



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Montpellier pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

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

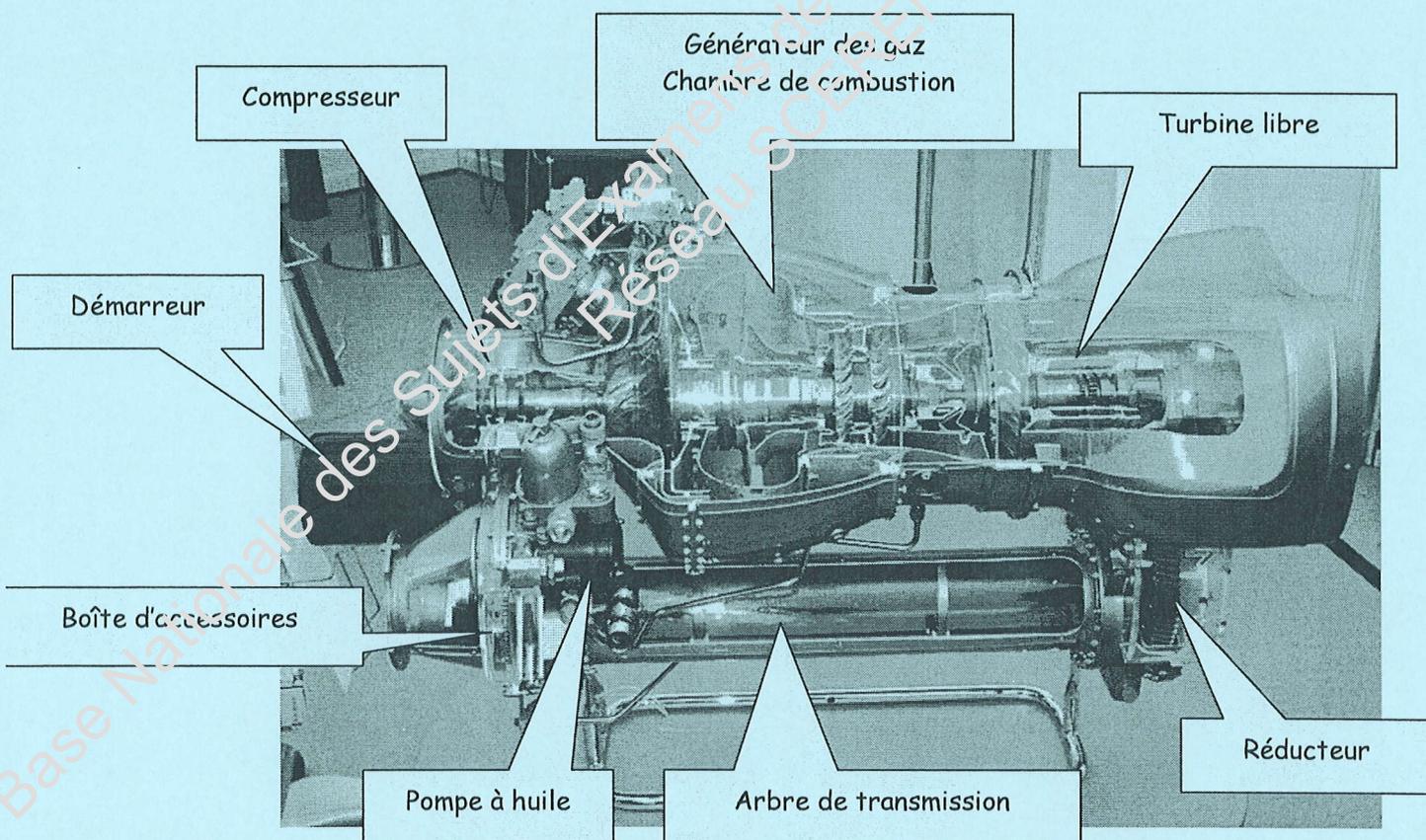
BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL AÉRONAUTIQUE

Option : Mécanicien, systèmes-cellule

Épreuve E1 – Épreuve scientifique et technique

Sous-épreuve A – Étude d'un système d'aéronef

# DOSSIER TECHNIQUE



BAC. PROFES « AERONAUTIQUE » option cellule

**Épreuve E1** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

DOSSIER TECHNIQUE : DT Page 1 sur 12

# BACCALAUREAT PROFESSIONNEL

## Mécanicien Systèmes et Cellules

Session 2010

Nature de l'épreuve : U11 E1-A Epreuve Scientifique et technique  
Partie A : Etude d'un système d'aéronef  
Epreuve écrite ; Coefficient 2 ; Durée 4 heures

THEME SUPPORT DE L'ETUDE :

### BOITE D'ACCESSOIRES DE TURBOMOTEUR

Sommaire général du sujet :

- |                     |              |
|---------------------|--------------|
| ■ Dossier technique | Pages 3 à 8  |
| ■ Dossier ressource | Pages 9 à 12 |

Conseils aux candidats :

Pour chaque thème, lire attentivement le sujet et se reporter, à chaque fois que cela est nécessaire aux documents ressources.

Vous devez répondre sur les documents pré imprimés.

