

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**

**Campagne 2009**

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

*Durée 4 heures*

*coefficient 2*

**BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL AÉRONAUTIQUE**

*Option : Mécanicien, systèmes-cellule*

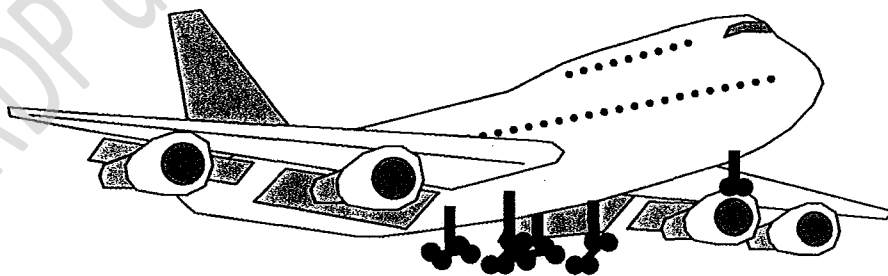
*Épreuve E1 – Épreuve scientifique et technique*

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

**DOSSIER TECHNIQUE**

**CE DOSSIER EST COMPOSE DES DOCUMENTS :**

- *Documents techniques pages 1 à 14 .*



**BACCALAUREAT PROFESSIONNEL « AERONAUTIQUE »**

**option mécanicien système cellule**

**Epreuve E1A : étude d'un système d'un aéronef.**

**DUREE : 4 heures**

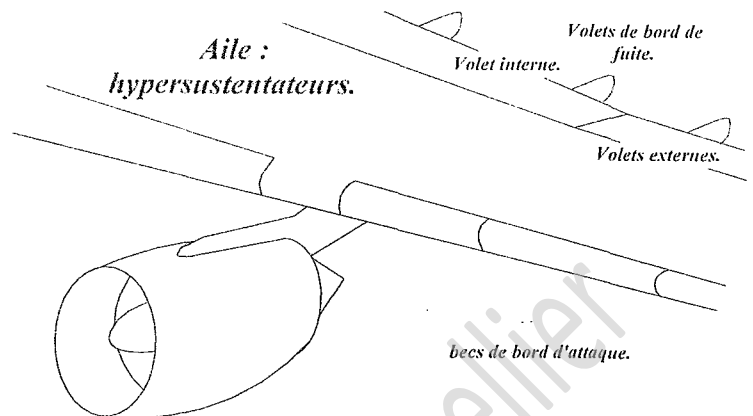
**COEFFICIENT : 2**

**DOSSIER - DOCUMENTS TECHNIQUES.**

# 1 - Etude du dispositif d'entraînement des hypersustentateurs.

Les hypersustentateurs sont des éléments aérodynamiques qui ont pour fonction d'augmenter la portance de l'aile pendant les phases de décollage et d'atterrissage. Ils sont composés:

- des becs de bord d'attaque,
- des volets de bord de fuite.



## 1.1 - Architecture du système de commande des Volets de bord de fuite.

L'aile est équipée de deux volets de bord de fuite.

- Le volet interne situé proche du fuselage,
- Le volet externe situé entre le volet interne et le saumon de l'aile.

Chaque volet est guidé et actionné par deux mécanismes FAS ( Flap Actuation System : FAS 1, FAS 2 pour le volet interne et FAS 3, FAS 4 pour le volet externe).

Le système de commande d'un volet FAS se compose des éléments suivants :

- Un PCU ( Power Control Unit ),
- D'un système d'entraînement du volets FAS: il y a deux FAS par volet,
- D'un système d'arbres de transmission qui transporte l'énergie mécanique de rotation obtenue en sortie de PCU vers les FAS.

Un actionneur hydro-mécanique PCU ( POWER CONTROL UNIT ) unique fournit l'énergie mécanique nécessaire à l'entraînement en rotation de l'arbre de transmission.

Le système de transmission est composé de plusieurs tronçons d'arbre reliés entre eux par des éléments mécanique de raccord : renvois coniques et transmissions par joint de cardan.

- Le TGB ( T-Gearbox ) : c'est un système d'engrenage en « T » qui permet un renvoi du mouvement à 90° dans deux directions opposées,
- Le STL ( System Torque limiter ) est un système qui permet de limiter le couple transmis.
- Le BGB ( Bevel Gearbox ) : c'est un système d'engrenage conique qui permet de transmettre le mouvement dans une direction différente de la direction initiale.
- Le KGB ( Kind Gearbox ) : c'est un système d'engrenage qui permet de transmettre le mouvement dans une direction différente de la direction initiale + STL.
- DownDrive GearBox : c'est un système d'engrenage conique qui permet de prélever le mouvement de rotation sur un arbre principal et de le transmettre vers un arbre de sortie. Le système est équipé d'un limiteur de couple.

