principale.



Génération hydraulique



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

BTS AÉRONAUTIQUE		Session : 2017
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT	DT9/22

Fiche technique de la génération électrique de l'aéronef

Généralités

L'alimentation de l'hélicoptère est fournie par : :

- **deux génératrices-démarreurs**, équipées de sondes de température
- **une batterie**
- **ou un groupe de parc (EPU).**

Génératrices-démarreurs G10001 et G10002

Généralités

Chaque moteur **de l'hélicoptère** est équipé d'une génératrice-démarreur de courant continu. Elle permet le démarrage du moteur et l'alimentation électrique du système électrique à bord, incluant la charge de la batterie.

Fixation

La génératrice-démarreur est fixée, par une bride de montage, sur le boîtier des accessoires, et est maintenue par un collier de fixation. Elle est fixée, par bride, à l'arbre de transmission du compresseur du boîtier des accessoires moteur.

Modes de fonctionnement

La génératrice-démarreur peut fonctionner en deux modes différents:

- le mode démarreur
- le mode génératrice.

Fonctionnement de la génératrice-démarreur

Généralités

La génératrice-démarreur peut fonctionner en deux modes différents:

- **le mode génératrice**
- **le mode démarreur.**

Mode génératrice

Lorsque le régime n_1 du moteur est > 40 / 50 %, la génératrice est automatiquement connectée au système électrique de l'hélicoptère (à condition qu'un groupe de parc ne soit pas branché).

Lorsque le régime n_1 du moteur augmente, la génératrice est automatiquement déconnectée du système électrique de l'hélicoptère, si :

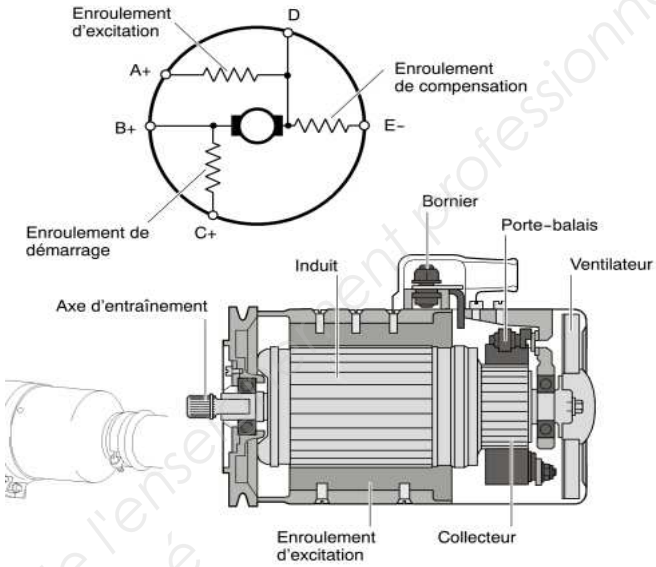
- la tension de la génératrice chute de 0,3 V DC, en dessous de la tension de la barre principale
- la tension de la génératrice chute en dessous du point de réglage du régulateur de tension génératrice
- n_1 est inférieur à 50 %.

Mode démarreur

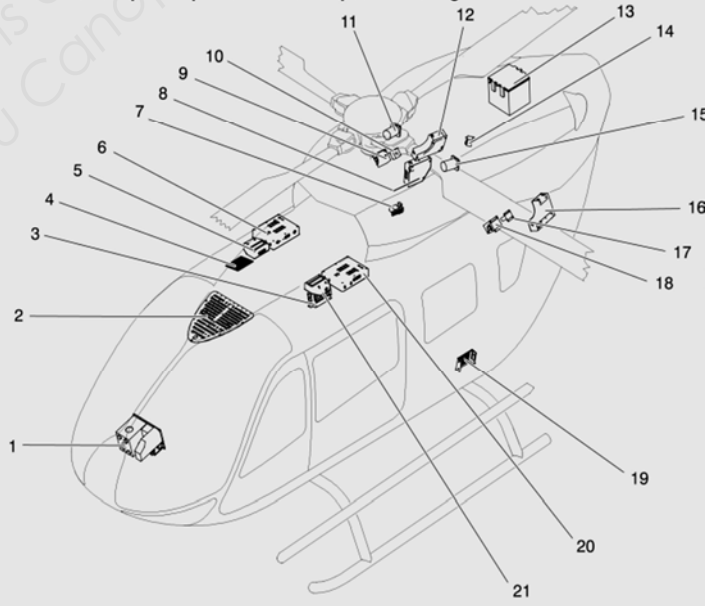
Le deuxième mode de fonctionnement possible, est le mode démarreur. L'enroulement de démarrage est alimenté et la génératrice-démarreur est utilisée comme un moteur électrique pour démarrer les moteurs. Elle entraîne alors, par le boîtier des accessoires, la turbine générateur de gaz. L'alimentation est fournie par un groupe de parc ou par la batterie de bord.

Données techniques - génératrice

Tension nominale	**28 V DC**
Courant débité à 100 % n_1	200 A
Régime	**8 010 à 11 123 tr·min^{-1}**
Régime maxi. (5 minutes)	**14 000 tr·min^{-1}**
Thermocontacteur	160 ± 5,5 °C



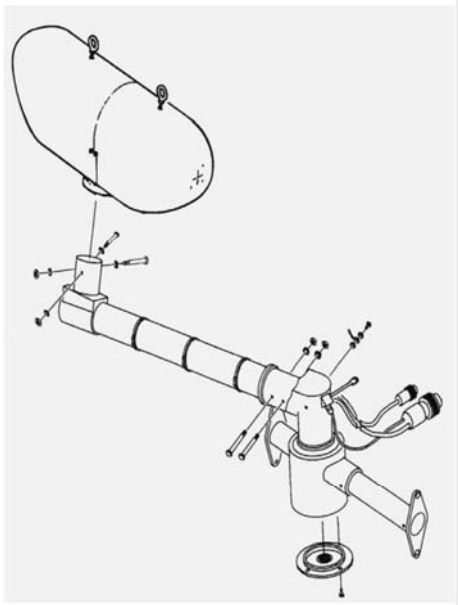
Génération électrique - Implantation des composants de la génération de courant continu

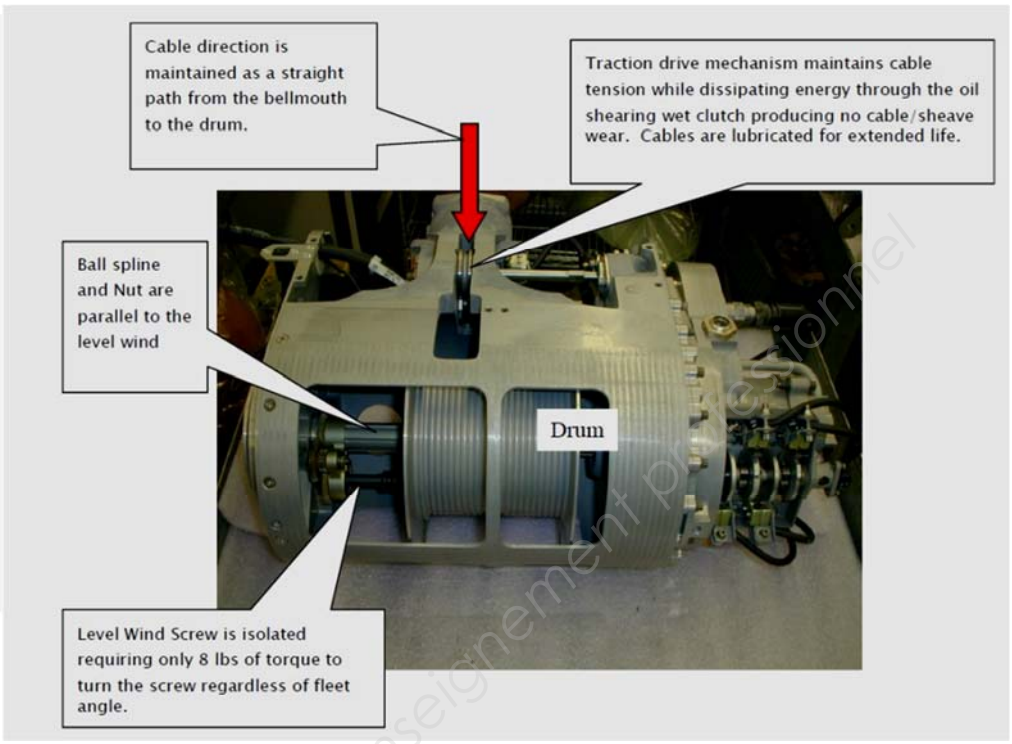


1 Tableau de bordl
2 Panneau plafond
3 Support barre non-essentielle 2
4 Inverter 2
5 Boîte à diodes 2
6 Boîte de distribution 2
7 Prise de parc
8 Boîte de jonction arrière 2
9 Régulateur de tension géné 2
10 Sonde ampèremétrique géné 2
11 Génératrice-démarreur 2
12 Boîte batterie
13 Batterie
14 Detecteur " décharge batterie "
15 Génératrice-démarreur 1
16 Boîte de jonction arrière 1
17 Sonde ampèremétrique géné 1
18 Régulateur de tension géné 1
19 Support barre non-essentielle 1
20 Boîte de distribution 1
21 Boîte à diodes 1