**AUCUN DOCUMENT SUPPLEMENTAIRE N'EST AUTORISE**

BAC. PROFES « AERONAUTIQUE » option cellule  
**Epreuve E1** : étude d'un système d'un aéronef  
DUREE : 4 heures COEFFICIENT : 2  
DOSSIER TECHNIQUE : DT Page 2 sur 12

# MISE EN SITUATION

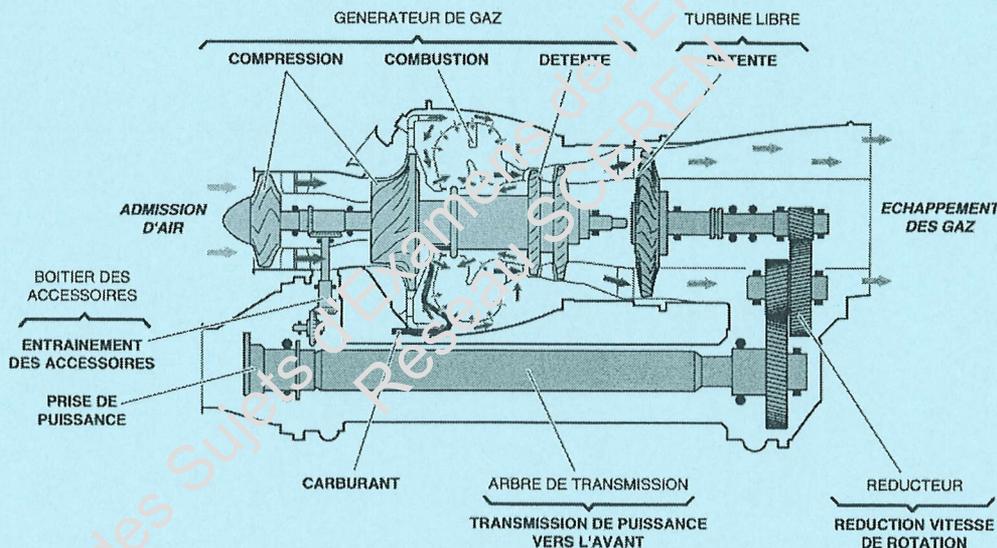
Le turbomoteur est fabriqué par une entreprise spécialisée dans le domaine aéronautique originaire de France, de conception très simple, avec seulement cinq modules et un nombre limité de pièces pour faciliter la maintenance. Son niveau de qualité et de fiabilité lui ont donné une solide réputation sur le marché.

Le turbomoteur est actuellement utilisé pour la motorisation des hélicoptères :



## 1. Présentation du turbomoteur :

Le turbomoteur est à turbine libre, celle-ci entraîne une prise de mouvement par l'intermédiaire d'un réducteur. Il transforme l'énergie du mélange air-carburant en puissance mécanique.



A 100 % la puissance sera de 480 kW soit 652 Cv :

- vitesse du générateur de gaz  $N1 = 52\ 000$  tr/min.
- vitesse constante de la turbine libre  $N2 = 41\ 600$  tr/min.
- vitesse de sortie sur arbre de puissance  $N = 6\ 000$  tr/min.

Le sens de rotation, vue de l'arrière du moteur est :

- sens trigonométrique pour le générateur de gaz,
- sens horaire pour la turbine libre et le pignon de sortie du réducteur.

La masse du turbomoteur est inférieure ou égale à 126 kg.

Le turbomoteur est livré équipé pour permettre son installation et son utilisation sur hélicoptère et comprend :

- les dispositifs de démarrage et de régulation,
- le circuit de graissage (*sauf le réservoir et le radiateur*),
- les dispositifs de contrôle et de fonctionnement.

Les accessoires pouvant être montés sur le moteur sont, un alternateur et/ou un transmetteur tachymétrique pour turbine libre, un transmetteur de pression d'huile et à la charge de l'avionneur un démarreur électrique (*génératrice de courant continu en fonctionnement*).

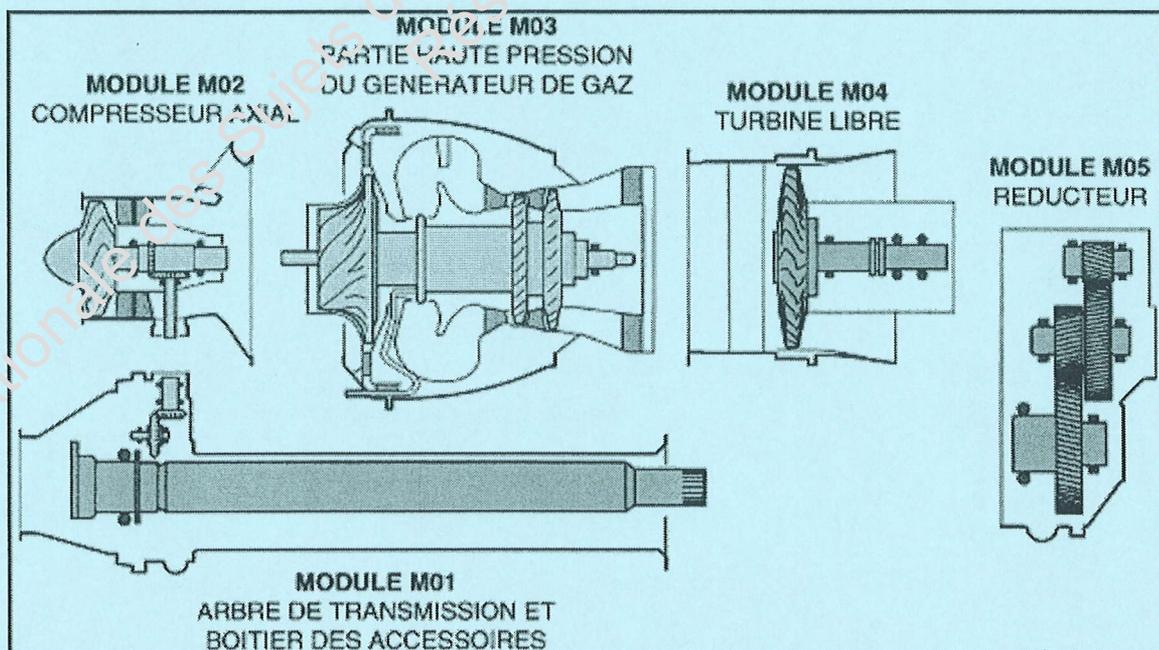
## 2. Conception modulaire du turbomoteur :

Un module est un sous-ensemble interchangeable, c'est-à-dire qu'une fois assemblé et contrôlé il peut être monté sur n'importe quel moteur sans travail d'adaptation. Cette construction modulaire permet l'inspection et le remplacement éventuel des pièces principales sur bases sans nécessiter le retour du moteur complet en usine. La séparation des modules entre eux est facile et se fait généralement en dévissant une couronne de boulons pour les parties statiques, un écrou sur l'arbre central pour les parties tournantes.