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL « AERONAUTIQUE »

option mécanicien système cellule

**Epreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef.

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

DOSSIER TECHNIQUE :

Page 1 /14

Système de commande des volets : chaîne de transmission.

**LEGENDE.**

PCU : Power Control Unit

TGB : T-Gearbox

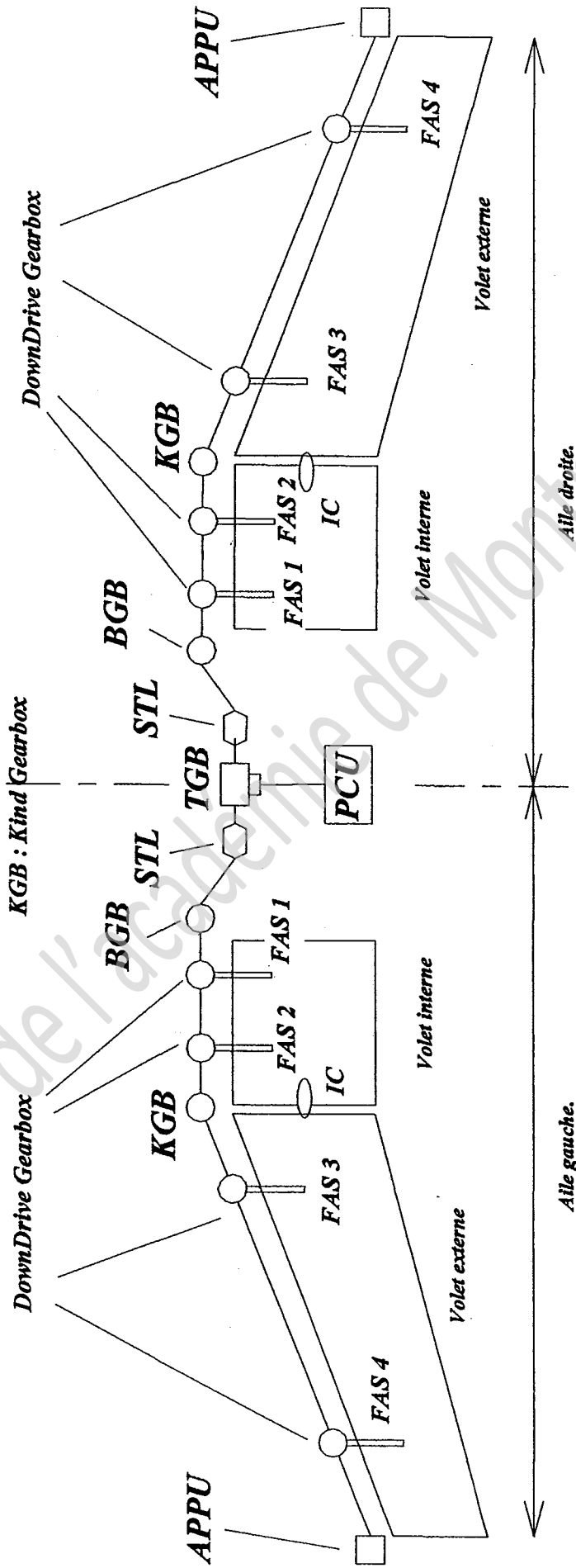
STL : System Torque Limiter

BGB : Bevel Gearbox

IC : Interconnection Strut

APPU : Asymmetry Position pick Off Unit

FAS : Flap Actuation System



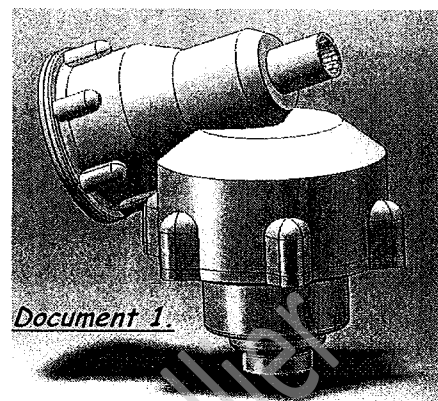
BACCALAUREAT PROFESSIONNEL « AERONAUTIQUE »  
 option mécanicien système cellule  
 Epreuve E1A : étude d'un système d'un aéronef.  
 DUREE : 4 heures  
 DOSSIER TECHNIQUE : Page 2 / 14  
 COEFFICIENT : 2