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

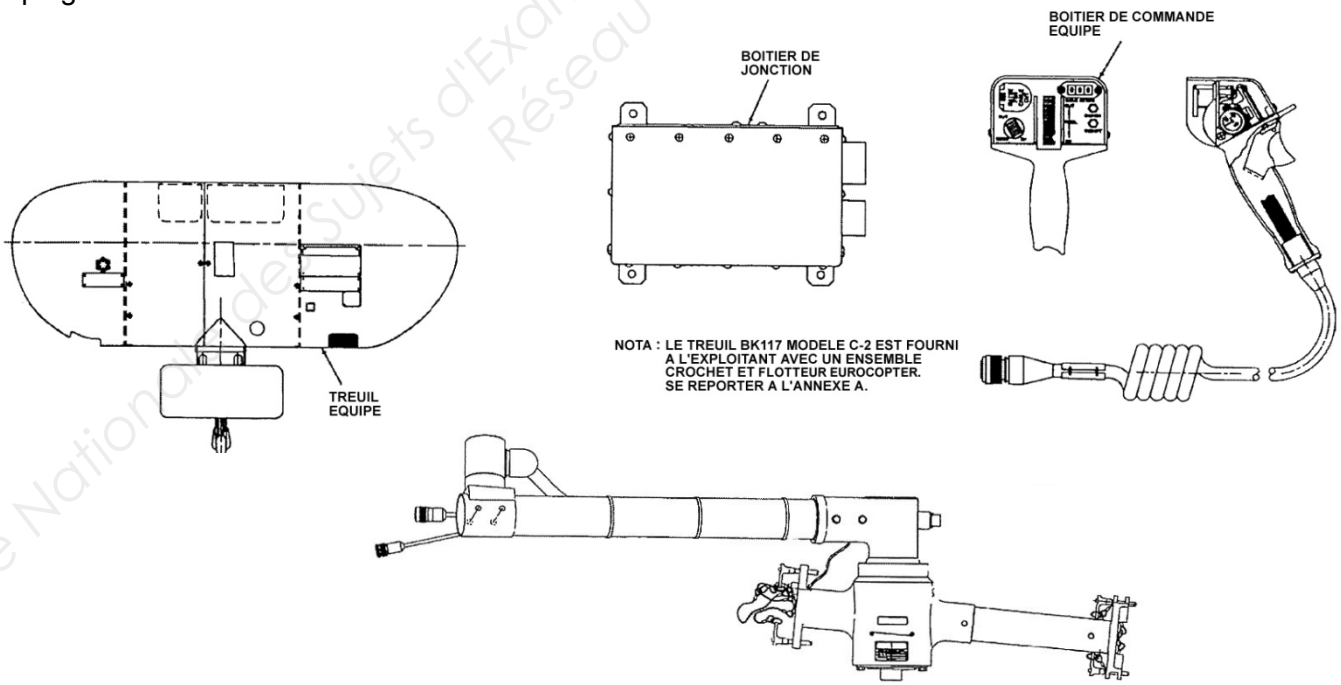
Descriptif détaillé du treuil électrique





Le système de treuillage est constitué de quatre grands sous-ensembles :

– le treuil équipé ;
– l'ensemble potence et support (longueur 800 mm) ;
– le boîtier de jonction ;
– la poignée de commande.



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

1. *Description de l'ensemble support / potence*

• L'ensemble potence équipée, offre un moyen de soutenir et positionner le treuil de sauvetage.
La potence équipée se compose de :
– un support avec broches de montage / démontage rapide ;
– un bras de potence ;
– un ensemble actionneur rotatif, muni d'un moteur électrique ;
– des microswitches fins de course en rotation du bras et deux faisceaux de câblage.

• Le bras de potence assure le soutien structural du treuil. Il se compose d'un coude et d'un adaptateur tubulaire, reliés par un tube actuellement (prototype) en aluminium EN AW-2017. Le tube est boulonné sur le coude et emmanché dans l'adaptateur.
La flèche maxi ne devra pas dépasser y = 15 mm.

Nuances usuelles*	R min.*	Re min.*
EN AW-1350 [EAl 99,5]**	65	–
EN AW-1050 [Al 99,5]	100	75
EN AW-5154 [Al Mg 3,5]	220	130
EN AW-5754 [Al Mg 3]	270	190
EN AW-5086 [Al Mg 4]	310	230
EN AW-2017 [Al Cu 4 Mg Si]	390	240
EN AW-2030 [Al Cu 4 Pb Mg]	420	280
EN AW-7075 [Al Zn 5,5 Mg Cu]	520	440
EN AW-7049 [Al Zn 8 Mg Cu]	600	560

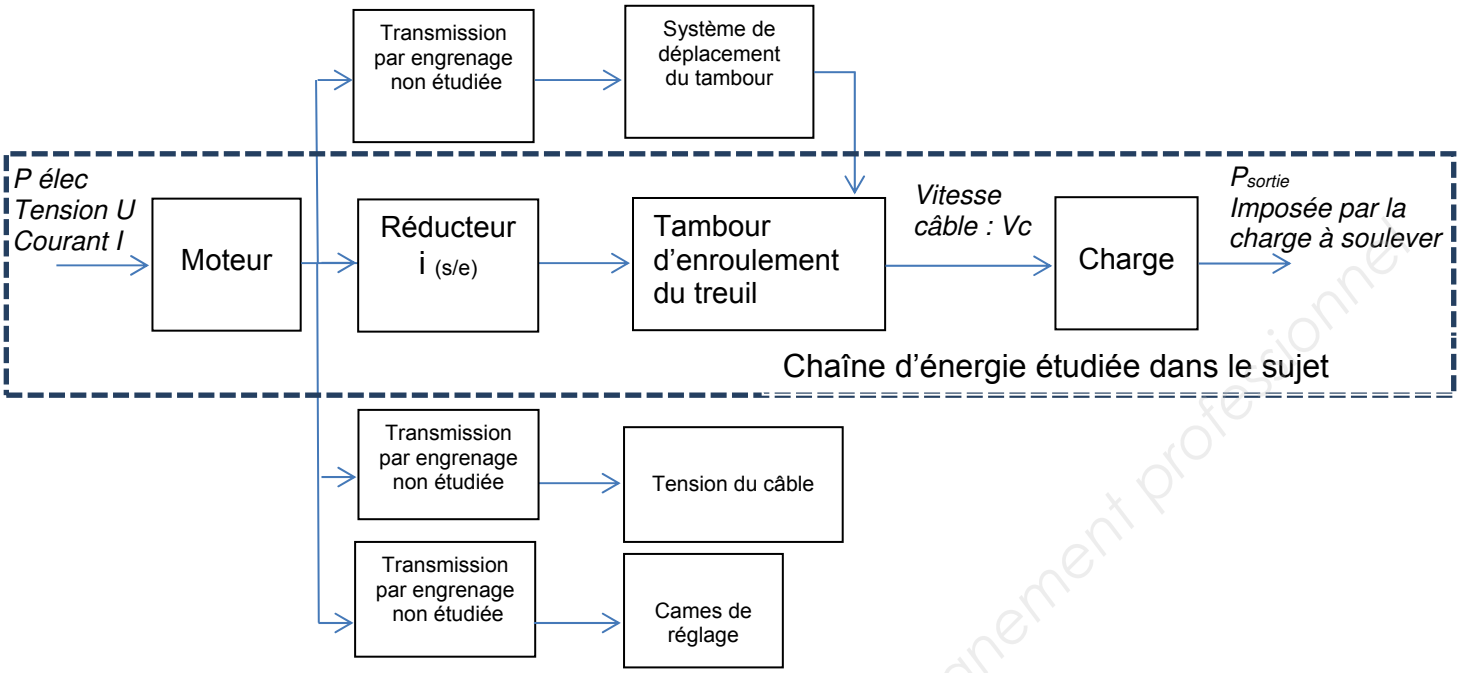
2. *Description du treuil*

Le treuil est un ensemble électromécanique pour dérouler et enrouler un câble de charge avec toutes les sécurités requises.
Il est constitué d'un carter principal, s'installant sur l'hélicoptère par l'intermédiaire d'une potence, dans lequel sont placés :

- Un moteur électrique d'entraînement principal et son électronique de puissance entraînant directement le tambour ;
- Un réducteur de vitesse à train d'engrenages pour le mécanisme de déplacement en translation du tambour (représenté en page suivante) ;
- Un système de tension du câble, au déroulement et à l'enroulement ;
- Des micro-switches de détection des positions extrêmes du câble et d'un coupe-câble avec étoupille pyrotechnique pour sécuriser l'hélicoptère si besoin.

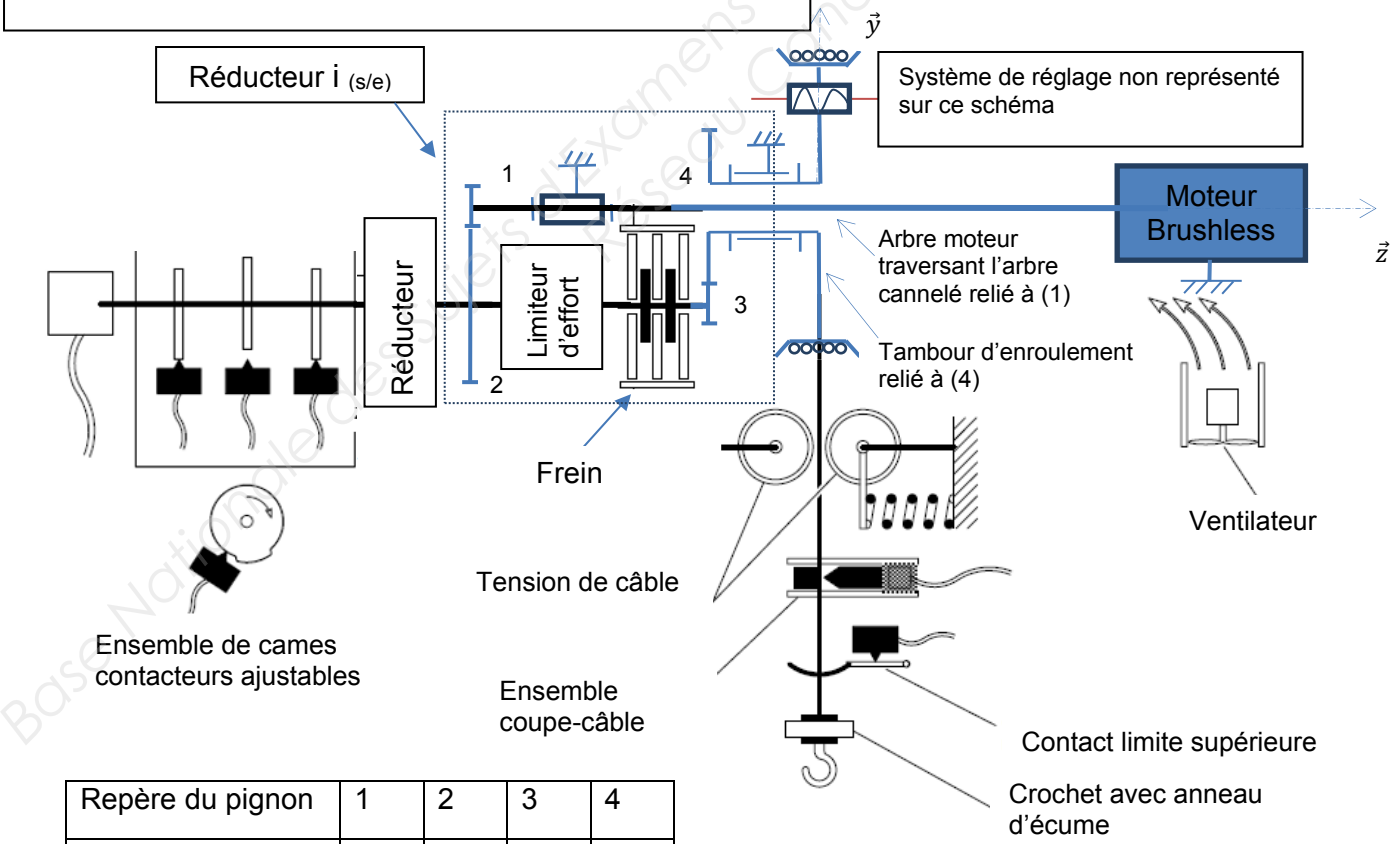
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement Professionnel
Réseau Canopé