Le turbomoteur est formé de cinq modules numérotés de la façon suivante :

- MODULE N° 1 (*Arbre de transmission et boîte des accessoires*) M01
- MODULE N° 2 (*Compresseur axial*) M02
- MODULE N° 3 (*Partie haute pression du générateur de gaz*) M03
- MODULE N° 4 (*Turbine libre*) M04
- MODULE N° 5 (*Réducteur*) M05

et d'éléments non modulaires dont font partie : la tuyère de sortie, les pièces d'adaptation et certains accessoires.



BAC. PROFES « AERONAUTIQUE » option cellule

**Epreuve E1** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

DOSSIER TECHNIQUE : DT Page 4 sur 12

### 3. Description et fonctionnement du Module 01 :

#### 3.1 Généralités :

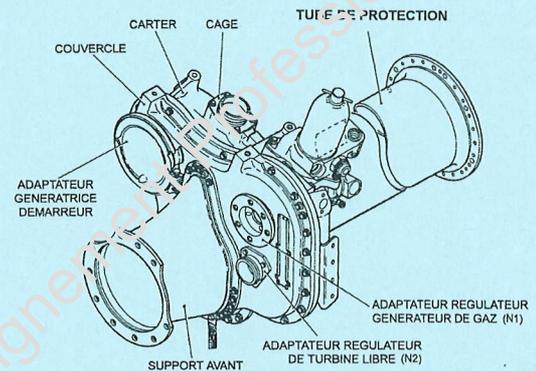
Le module 01 se compose :

- D'un arbre de transmission qui transmet la puissance à l'avant du moteur.
- D'une boîte d'accessoires qui transmet les mouvements aux accessoires du moteur par l'intermédiaire d'un train d'engrenages.

Le module boîte d'accessoires se situe sur la partie avant et inférieure du moteur.

Le module boîte d'accessoires comprend :

- Un arbre de transmission
- Un tube de protection
- Une prise de puissance
- Une chaîne d'entraînement des accessoires
- Un carter associé à un couvercle
- Roue libre (*monomoteur*).



#### 3.2 Description :

##### 3.2.1 Arbre de transmission

L'arbre de transmission relie le module 05 à la boîte d'accessoires.

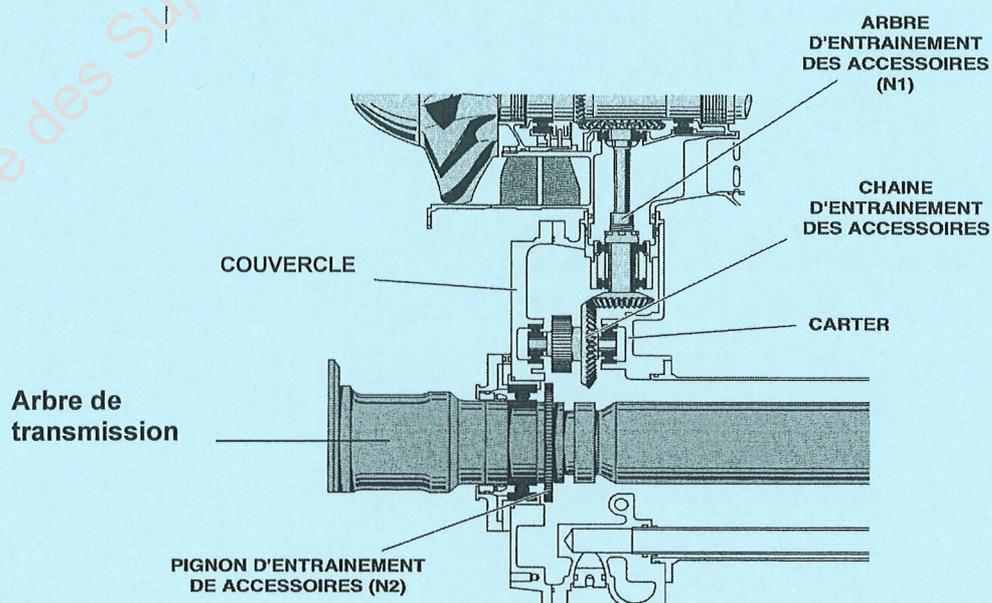
L'arbre de transmission est logé dans un tube de protection fixé d'une part sur le réducteur d'autre part sur la boîte d'accessoires.

Un roulement à billes soutient la partie avant de l'arbre de transmission.

La prise de mouvement est montée sur la partie cannelée de l'arbre.

Trois tubes de lubrification sont installés entre l'arbre et le tube de protection.

Pour la version monomoteur une roue libre est fixée sur la bride triangulaire de l'arbre de transmission pour entraîner l'arbre de puissance qui entraîne la BTP et le rotor anti-couple.