## 2 - Etude du DownDrive Gearbox ( DDGB ).

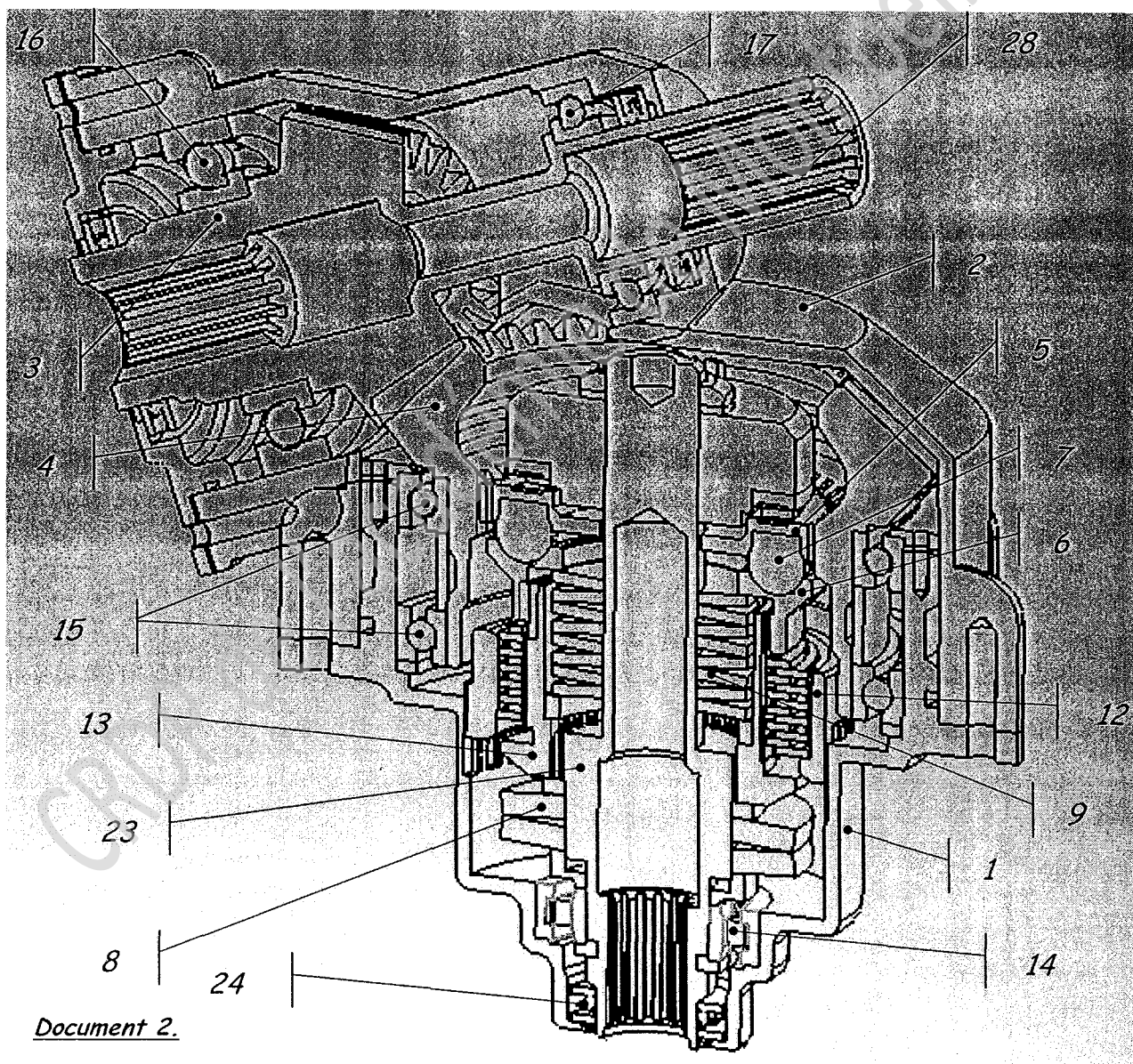
Le DownDrive Gearbox est un système d'engrenage conique qui permet de prélever le mouvement de rotation sur un arbre principal et de le transmettre vers un arbre de sortie. Le système est équipé d'un limiteur de couple.

Le document 1 donne une représentation globale de l'équipement.

Le document 2 donne une représentation en perspective et en coupe du système.



Document 1.



Document 2.

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL « AERONAUTIQUE »  
option mécanicien système cellule

**Epreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef.

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

DOSSIER TECHNIQUE :

Page 3 /14

Downdrive Gearbox Track : Nomenclature.