Chaîne d'énergie et de transmission de puissance



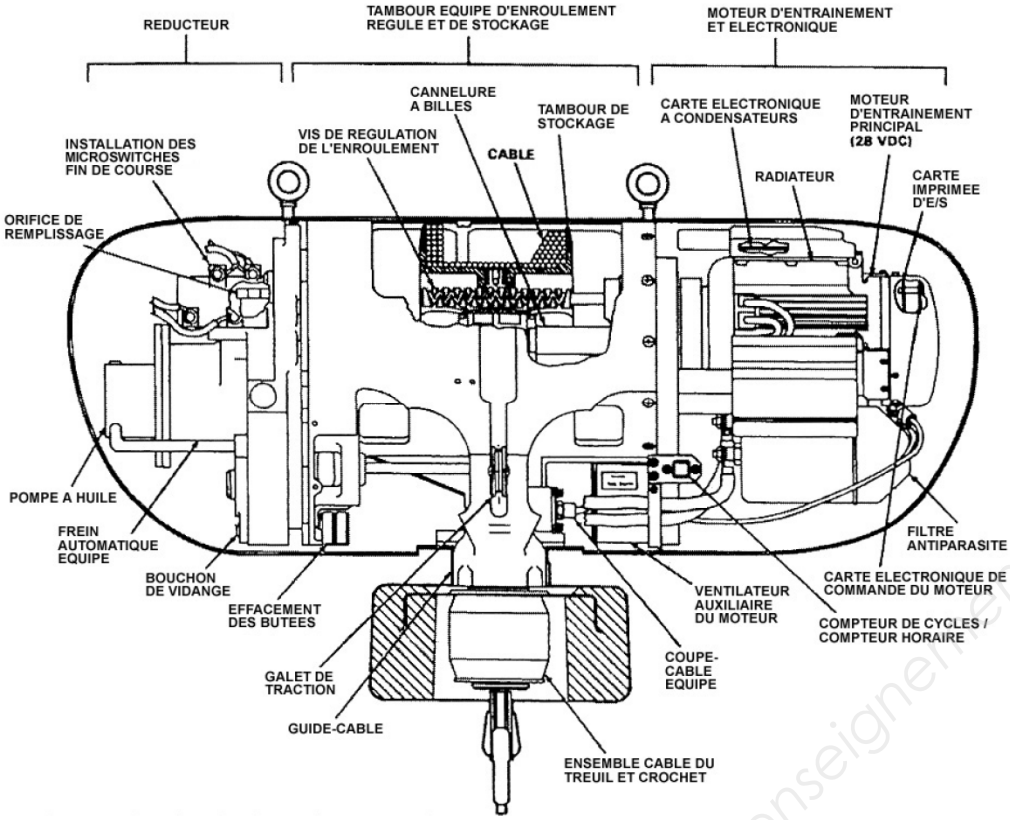
Rendements :

- Guidage en translation de l'arbre cannelé η_{ac} = 0,95
- Guidage de l'ensemble des liaisons en rotation $\eta_{liaison}$ = 0,98
- **Un train d'engrenage** du réducteur i : $\eta_{TE} = 0.98$
- Les autres rendements ne seront pas pris en compte

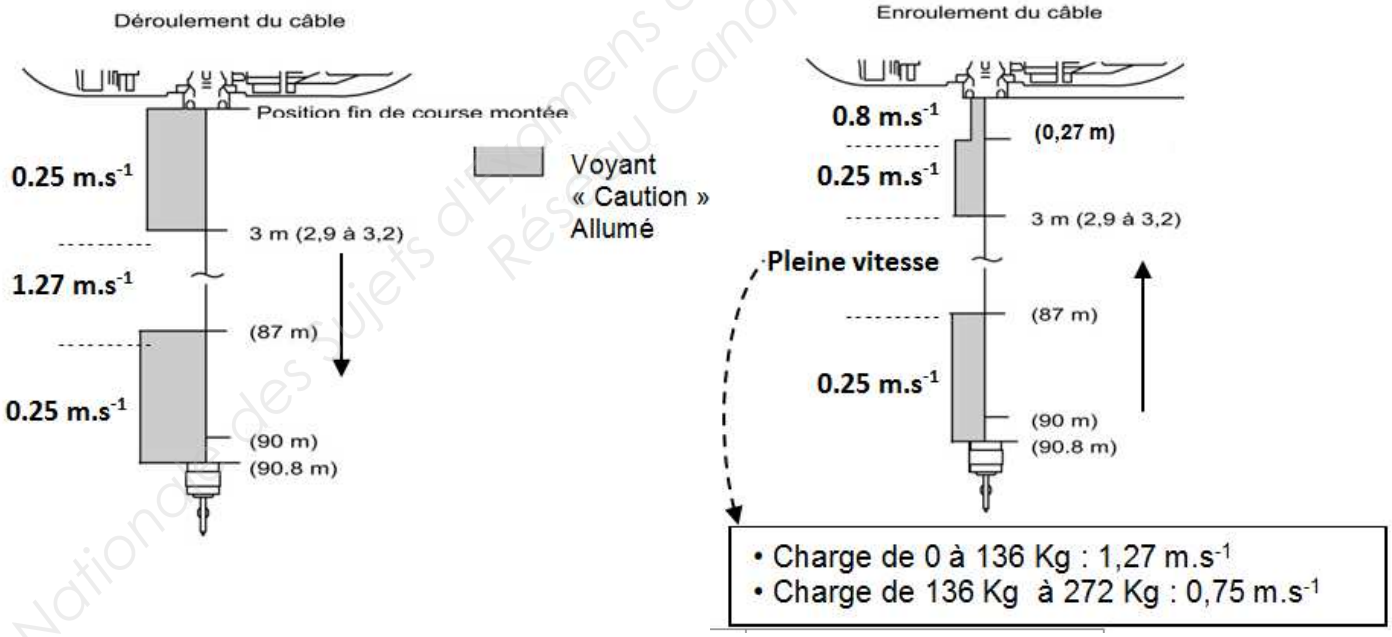


Repère du pignon	1	2	3	4
Nb de dents	14	62	14	62

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



3. *Gestion de la vitesse de déroulement du câble*



4. *Moteur d'entraînement principal*

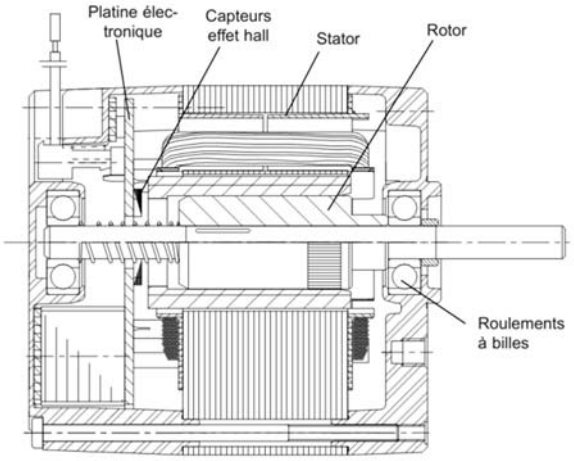
• Moteur électrique sans balai, 28 Vcc, à fonctionnement en continu (c'est-à-dire sans limitation du nombre de cycles de treuillage consécutifs. Sa référence est 160216.
• Le moteur est refroidi par un ventilateur intégré, solidaire de l'arbre moteur, il tourne dès lors que le moteur est en fonctionnement.
• Un refroidissement supplémentaire est assuré par ventilateur électrique auxiliaire monté sur le carter au-dessous du moteur.

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

Moteurs à courant continu sans balais (Brushless DC BLDC) 1/2

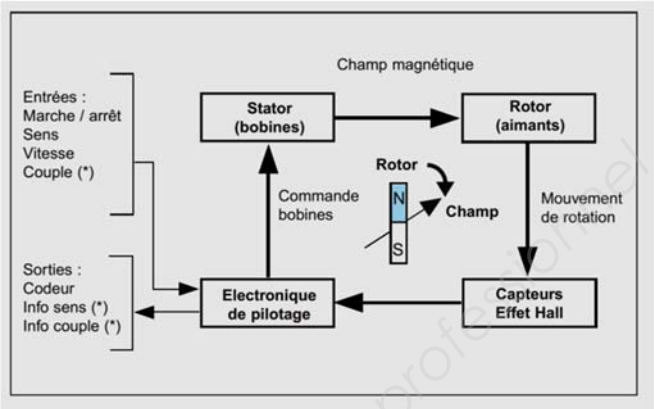
1.1. Constitution de la partie motrice :

Les moteurs brushless sont constitués de 3 éléments principaux :

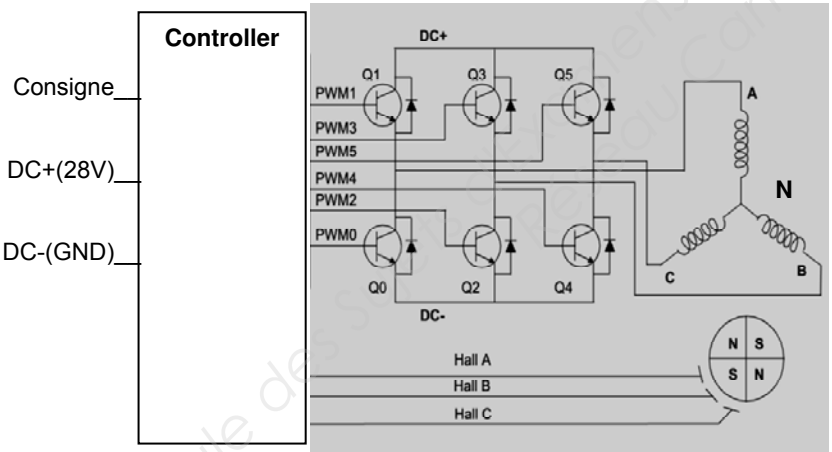


- Une partie fixe, le stator, muni de trois groupes de bobines, appelées les trois phases du moteur. Ces bobines fonctionnent comme des électro-aimants et permettent de générer diverses orientations de champ magnétique régulièrement réparties autour de l'axe central du moteur.
- Une partie tournante, le rotor, muni d'aimants permanents. Comme l'aiguille d'une boussole, ces aimants vont en permanence entraîner le rotor pour tenter de s'aligner sur le champ magnétique du stator. Pour une durée de vie optimale du moteur, le rotor est monté sur roulements à billes
- Trois capteurs magnétiques à " effet Hall ". Ces capteurs permettent de connaître à chaque instant la position des aimants du rotor.