BAC. PROFES « AERONAUTIQUE » option cellule

**Epreuve E1** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

DOSSIER TECHNIQUE : DT Page 5 sur 12

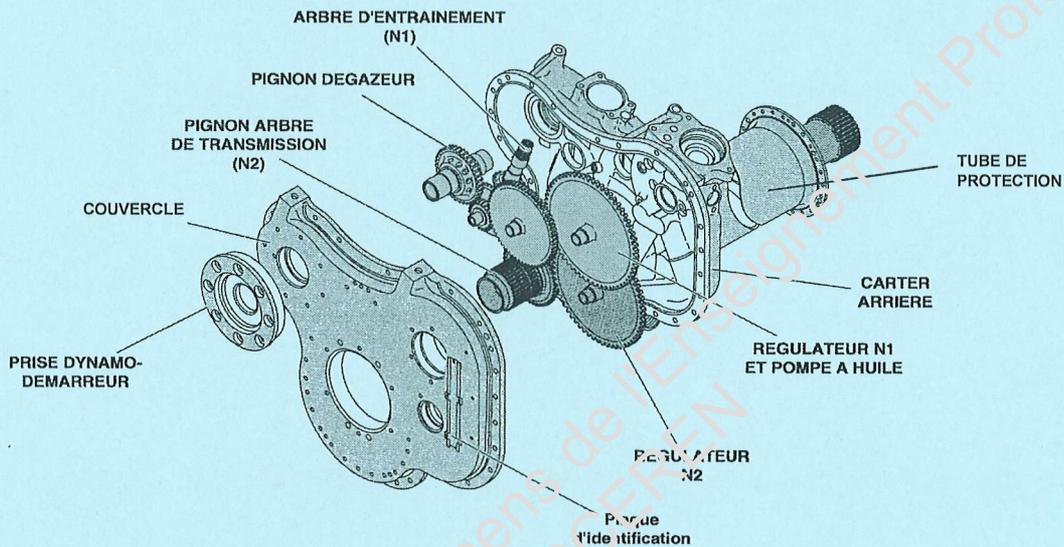
### 3.2.2 Boîte d'accessoires :

La boîte d'accessoires comprend une chaîne d'entraînement des accessoires logée dans deux demi-carters moulés en alliage d'aluminium.

La boîte est montée par quatre vis à la partie inférieure du compresseur axial.

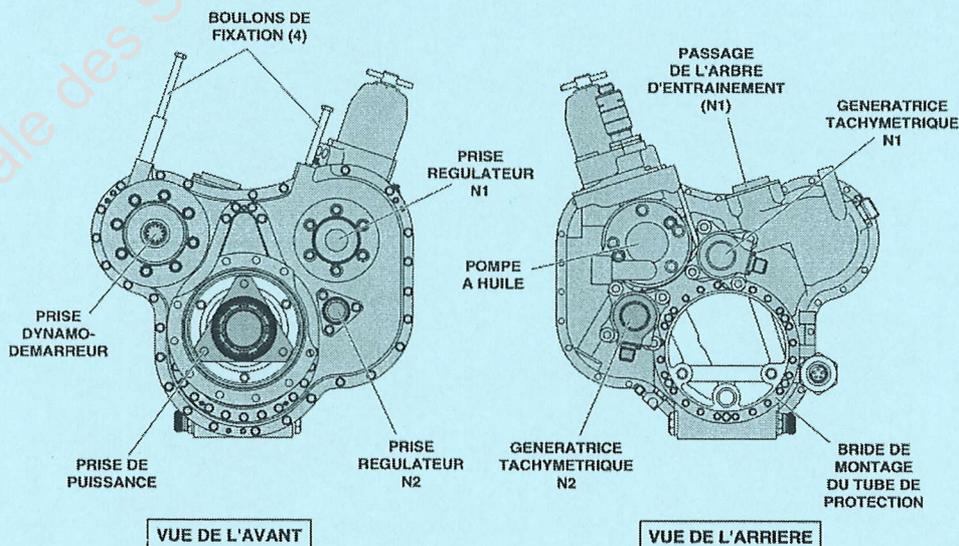
A l'intérieur des deux demi-carters en alliage léger la chaîne d'entraînement comprend :

- le pignon dynamo démarreur ou pignon dégazeur qui forme le dégazeur.
- la roue régulatrice N1 entraînée par l'arrière la pompe à huile
- le roue régulatrice N2 est entraînée par le pignon de l'arbre de transmission
- le support avant moteur est vissé sur la face avant de la boîte d'accessoires.



Sur la face avant du couvercle nous trouvons quatre prises de mouvement ainsi que les quatre boulons de fixation sur le module M02 à la partie supérieure.

Sur la face arrière du carter nous trouvons trois prises de mouvement ainsi que la bride de montage du tube et le passage de l'arbre d'entraînement à la partie supérieure.



BAC. PROFES « AERONAUTIQUE » option cellule

**Epreuve E1** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

DOSSIER TECHNIQUE : DT Page 6 sur 12

### 3.2.3 Tube de protection :

Le tube de protection protège l'arbre de transmission.

Il est de forme cylindrique, et muni d'une bride à chaque extrémité pour sa fixation à la boîte d'accessoires et au réducteur de turbine libre.

Il comprend le tube d'alimentation d'huile du couple mètre, le tube de graissage du réducteur et du palier arrière du générateur de gaz, le tube de retour d'huile du réducteur.

Les tubes d'alimentation d'huile sont maintenus en position à l'intérieur du tube de liaison par des douilles et par deux lames ressort.

### **3.3 Fonctionnement :**

On distingue deux phases de fonctionnement du Module 01

- Fonctionnement en phase démarrage
- Fonctionnement en phase normale.

#### 3.3.1 Fonctionnement lors du démarrage :

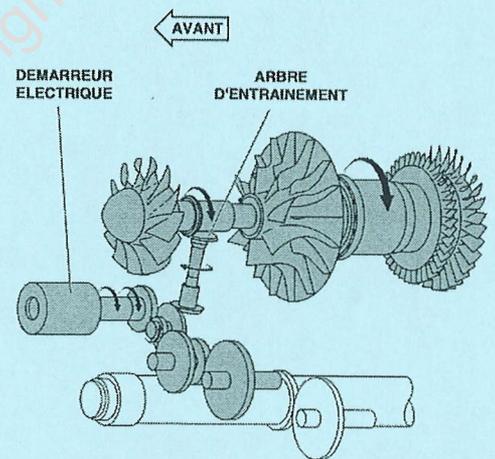
Au démarrage, le démarreur électrique entraîne, par la boîte d'accessoires, l'ensemble tournant du générateur de gaz.

Les compresseurs alimentent en air la chambre de combustion et la séquence de démarrage se déroule.