Rep	Nbre	Désignation	Observations
1	1	Capot inférieur :	
2	1	Capot supérieur.	
3	1	Pignon conique d'entrée.	$d_3 = 35 \text{ mm}$ $m = 1,5$ $\alpha = 20^\circ$ 20 Ni Cr Mo 6-4
4	1	Couronne conique de sortie.	$d_4 = 70 \text{ mm}$ $m = 1,5$ $\alpha = 20^\circ$
5	1	Partie supérieure du Torque Limiter :TL.	
6	1	Partie inférieure du Torque Limiter :TL.	
7	6	Bille du Torque Limiter :TL.	
8	2	Rondelle BELLEVILLE	
9	8	Rondelle BELLEVILLE	
10	6	Disque de friction externe	
11	6	Disque de friction interne	
12	1	Support disque de friction externe	
13	1	Support disque de friction interne	
14	1	Roulement N°1	
15	2	Roulement N°2	
16	1	Roulement N°3	
17	1	Roulement N°4	
18	1		
19	1	Rondelle d'appui N°1	
20	1	Rondelle d'appui N°2	
21	1	Butée du Torque Limiter :TL.	
22	1	Entre toise	
23	1	Arbre de sortie.	
24	3	Joint d'étanchéité.	
25	1	bague de blocage.	
26	2	Joint d'étanchéité.	
27	1	Déclencheur du TL Indicator	
28	1	Arbre d'entrée.	
29	1	Clavette.	
30	1	Couvercle partie supérieure	
31	1	Bague d'appui.	
32	1	Rondelle d'appui.	
33	1	Ecrou à encoches	
34	1	Rondelle de blocage.	
35	?	Cales pélables - réglage.	
36	1	Rondelle d'appui.	

Dessin d'ensemble du DownDrive Gearbox voir annexe I. DT page 11/14

Dessin DownDrive Gearbox sans carters voir annexe II. DT page 12/14

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL « AERONAUTIQUE »

option mécanicien système cellule

**Epreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef.

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

**DOSSIER TECHNIQUE** :

Page 4 /14

### Description.

DownDrive GearBox est un système qui permet de prélever le mouvement de rotation sur un arbre principal et de le transmettre vers un arbre de sortie secondaire dans le même plan et de direction différente.

Fonctionnement. Consulter ANNEXE I, DT 11/14 et ANNEXE II, DT 12/14.

### transmission du mouvement de rotation :

Le mouvement de rotation de la ligne d'arbre principale est récupéré par la pièce 28 en encastrement avec le pignon 3.

Le pignon 3 entraîne la couronne conique 4 en liaison avec la pièce 5 par l'intermédiaire des cannelures.

L'ensemble des pièces 5, 6 et 7 sont les éléments d'un limiteur de couple à déclenchement (torque limiter).

Les rondelles BELLEVILLE 8 et 9 génèrent un effort axial qui assure la cohésion de l'ensemble 5, 6 et 7.

Les pièces 6 et 13 sont liées par des cannelures ainsi que les pièces 13 et 23.

La pièce 23 transmet le mouvement de rotation de sortie à la ligne d'arbre secondaire.

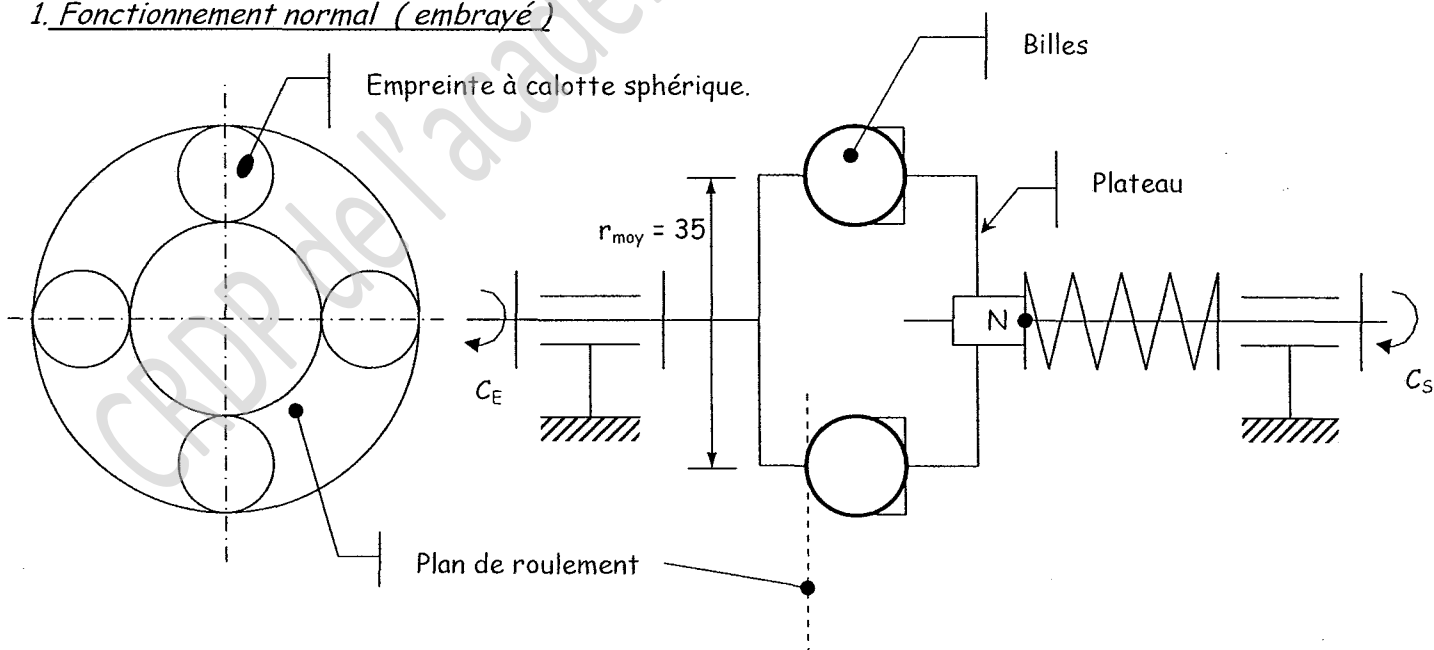
## 3 - limiteur de couple.