1.2. L'électronique de pilotage

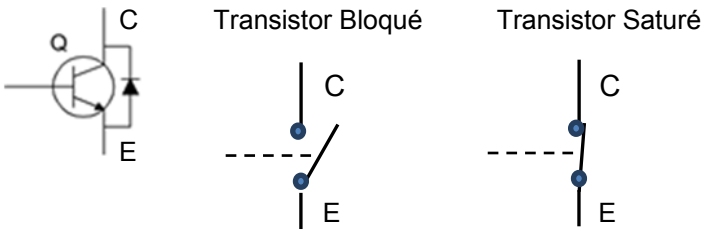


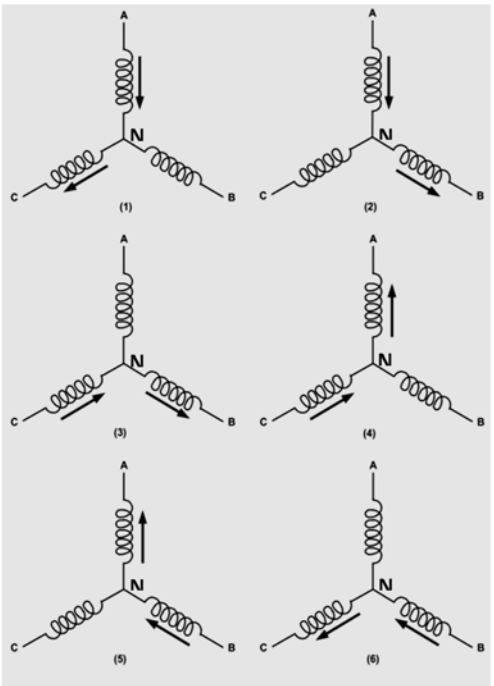
- L'électronique de pilotage détermine la position du rotor à partir des capteurs à effet Hall. Elle en déduit l'orientation à donner au champ magnétique du stator. Au cours de la rotation, elle commande les trois bobines pour ajuster régulièrement l'orientation du champ à la position du rotor, de façon à entraîner celui-ci dans le sens choisi par l'utilisateur
- En modulant le courant dans les bobines, l'électronique peut accélérer ou ralentir le moteur et réguler ainsi sa vitesse. Elle peut aussi orienter le champ magnétique de façon à freiner le rotor dans son mouvement jusqu'à l'arrêt.
- En limitant le courant dans les bobines, l'électronique peut également limiter le couple du moteur, et activer la sortie correspondante
- L'électronique génère également les sorties du codeur intégré à partir des capteurs à effet Hall.



Le contrôleur est un calculateur qui pilote les différentes bobines du moteur en fonction de la consigne et du retour d'informations de position du rotor.

Les transistors Q0 à Q5 et leurs diodes associées se comportent comme des interrupteurs pilotés entre leurs bornes E et C.





Cycle de commande

(La flèche représente le sens du courant)

Chacune des phases A, B et C est alimentée et traversée par un courant afin de recréer un champ tournant dans l'ordre décrit ci-dessus.

BTS AÉRONAUTIQUE		Session : 2017
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT	DT15/22

Brushless DC Motors with Integrated Controller

5.25" x 10.15" (133mm x 256mm) Series



		Part Number						
	Units	150213	150214	150215	160216	160217	160218	160219
Supply Voltage	VDC	28	28	28	28	28	28	28
Continuous Torque	oz-in	100	320	864	1558,04	3073,58	4107,56	4815,76
	Nm	0.706	2.26	6.1	11	21,7	29	34
Speed @ Cont. Torque	RPM	3525	1875	1700	1605	1107	1043	945
Current @ Cont. Torque	Amps (A)	11.70	20.00	48.50	73,95	100,62	110,86	117,76
Continuous Output Power	Watts (W)	261	444	1086	1849	2516	3167	3365
Torque Constant	oz-in/A	9.57	16.77	16.97	21,07	30,55	37,05	40,89
	Nm/A	0.068	0.118	0.12	0,167	0,242	0,256	0,283
Voltage Constant	V/krpm	7.08	12.40	12.55	17,45	25,29	26,85	29,63
	V/rad/s	0.068	0.118	0.12	0,17	0,24	0,26	0,28
Winding Resistance	Ohms	0.11	0.11	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Winding Inductance	mH	0.24	0.32	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
No-Load Current	Amps (A)	1.70	1.20	2.50	3,9	5,2	5,8	6,1
No-Load Speed	RPM	3900	2225	2200	2293	1703	1738	1718
Peak Current	Amps (A)	16.5	30.0	55.5	81,3	120,7	133,0	147,2
Peak Torque	oz-in	150	504	1025	1792	3535	4724	5538
	Nm	1.059	3.5582	7.2365	12,65	24,955	33,35	39,1
Electrical Time Constant	ms	2.18	0.01	0.01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mechanical Time Constant	ms	2.9	1.5	1.4	1,3	1,3	1,2	1,2
Max. Winding Temperature	Celsius	105	105	105	105	105	105	105
Rotor Inertia	oz-in-sec2	0.0168	0.0299	0.0726	0,0649	0,0609	0,0597	0,059
	kg-m2	1.19E-4	2.11E-4	5.13E-4	4,57E-04	4,29E-04	4,20E-04	4,15E-04
Weight (Mass)	oz	288	296	475	587	799	1005	1068
	g	8164.7	8391.5	13446	16639	22640	28507	30282
Efficiency		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

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

5. *Le thermostat*

Lorsque la température du moteur dépasse les limites prévues, un thermostat provoque l'allumage du voyant rouge de surchauffe (OVERHEAT) sur la poignée de commande sans arrêter le fonctionnement du treuil. Il limite, dans ce cas, l'intensité du courant moteur, réduisant en conséquence la vitesse de défilement du câble.

6. *Compteur numérique horaire*

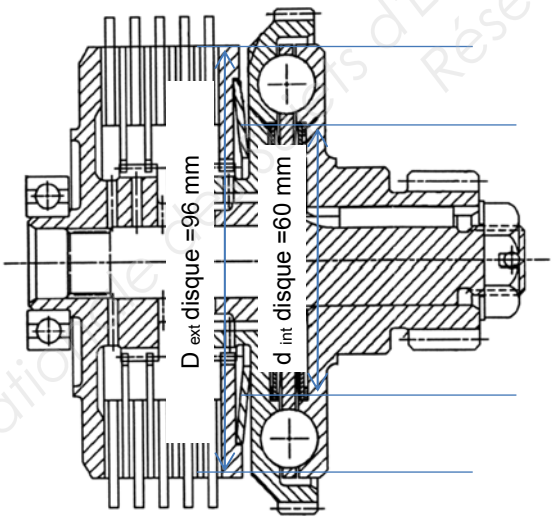
Il enregistre le nombre cumulé d'heures de fonctionnement du treuil, il est relié à l'électronique de commande du moteur et il est activé dès lors que le moteur principal est en fonctionnement.
Il sert de base pour effectuer la maintenance programmée en heures.

7. *Le réducteur de vitesse*

Il est entraîné en rotation par le moteur principal, par l'intermédiaire d'un arbre cannelé aux deux extrémités qui traverse l'arbre cannelé de support du tambour.
• Il entraîne en rotation, à vitesse (s) appropriée (s) :
– Par l'intermédiaire d'un arbre cannelé à billes, le tambour de câble et son mécanisme de translation ;
– Le mécanisme de tension du câble ;
– Le dispositif électromécanique de détection de position du câble.
• Le réducteur de vitesse est constitué d'un train d'engrenages et de trois systèmes de sécurité mécaniques : un frein automatique, un limiteur d'effort en cas de surcharge sur le câble et un limiteur d'effort sur les galets de tension du câble.

8. *Frein automatique*

Ce frein permet de retenir la charge quelle que soit la position du tambour de câble en cas d'interruption du moteur électrique (y compris en cas de panne).
Le frein automatique équipé se compose de cinq disques à friction intercalés sur l'arbre du frein automatique, entre quatre disques de frein et une plaque d'appui. Donc il y a 10 surfaces frottantes.
L'effort normal P_{mini} sur les disques doit être supérieur à 2 400 N pour garantir le freinage en cas d'urgence.