Lorsque la fréquence de rotation  $N$  dite autonome est atteinte (approximativement 45 % de  $N1$ ), l'alimentation électrique du démarreur est coupée automatiquement. Le démarreur est alors entraîné et fonctionne en génératrice de courant continu.

Caractéristiques du démarreur électrique :

$I = 300 \text{ A}$  ;  $U = 28 \text{ Vcc}$  ;  $C = 13,7 \text{ N.m}$  ;  $P$  et  $N$  à déterminer.

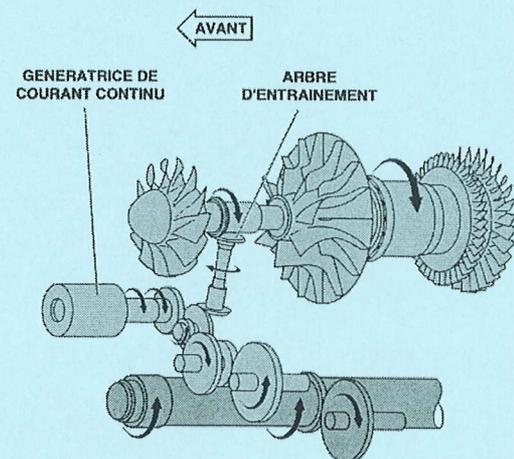


#### 3.3.2 Fonctionnement moteur en marche normale :

Le générateur de gaz entraîne la chaîne d'entraînement des accessoires par le pignon conique situé sur l'arbre du compresseur axial.

Le mouvement est transmis aux divers accessoires :

- dynamo démarreur
- régulateurs  $N1$  et  $N2$ .
- pompes à huile
- génératrice tachymétrique  $N1$  et  $N2$ .



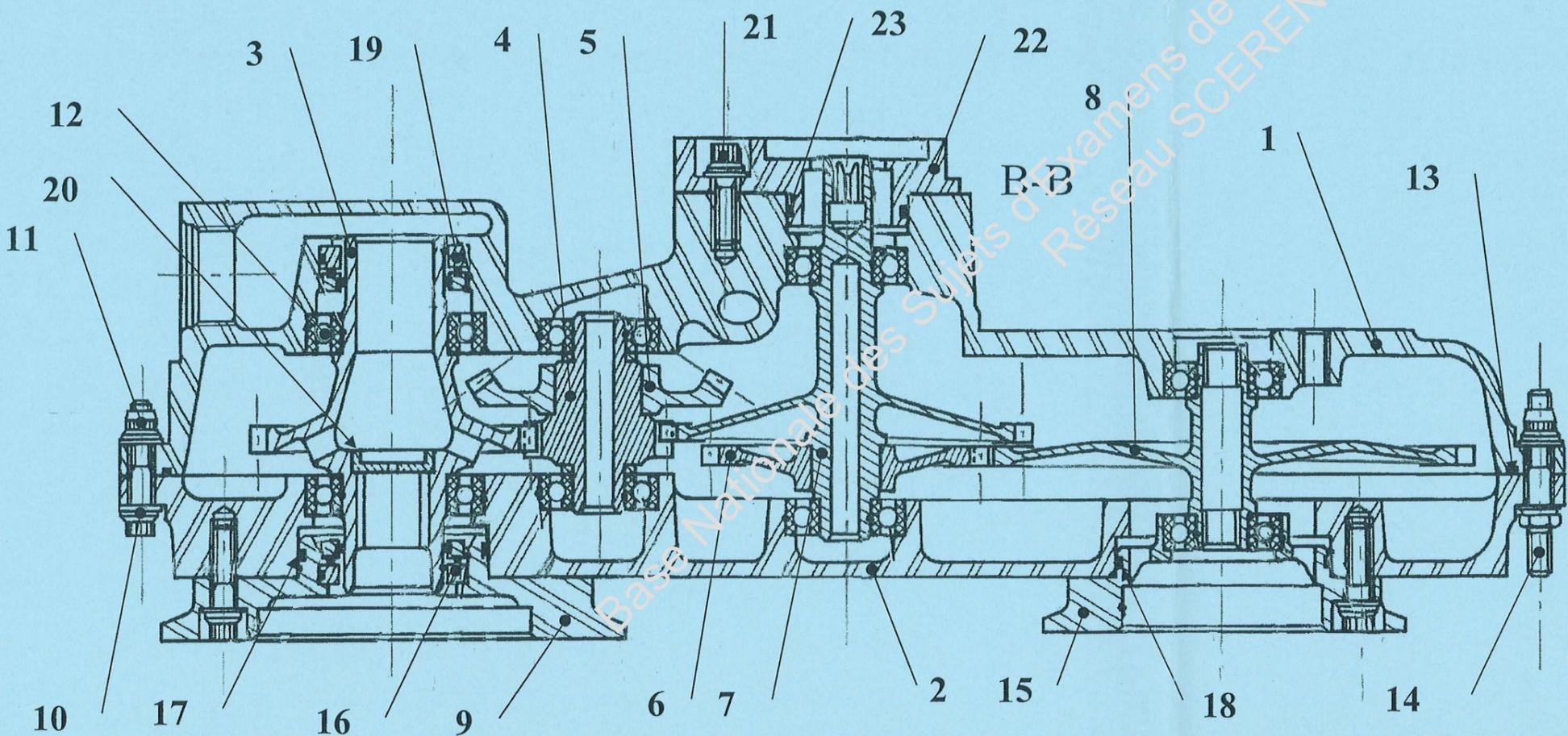
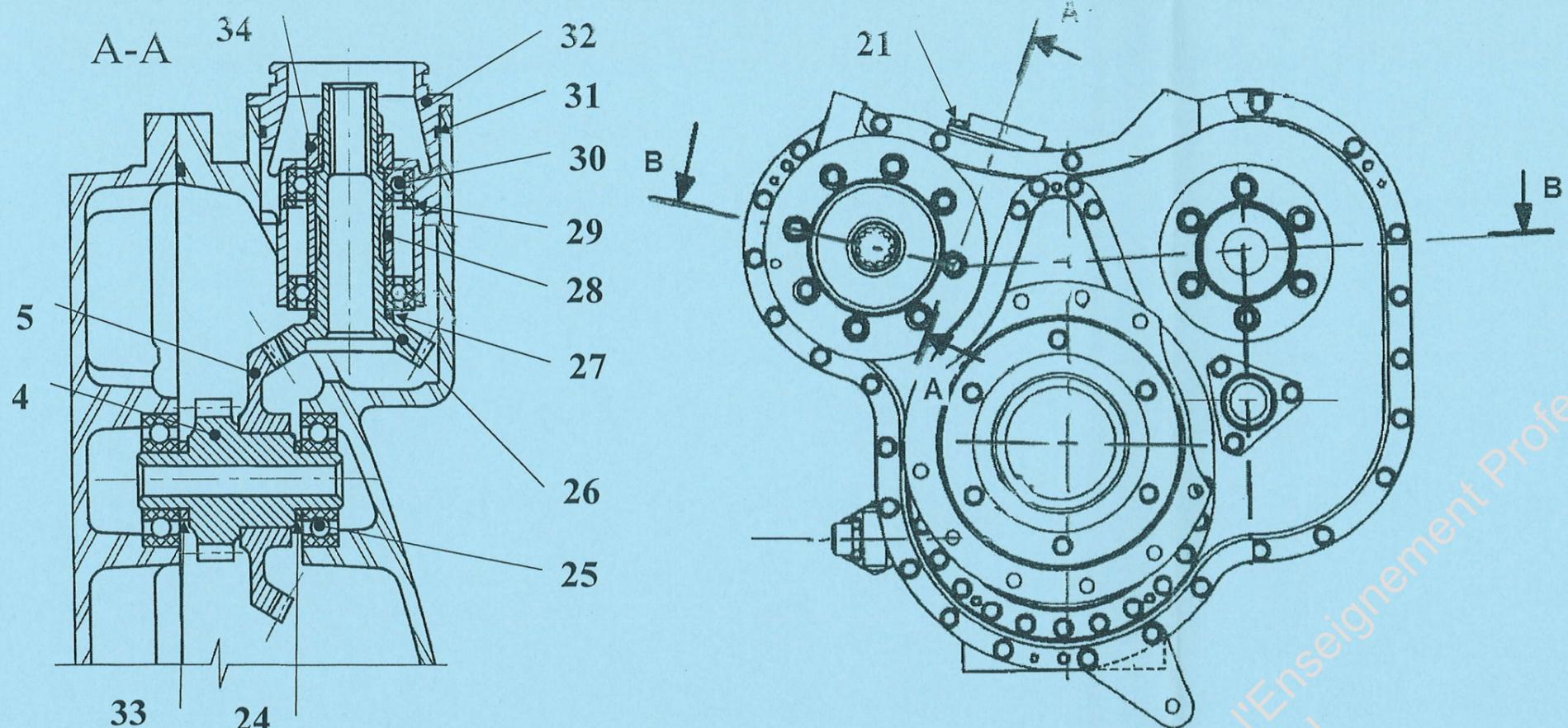
BAC. PROFES « AERONAUTIQUE » option cellule