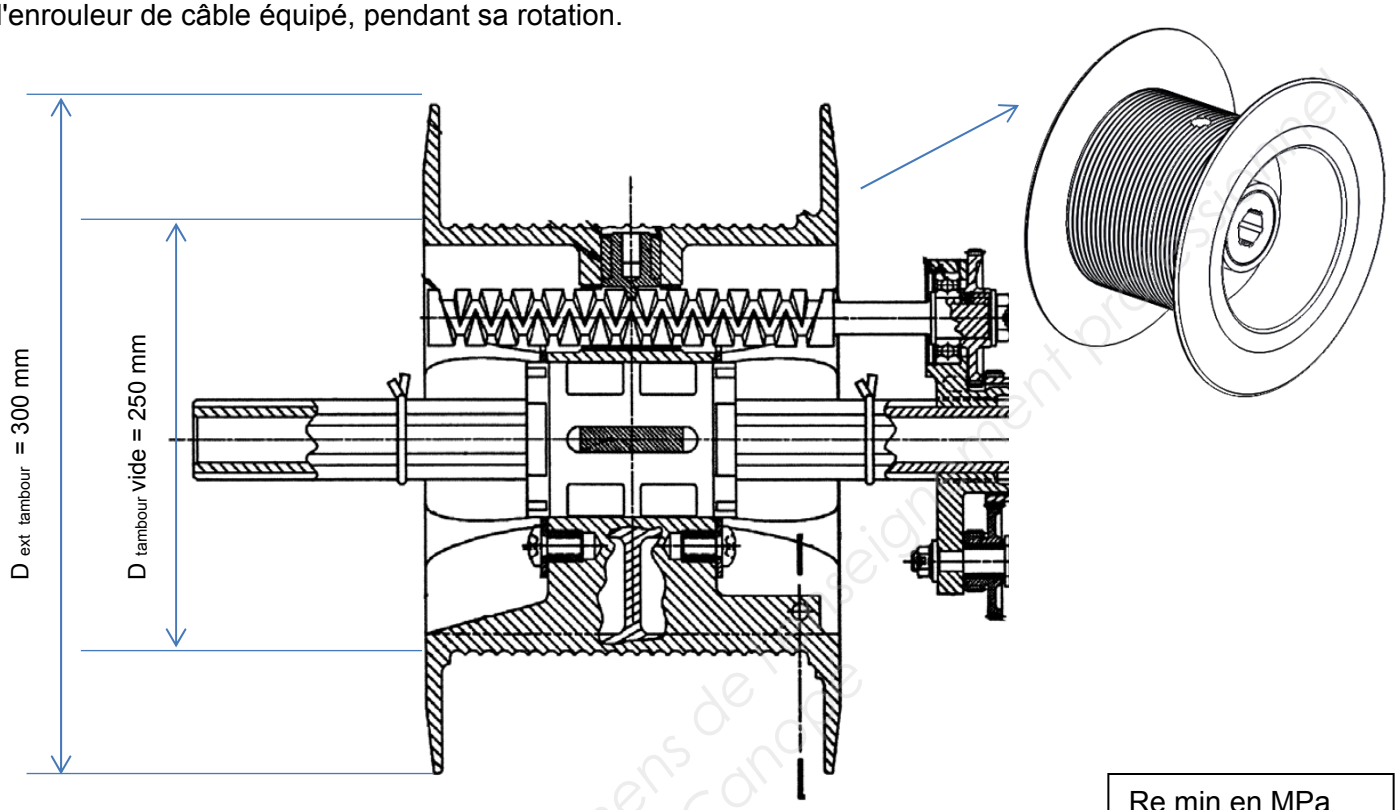


Gestion du câble

Un mécanisme de translation du tambour dans un mouvement de va-et-vient pendant le fonctionnement du treuil garantit le bon rangement du câble à l'enroulement et sa bonne extraction au déroulement, en positionnant le tambour de façon à ce que le câble soit toujours perpendiculaire à l'axe du tambour. Un système de galets de tension (galet menant et galet mené) maintient une tension positive sur le câble pour l'enroulement et le déroulement du câble sans charge.

9. *Tambour équipé d'enroulement régulé et de stockage*

Le tambour se compose d'un enrouleur de câble équipé d'une vis de régulation de l'enroulement et d'un arbre cannelé à billes.
La rotation de la vis de régulation de l'enroulement produit un effort de poussée sur un doigt de régulation de l'enroulement, ce qui a pour effet de provoquer le déplacement en translation de l'enrouleur de câble équipé, pendant sa rotation.



Re min en MPa

Nuances usuelles	Traitement de référence	
	R min.*	Re min.*
38 Cr 2	800	650
34 Cr 4	880	660
37 Cr 4	930	700
41 Cr 4	980	740
55 Cr 3	1 100	900
100 Cr 6	HRC ≥ 62	
25 Cr Mo 4	880	700
35 Cr Mo 4	980	770
42 Cr Mo 4	1 080	850
16 Cr Ni 6	800	650
17 Cr Ni Mo 61	1 130	880
30 Cr Ni Mo 81	1 030	850
51 Cr V 4	1 180	1 080
16 Mn Cr 5	1 080	835
20 Mn Cr 5	1 230	980
36 Ni Cr Mo 16	1 710	1 275
51 Si 7	1 000	830
60 Si Cr 7	1 130	930

10. *Câble équipé*

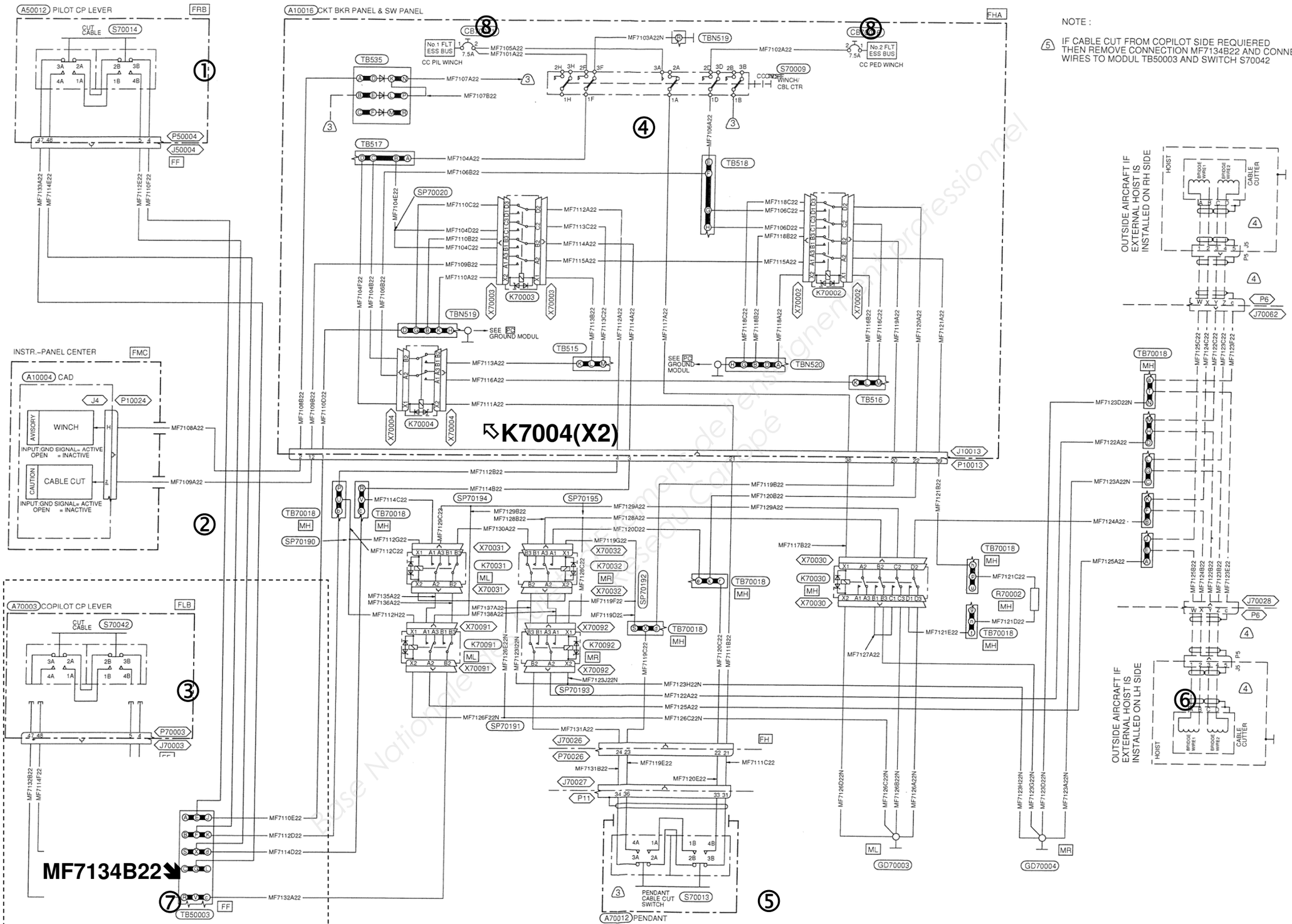
Hypothèse : pour le calcul de la masse on assimilera le câble à un cylindre.
Données :

- Câble Hors tout 93,5 m, longueur utile 90 m, diamètre 4,92 mm.
- Matériau acier pour les fortes sollicitations : 36NiCrMo16.
- Masse volumique du câble : $\rho_{v\,=\,7{,}8\ kg\cdot dm^{-3}}$.
- Le coefficient de sécurité s > 3.
- La limite de rupture du câble impose d'avoir une accélération maxi de 106 $m\cdot s^{-2}$.
- Pour le calcul de la force à la rupture on prendra : $\frac{Fr}{S} = Rr$, S étant la section du câble.

11. *Dispositif coupe-câble équipé*

Le dispositif coupe-câble permet de cisailler le câble, en cas d'urgence, grâce à une étoupille pyrotechnique à allumage électrique. Cet allumage peut être commandé par le pilote ou par le treuilliste via deux circuits électriques complètement indépendant entre eux et indépendant de la masse mécanique du treuil.

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



K7004(X2)

Schéma à compléter Q 2.5.7

BTS AÉRONAUTIQUE		Session : 2017
Étude de modifications pluritechnologiques	Code : AE4EMPT	DT19/22

12. Boîtier de jonction équipé

Les signaux électriques générés par la poignée de commande équipée sont interprétés par les cartes du boîtier de jonction. Celui-ci donne les ordres en conséquence au système moteur / électronique de puissance.

13. Poignée de commande équipée

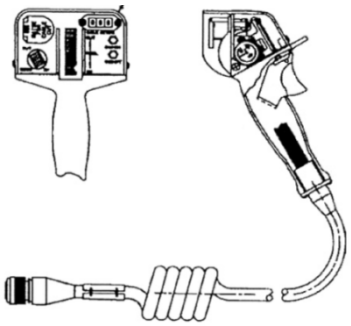
• La poignée de commande est équipée d'une molette de variation de vitesse REEL IN/OUT, d'un sélecteur de rentrée ou de sortie de la potence (BOOM IN/OUT), d'un interrupteur de commande du coupe-câble (CABLE CUT), d'un afficheur de longueur de câble (CABLE METER), de deux voyants d'alerte (ATTENTION) et de surchauffe (OVERHEAT) et d'un commutateur d'interphonie (ICS).



• Le commutateur de déploiement/rentrée de potence permet à l'opérateur de déployer la potence (position de fonctionnement) et de la rentrer (position de repos).

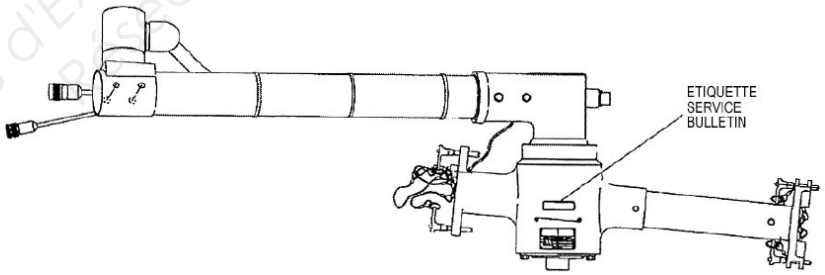
• Le commutateur coupe-câble (CABLE CUT) active la cartouche pyrotechnique du coupe-câble, ce qui a pour effet de couper le câble du treuil et de larguer la charge du treuil de sauvetage.

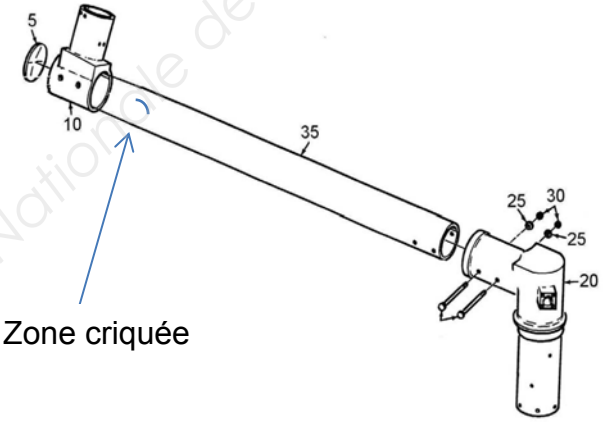
L'afficheur CABLE METER indique, en mètres, la longueur de câble déroulée du treuil.
• Les voyants ATTENTION et OVERHEAT indiquent l'état opérationnel du treuil équipé.



PHÉNOMÈNES À L'ORIGINE DU SERVICE BULLETIN

- Phénomènes de fatigue constatés sur la potence
-
-
-
-
-
-
-





Zone criquée

Ø ext potence = 75 mm, e = 4 mm

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

Construction

CONDUCTOR
AS22759/86: Silver coated copper
AS22759/87: Nickel coated copper
AS22759/88: Tin coated copper

INSULATION
PTFE/POLYIMIDE TAPE WRAP
(7.4 - 16.2 MIL NOM.)

Temperature Rating

AS22759/86: 200°C
AS22759/87: 260°C
AS22759/88: 150°C



AS22759/86

Nexans references	AWG	Conductor Standing (Nbr x mm)	Finished wire				Weight Max. (LBS/1000 ft)
			Diameter				
			Min. (inch)	Max. (inch)	Min. (mm)	Max. (mm)	
75986-26	26	19*38	0.033	0.037	0.84	0.94	1.55
75986-24	24	19*36	0.038	0.042	0.97	1.06	2.20
75986-22	22	19*34	0.043	0.047	1.09	1.19	3.10
75986-20	20	19*32	0.051	0.055	1.29	1.39	4.70
75986-18	18	19*30	0.061	0.065	1.54	1.65	6.90
75986-16	16	19*29	0.068	0.073	1.72	1.85	8.80
75986-14	14	19*27	0.081	0.086	2.05	2.18	13.40
75986-12	12	37*28	0.100	0.105	2.54	2.66	20.40
75986-10	10	37*26	0.122	0.127	3.09	3.22	31.60
75986-8	8	133*29	0.180	0.188	4.57	4.77	58.5
75986-6	6	133*27	0.219	0.229	5.56	5.81	88.9
75986-4	4	133*25	0.276	0.288	7.01	7.31	144.0
75986-2	2	665*30	0.344	0.364	8.73	9.24	226.0
75986-1	1	817*30	0.388	0.408	9.85	10.36	292.0
75986-01	0	1045*30	0.420	0.450	10.66	11.43	352.0
75986-02	00	1330*30	0.475	0.505	12.06	12.82	448.0

AS22759/87

Nexans references	AWG	Conductor Standing (Nbr x mm)	Finished wire				Weight Max. (LBS/1000 ft)
			Diameter				
			Min. (inch)	Max. (inch)	Min. (mm)	Max. (mm)	
75987-26	26	19*38	0.033	0.037	0.84	0.94	1.55
75987-24	24	19*36	0.038	0.042	0.97	1.06	2.20
75987-22	22	19*34	0.043	0.047	1.09	1.19	3.10
75987-20	20	19*32	0.051	0.055	1.29	1.39	4.65
75987-18	18	19*30	0.061	0.065	1.54	1.65	6.85
75987-16	16	19*29	0.068	0.073	1.72	1.85	8.70
75987-14	14	19*27	0.081	0.086	2.05	2.18	13.30
75987-12	12	37*28	0.100	0.105	2.54	2.66	20.20
75987-10	10	37*26	0.122	0.127	3.09	3.22	31.60
75987-8	8	133*29	0.180	0.188	4.57	4.77	58.5
75987-6	6	133*27	0.219	0.229	5.56	5.81	88.9
75987-4	4	133*25	0.276	0.288	7.01	7.31	144.0
75987-2	2	665*30	0.344	0.364	8.73	9.24	226.0
75987-1	1	817*30	0.388	0.408	9.85	10.36	292.0
75987-01	0	1045*30	0.420	0.450	10.66	11.43	352.0
75987-02	00	1330*30	0.475	0.505	12.06	12.82	448.0

AS22759/86: -65° to 200°C
AS22759/87: -65° to 260°C
AS22759/88: -65° to 150°C

WC27500
AS22759/86: WJ
AS22759/87: WK
AS22759/88: WL

Arc resistant

Flame resistant

Résistance d'un fil : $R = \rho \times L / S$

ρ : résistivité du matériau en Ω·m
L : longueur du câble en m
S : section du câble en m²

$\rho_{(cuivre)} = 17.10^{-9}$ Ω·m

Base Nationale des Sujets Référencés Conçue et Développée

COMPOSITE WIRE SAE AS22759

AS22759/86, AS22759/87, and AS22759/88

Applications

Designed for general purpose aircraft wiring application for 26 AWG to 10 AWG.
Designed for power transmission for 8 AWG and larger.
These constructions can be used in protected area, airframe and swamp area, or inside a cable.
A522759/87 can be used in nacelles & engines high temperature area.

600 V

AS22759/88

Nexans references	AWG	Conductor Standing (Nbr x mm)	Finished wire				
			Diameter				Weight Max. (LBS/1000 ft)
			Min. (inch)	Max. (inch)	Min. (mm)	Max. (mm)	
75988-26	26	19*38	0.033	0.037	0.84	0.94	1.55
75988-24	24	19*36	0.038	0.042	0.97	1.06	2.20
75988-22	22	19*34	0.043	0.047	1.09	1.19	3.10
75988-20	20	19*32	0.051	0.055	1.29	1.39	4.65
75988-18	18	19*30	0.061	0.065	1.54	1.65	6.85
75988-16	16	19*29	0.068	0.073	1.72	1.85	8.70
75988-14	14	19*27	0.081	0.086	2.05	2.18	13.30
75988-12	12	37*28	0.100	0.105	2.54	2.66	20.20
75988-10	10	37*26	0.122	0.127	3.09	3.22	32.20

Référence des câbles dans l'aéronef

Numéro du câble électrique

Le numéro du câble électrique est le numéro utilisé dans les schémas et dans l'hélicoptère.

Lettre de segment du câble électrique

Une connexion électrique, entre la génération électrique et les consommateurs, peut être divisée en différents câbles électriques, par des connecteurs et des épissures. Chaque partie est alors repérée par une lettre de segment.

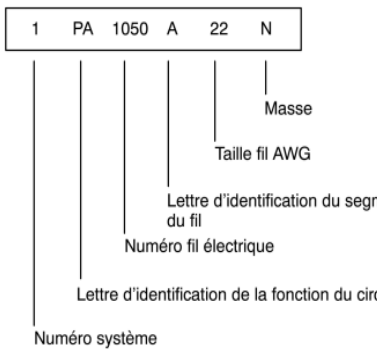
Taille du câble électrique

La taille du câble électrique donne des informations sur la section des câbles selon AWG.

Fonction du câble électrique (masse)

La lettre N identifie le câble électrique connecté à la masse. Si le câble électrique est connecté à un autre potentiel, aucune fonction du câble n'est indiquée.

Exemple



AWG	diamètre inch	diamètre mm	section mm^2
0000	0,4600	11,684	107
000	0,4096	10,405	85,0
00	0,3648	9,266	67,4
0	0,3249	8,251	53,5
1	0,2893	7,348	42,4
2	0,2576	6,544	33,6
3	0,2294	5,827	26,7
4	0,2043	5,189	21,1
5	0,1819	4,621	16,8
6	0,1620	4,115	13,3
7	0,1443	3,665	10,5
8	0,1285	3,264	8,37
9	0,1144	2,906	6,63
10	0,1019	2,588	5,26
11	0,0907	2,305	4,17
12	0,0808	2,053	3,31
13	0,0720	1,828	2,62
14	0,0641	1,628	2,08
15	0,0571	1,45	1,65
16	0,0508	1,291	1,31
17	0,0453	1,15	1,04
18	0,0403	1,024	0,823

AWG : American Wire Gauge

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

DOCUMENT RÉPONSE

Q 1.1 Tableau N° 1

	Kit Treuil hydraulique	Kit Treuil électrique
Masse totale (Kg)		
ATA concerné(s)		
Caractéristiques de l'alimentation électrique nécessaire (U et I)	U = I =	U = I =
Caractéristiques de l'alimentation hydraulique nécessaire (Q en $l \cdot min^{-1}$ et P en bar)	Q = P =	
Intégration (fixations) prévue par le constructeur de l'hélicoptère (oui/non)		
Modification masse et centrage (oui/non)		
Perturbation aérodynamique (oui/non)		
Masse maxi hélitreuillable		
BUS électrique prévue pour le Kit sur l'hélicoptère (oui/non)		
Circuit hydraulique spécifique au treuil prévu par le constructeur de l'hélicoptère (oui/non)		

Q 1.5 à Q 1.7 Tableau N° 2

	Hélicoptère seul	Hélicoptère + Kit Treuil hydraulique	Hélicoptère + Kit Treuil électrique
Force de portance calculée	Fs =	$F_{T.Hyd}$ =	$F_{T.élec}$ =