**Epreuve E1** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

DOSSIER TECHNIQUE : DT Page 7 sur 12



REP	Nb	DESIGNATION	MATIERE
1	1	Carter	EN AC-71000
2	1	Couvercle	[Al Zn5 Mg]
3	1	Pignon dégazeur, Z=37 m= 2	30 Cr Mo 12
4	1	Pignon, Z= 17	30 Cr Mo 12
5	1	Roue conique d'entraînement, Z= 41	30 Cr Mo 12
6	1	Pignon génératrice tachymétrique, Z= 32, m= 2	30 Cr Mo 12
7	1	Roue génératrice tachymétrique, Z= 49	30 Cr Mo 12
8	1	Roue régulatrice N1, Z= 57	30 Cr Mo 12
9	1	Adaptateur dynastart	EN AW-2017
10	21	Vis hexagonale à embase - M5	
11	21	Ecrou hexagonal à embase - M5	
12	2	Roulement	100 Cr6
13	1	Joint torique	
14	6	Vis à queue	
15	1	Adaptateur régulateur	EN AW-2017
16	1	Joint magnétique	
17	1	Joint torique	
18	1	Joint torique	
19	1	Joint magnétique	
20	1	Bouchon	Cu ZN 39 Pb 2
21	24	Vis hexagonale à embase	
22	1	Adaptateur tachymètre	EN AW-2017
23	1	Joint torique	
24	1	Rondelle de calage, épaisseur : 0.5 mm	
25	6	Roulement	100 Cr6
26	1	Pignon arbre d'entraînement, Z= 23 m= 1,5	30 Cr Mo 12
27	1	Rondelle de calage, épaisseur : 2 mm	
28	1	Entretoise	
29	1	Anneau élastique	C 60
30	2	Roulement	100 Cr6
31	1	Joint torique	
32	1	Cage porte roulements	16 Ni Cr 6
33	1	Rondelle de calage, épaisseur : 1 mm	

Les joints magnétiques 16 et 19 doivent assurer une étanchéité optimale, pour cette raison ils sont collés pour l'un sur l'adaptateur dynastart 9 et pour l'autre dans le carter 1.

BAC. PROFES « AERONAUTIQUE » option cellule  
 Epreuve E1 : étude d'un système d'un aéronef  
 DUREE : 4 heures COEFFICIENT : 2  
 DOSSIER TECHNIQUE : DT Page 8 sur 12

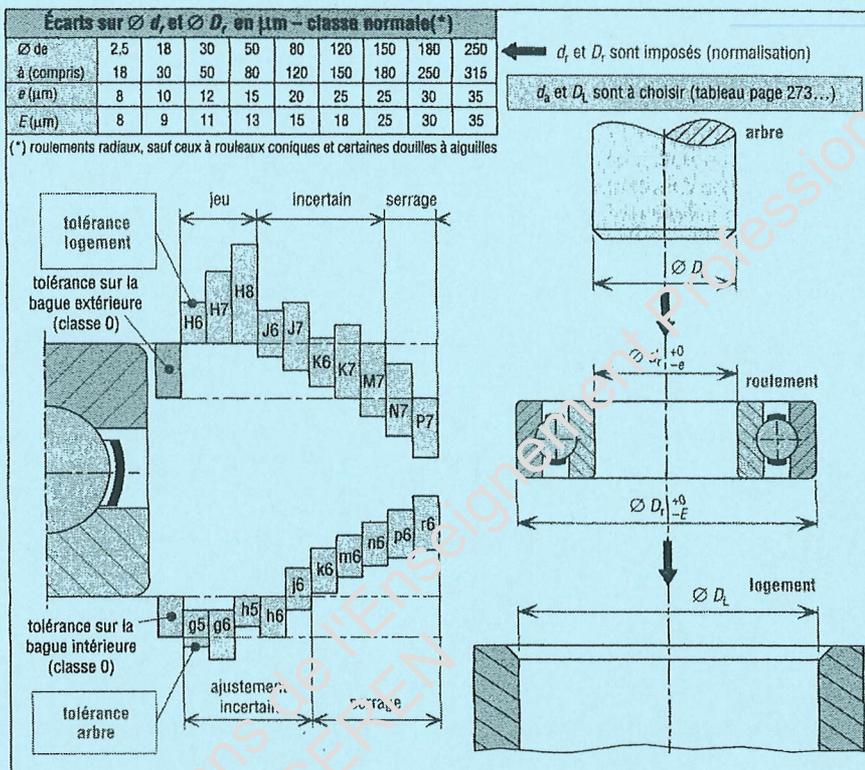
**Dessin d'ensemble (sans Echelle)**  
**Boîte d'accessoires sans l'arbre de transmission**

# ANNEXES

## Éléments issus du Sciences et Techniques industrielle JL. Fanchon Ed. Nathan

### Choix des ajustements :

Les diamètres  $d_r$  et  $D_r$  du roulement et leurs tolérances, domaine du fabricant, sont normalisés. Seuls les diamètres  $d_a$  (arbre) et  $D_L$  (logement) sont à choisir par le concepteur.



Ajustements usuels des roulements (fabricants)												
	particularités de la charge	roulements à billes (tous)		roulements à rotule sur rouleaux				roulements à rouleaux coniques			roulements à aiguilles sans bague intérieure	
		$d \leq 100$	$100 < d \leq 200$	$d \leq 40$	$40 < d \leq 100$	$100 < d \leq 140$	$140 < d \leq 400$	$d \leq 120$	$120 < d \leq 180$	$180 < d \leq 400$		
tolérance des arbres	charge tournante par rapport à la bague intérieure	faible $\frac{C}{P} > 10$	j6	k6	j6	k6	m6		m6	n6	n6	h5 (h6) si $d \leq 80$ g5 ( $d > 80$ )
		normale $5 < \frac{C}{P} \leq 10$	k6 (k5)	m6 (m5)	k6 (k5)	m6 (m5)	n6	p6	m6	n6	p6	
		forte $\frac{C}{P} \leq 5$	k6	m6 ( $d > 200$ ) n6	-	n6	p6	r6	n6	p6	r6	
	charge fixe par rapport à la bague intérieure	g6 (BC) h6 (BNC)	g6 (BC) h6 (bague intérieure non coulissante)				g6 (BC) h6 (BNC)			g5		
tolérance des logements	charge tournante par rapport à la bague extérieure	faible $\frac{C}{P} > 10$	M7	M7							M7	
		normale $5 < \frac{C}{P} \leq 10$	N7	N7				P7 ou R7 (forte charge)			N7	
		forte $\frac{C}{P} \leq 5$	P7	P7							P7	
	charge fixe par rapport à la bague extérieure	H7 (BC) K6 (PR) G7 (EA)	H7 (bague coulissante) K6 (PR) G7 (EA)				bague ext. réglable bague ext. non réglable		J7 P7 (R7)	H7 (bague coulissante ou J7)		

BNC : bague non coulissante ; BC : bague coulissante ; PR : précision de rotation ; EA : si échauffement de l'arbre.

BAC. PROFES « AERONAUTIQUE » option cellule

Epreuve E1 : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

DOSSIER TECHNIQUE : DT Page 9 sur 12

Systeme ISO de Tolérances

Alésages	Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315	315 à 400	400 à 500
D10	+ 60 + 20	+ 78 + 30	+ 98 + 40	+ 120 + 50	+ 149 + 65	+ 180 + 80	+ 220 + 100	+ 260 + 120	+ 305 + 145	+ 355 + 170	+ 400 + 190	+ 440 + 210	+ 480 + 230
F7	+ 16 + 6	+ 22 + 10	+ 28 + 13	+ 34 + 16	+ 41 + 20	+ 50 + 25	+ 60 + 30	+ 71 + 36	+ 83 + 43	+ 96 + 50	+ 108 + 56	+ 119 + 62	+ 121 + 68
G6	+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 14 + 5	+ 17 + 6	+ 20 + 7	+ 25 + 9	+ 29 + 10	+ 34 + 12	+ 39 + 14	+ 44 + 15	+ 49 + 17	+ 54 + 18	+ 60 + 20
H6	+ 6 0	+ 8 0	+ 9 0	+ 11 0	+ 13 0	+ 16 0	+ 19 0	+ 22 0	+ 25 0	+ 29 0	+ 32 0	+ 36 0	+ 40 0
H7	+ 10 0	+ 12 0	+ 15 0	+ 18 0	+ 21 0	+ 25 0	+ 30 0	+ 35 0	+ 40 0	+ 46 0	+ 51 0	+ 57 0	+ 63 0
H8	+ 14 0	+ 18 0	+ 22 0	+ 27 0	+ 33 0	+ 39 0	+ 46 0	+ 54 0	+ 63 0	+ 72 0	+ 81 0	+ 89 0	+ 97 0
H9	+ 25 0	+ 30 0	+ 36 0	+ 43 0	+ 52 0	+ 62 0	+ 74 0	+ 87 0	+ 100 0	+ 115 0	+ 130 0	+ 140 0	+ 155 0
H10	+ 40 0	+ 48 0	+ 58 0	+ 70 0	+ 84 0	+ 100 0	+ 120 0	+ 140 0	+ 160 0	+ 185 0	+ 210 0	+ 230 0	+ 250 0