Bilan énergétique : Q 1.13 à Q 1.19 Tableaux 3 et 4

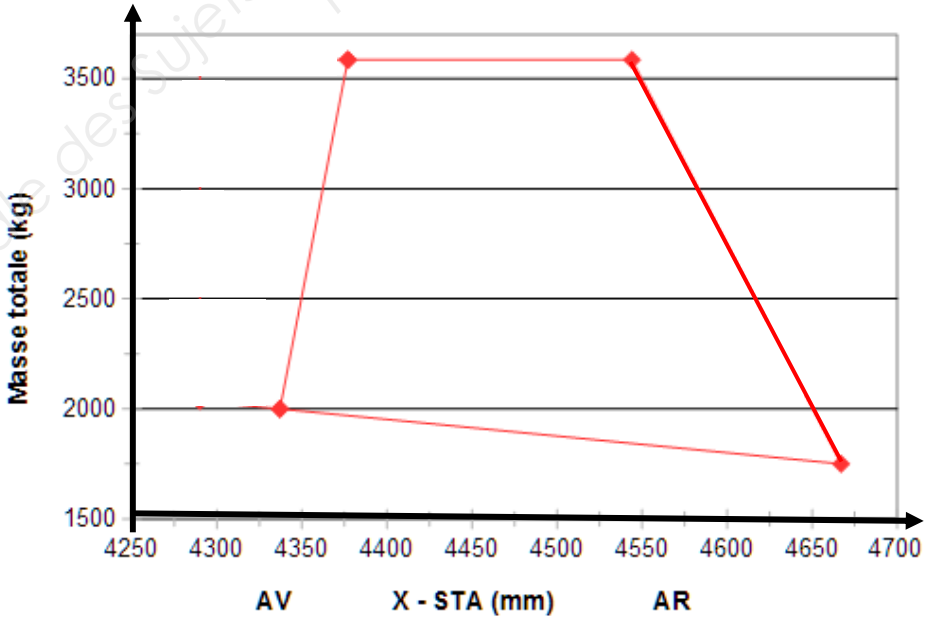
	Hydraulique	
Q 1.13	Puissance totale générée	
	Puissance absorbée par les systèmes (hors treuil)	2 000 W
Q 1.14	Puissance absorbée par le treuil hydraulique	
Q 1.15	Faisabilité (oui/non)	

	Électrique	
Q 1.17	Puissance totale générée	
	Puissance absorbée par les systèmes (hors treuil)	6 000 W
Q 1.18	Puissance absorbée par le treuil électrique	
Q 1.19	Faisabilité (oui/non)	

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

		Kg	mm	Kg.mm
		Masse	Levier	Moment
Masse à vide	MV	2191	4634	10152929
Pilote		80	2328	186240
MSS / Copilote		80	2328	186240
Sièges troupe (G+D)	(2x13,8)	0	4779	0
Filtre anti-sable	35,6		3500	0
Flottabilité de secours	50		4546	0
SX 16	39,93		2070	0
Délesteur	9,08		4300	0
Rétroviseur	3,78		1085	0
Patins à neige	22,72		4431	0
Haut-parleurs	10,13	10	2892	28920
Treuil	◉ Déployé ○ Rétracté		3940	
Charge au treuil			3813	
Pax troupe avant	(2X80)	0	4312	0
Pax troupe milieu	(2X80)	0	4774	0
Pax troupe arrière	(2X80)		5236	0
Pax bac d'égouttage avant		0	2800	0
Pax bac d'égouttage arrière			4500	0
Fret en avant du cargo		0	3797	0
Fret au centre du cargo		0	4500	0
Fret à l'arrière du cargo		0	5500	0
Pax VIP avant	(3 x 11,2)	0	3050	0
Pax VIP milieu	(2 x 11,6)	0	4408	0
Pax VIP arrière	(3 x 11)		5272	0
Masse invariable	MI			
Réservoir sup avant	38,3		4790	0
Réservoir sup arrière	38,3		5150	0
Carburant réservoirs std		0	3600	0
Masse totale	MT			

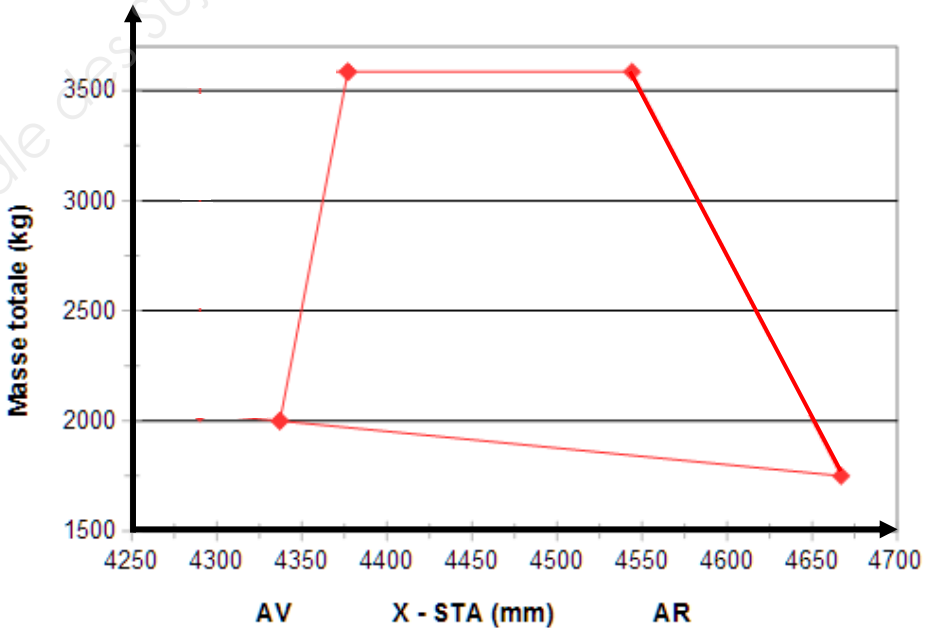
Zones à compléter



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

		Kg	mm	Kg.mm
		Masse	Levier	Moment
Masse à vide	MV	2191	4634	10152929
Pilote		80	2328	186240
MSS / Copilote		80	2328	186240
Sièges troupe (G+D)	(2x13,8)	0	4779	0
Filtre anti-sable	35,6		3500	0
Flottabilité de secours	50		4546	0
SX 16	39,93		2070	0
Délesteur	9,08		4300	0
Rétroviseur	3,78		1085	0
Patins à neige	22,72		4431	0
Haut-parleurs	10,13	10	2892	28920
Treuil	◉ Déployé ○ Rétracté		3940	
Charge au treuil			3813	
Pax troupe avant	(2X80)	0	4312	0
Pax troupe milieu	(2X80)	0	4774	0
Pax troupe arrière	(2X80)		5236	0
Pax bac d'égouttage avant		0	2800	0
Pax bac d'égouttage arrière			4500	0
Fret en avant du cargo		0	3797	0
Fret au centre du cargo		0	4500	0
Fret à l'arrière du cargo		0	5500	0
Pax VIP avant	(3 x 11,2)	0	3050	0
Pax VIP milieu	(2 x 11,6)	0	4408	0
Pax VIP arrière	(3 x 11)		5272	0
Masse invariable	MI			
Réservoir sup avant	38,3		4790	0
Réservoir sup arrière	38,3		5150	0
Carburant réservoirs std		0	3600	0
Masse totale	MT			

Zones à compléter

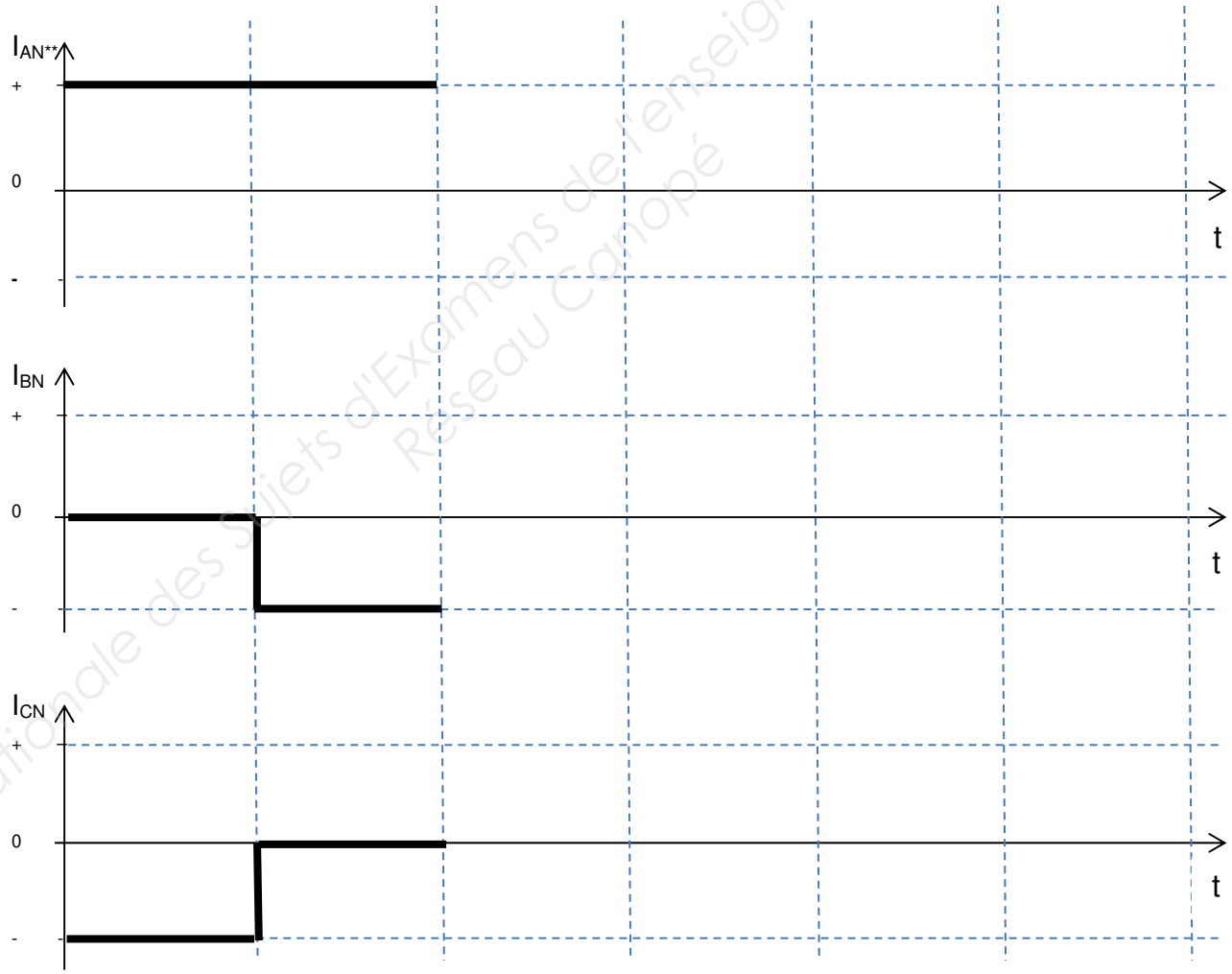


Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

Q 2.4.1 États des transistors : B → Bloqué S → Saturé

Cycle / Transistor	1	2	3	4	5	6
Q0	B	B				
Q1	S	S				
Q2	B	S				
Q3	B	B				
Q4	S	B				
Q5	B	B				

Q 2.4.2 Chronogrammes :



**Convention : Le courant I_{XN} est considéré positif s'il s'écoule de X vers N (DT15)

Conformité avec le relevé Oui / Non : ☐

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

Question 2.5.3 : Éléments à repérer.