Arbres	Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315	315 à 400	400 à 500
a11	- 270 - 330	- 270 - 345	- 280 - 370	- 290 - 400	- 300 - 430	- 320 - 470	- 360 - 530	- 430 - 600	- 580 - 710	- 820 - 950	- 1050 - 1240	- 1350 - 1560	- 1650 - 1900
c11	- 60 - 120	- 70 - 145	- 80 - 170	- 95 - 205	- 110 - 240	- 130 - 280	- 150 - 330	- 180 - 390	- 230 - 450	- 280 - 530	- 330 - 620	- 400 - 720	- 480 - 840
d9	- 20 - 45	- 30 - 60	- 40 - 75	- 50 - 93	- 65 - 117	- 80 - 142	- 100 - 174	- 120 - 207	- 145 - 245	- 170 - 285	- 190 - 320	- 210 - 350	- 230 - 385
d10	- 20 - 60	- 30 - 78	- 40 - 98	- 50 - 120	- 65 - 149	- 80 - 180	- 100 - 220	- 120 - 250	- 145 - 305	- 170 - 355	- 190 - 400	- 210 - 440	- 230 - 480
k5	+ 4 0	+ 6 + 1	+ 7 + 1	+ 9 + 1	+ 11 + 2	+ 13 + 2	+ 15 + 2	+ 18 + 3	+ 21 + 3	+ 24 + 4	+ 27 + 4	+ 29 + 4	+ 32 + 5
k6	+ 6 0	+ 9 + 1	+ 10 + 1	+ 12 + 1	+ 15 + 2	+ 18 + 2	+ 21 + 2	+ 25 + 3	+ 28 + 3	+ 33 + 4	+ 36 + 4	+ 40 + 4	+ 45 + 5
m5	+ 6 + 2	+ 9 + 4	+ 12 + 6	+ 15 + 7	+ 17 + 8	+ 20 + 9	+ 24 + 11	+ 28 + 13	+ 33 + 15	+ 37 + 17	+ 43 + 20	+ 46 + 21	+ 50 + 23
m6	+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 15 + 6	+ 18 + 7	+ 21 + 8	+ 25 + 9	+ 30 + 11	+ 35 + 13	+ 40 + 15	+ 46 + 17	+ 52 + 20	+ 57 + 21	+ 63 + 23
n6	+ 10 + 4	+ 16 + 8	+ 19 + 10	+ 23 + 12	+ 28 + 15	+ 33 + 17	+ 39 + 20	+ 45 + 23	+ 52 + 27	+ 60 + 31	+ 66 + 34	+ 73 + 37	+ 80 + 40
o9	+ 12 + 6	+ 20 + 12	+ 24 + 15	+ 29 + 18	+ 35 + 22	+ 42 + 26	+ 51 + 32	+ 59 + 37	+ 68 + 43	+ 79 + 50	+ 88 + 56	+ 98 + 62	+ 108 + 68

BAC. PROFES « AERONAUTIQUE » option cellule  
**Epreuve E1** : étude d'un système d'un aéronef  
 DUREE : 4 heures COEFFICIENT : 2  
 DOSSIER TECHNIQUE : DT Page 10 sur 12

## Symboles chimiques internationaux

Élément d'alliage	Symbole chimique	Élément d'alliage	Symbole chimique	Élément d'alliage	Symbole chimique
Aluminium	Al	Cobalt	Co	Nickel	Ni
Antimoine	Sb	Cuivre	Cu	Niobium	Nb
Argent	Ag	Étain	Sn	Plomb	Pb
Béryllium	Be	Fer	Fe	Silicium	Si
Bismuth	Bi	Gallium	Ga	Strontium	Sr
Bore	B	Lithium	Li	Titane	Ti
Cadmium	Cd	Magnésium	Mg	Vanadium	V
Cérium	Ce	Manganèse	Mn	Zinc	Zn
Chrome	Cr	Molybdène	Mo	Zirconium	Zr

## Coefficient multiplicateur

Élément d'alliage	Coef.	Élément d'alliage	Coef.
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4	Ce, N, P, S	100
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10	B	1 000

BAC. PROFES « AERONAUTIQUE » option cellule

**Epreuve E1** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

DOSSIER TECHNIQUE : DT Page 11 sur 12

$E_c = \frac{1}{2} m V^2$	$P = F V$
$p = F / S$	$F_z = \frac{1}{2} \rho S V^2 C_z$
$P = W / t$	$F_x = \frac{1}{2} \rho S V^2 C_x$
$\omega = \pi N / 30$	$P = C \omega$
$\eta = P_s / P_e$	$r = N_s / N_e = \omega_s / \omega_e$
$E_p = m g H$	$E_c = \frac{1}{2} J \omega^2$
$C = F d$	$P = U I$
$U = R I$	$W = F d \cos \varphi$

BAC. PROFES « AERONAUTIQUE » option cellule  
**Epreuve E1** : étude d'un système d'un aéronef  
DUREE : 4 heures COEFFICIENT : 2  
DOSSIER TECHNIQUE : DT Page 12 sur 12