Élément à repérer DT19	⇩Repères à compléter ⇩
Voyant du panneau central	
Commande coupe-câble pilote	
Commande coupe-câble copilote	
Shunt Commande copilote	
Commande coupe-câble treuilliste	
Coupe-câble (montage gauche)	
Commande de verrouillage du coupe-câble	
Disjoncteurs	

Question 2.5.7 : Compléter le schéma de câblage

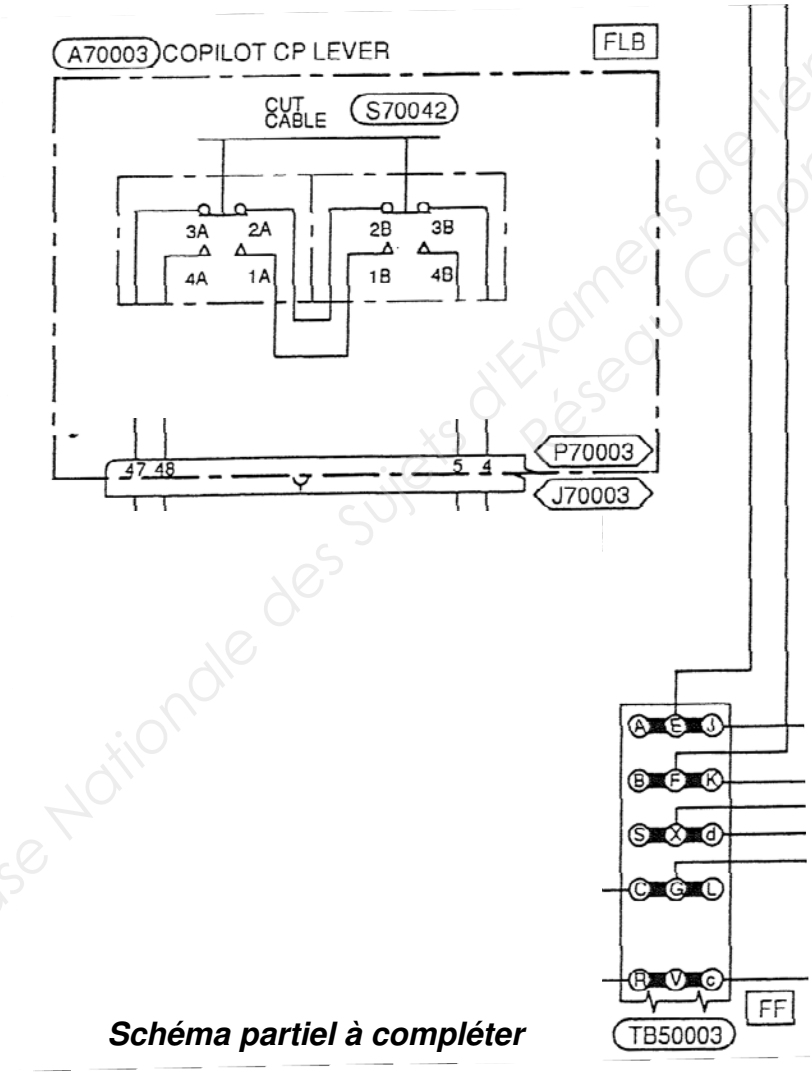


Schéma partiel à compléter

Schéma partiel à compléter en utilisant la couleur :

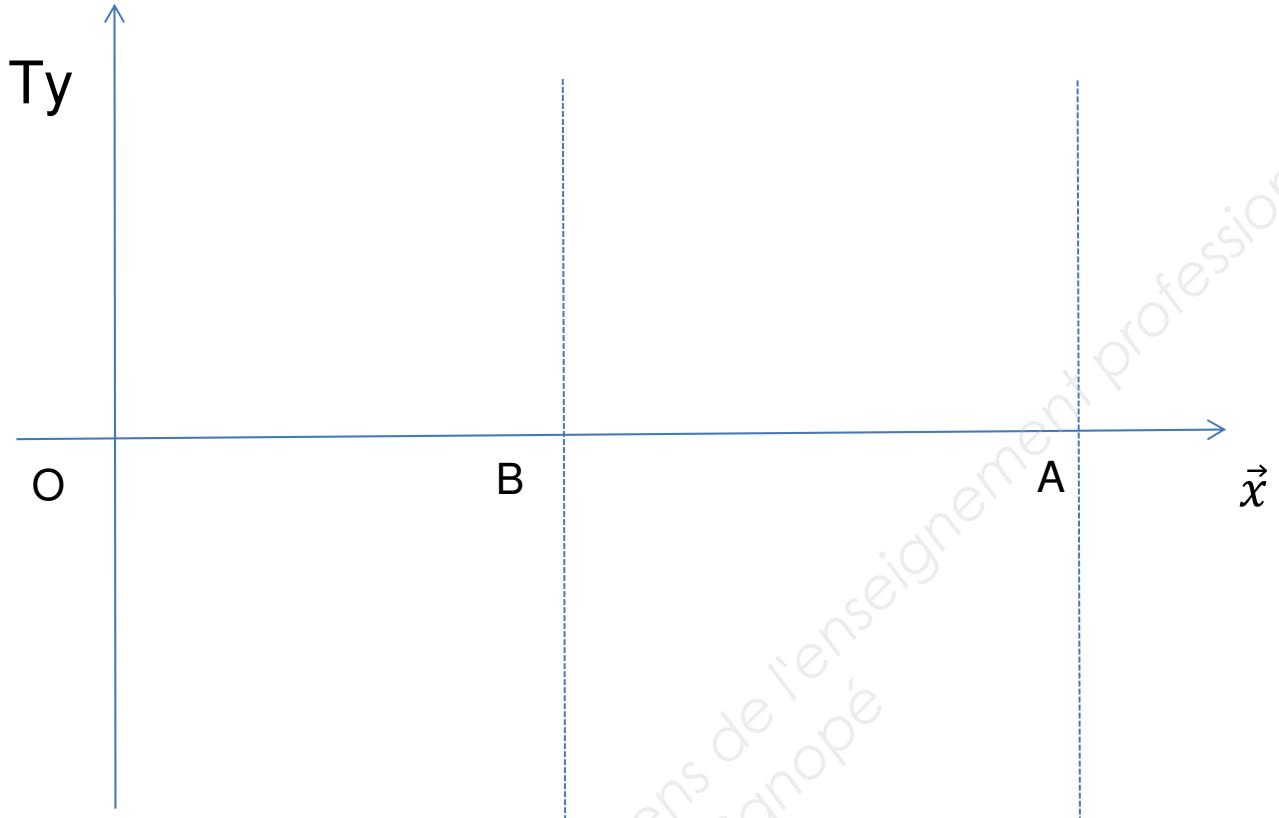
- ROUGE pour les liaisons électriques en lien avec les points 2A-3A-2B-3B

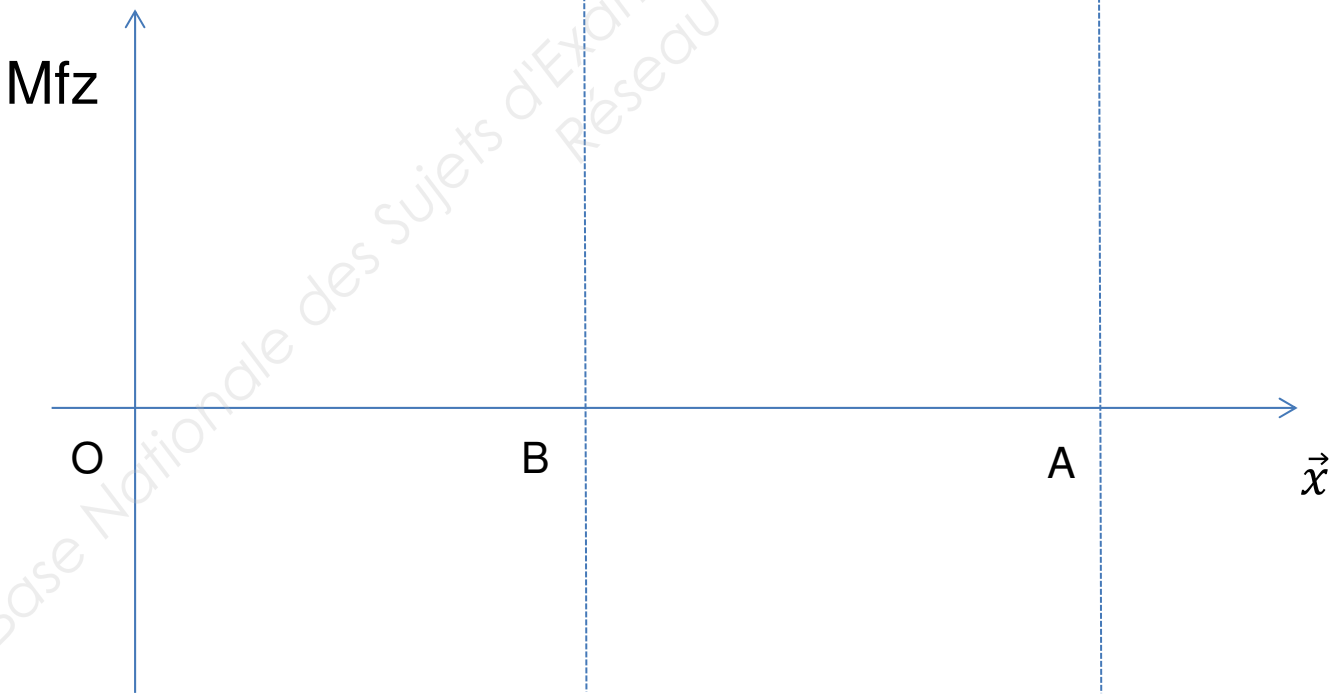
- BLEUE pour les liaisons électriques en lien avec les points 1A-1B-4A-4B

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

Échelles : 1 mm pour 75 N
1 mm pour 50 N·m

Question 4.4





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

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.