### Fonction d'un limiteur de couple.

Un limiteur de couple est un embrayage sans commande extérieure. Au delà d'un couple résistant limite, en sortie, dit « couple de tarage », un glissement interne au mécanisme se produit, annulant temporairement la liaison entre les organes moteurs et récepteurs. Lorsque le couple résistant en sortie retrouve une valeur inférieure au couple de tarage, la liaison est à nouveau établie. Pour certains limiteurs de couple, une intervention extérieure est rendue nécessaire, après arrêt en rotation de l'installation.

### Limiteur de couple par obstacle escamotable - Rep 5, 6 et 7.

#### 1. Fonctionnement normal ( embrayé )



BACCALAUREAT PROFESSIONNEL « AERONAUTIQUE »

option mécanicien système cellule

**Epreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef.

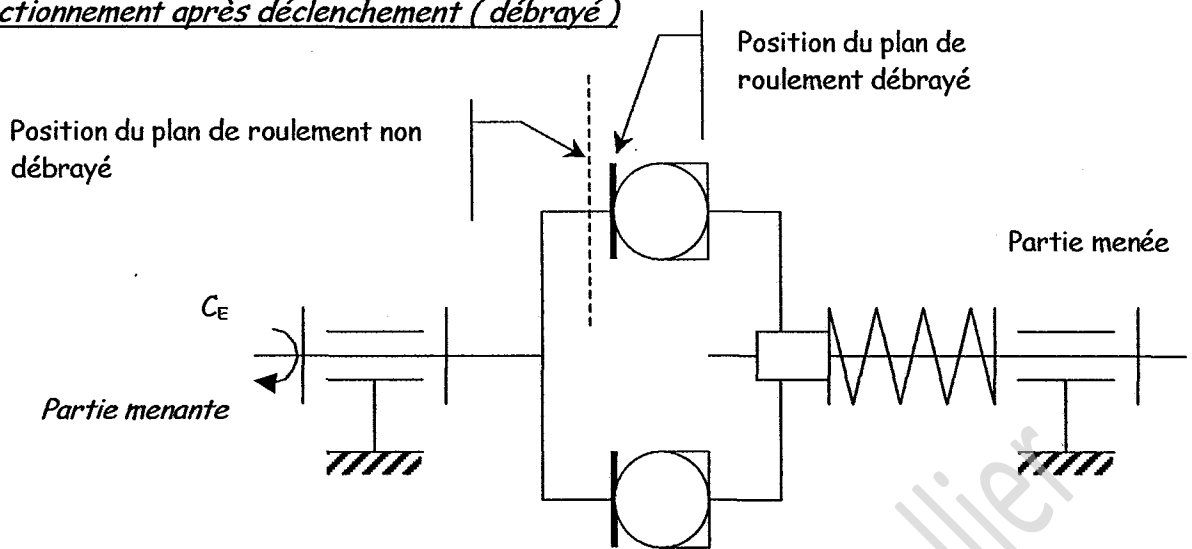
DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

DOSSIER TECHNIQUE :

Page 5 /14

## 2. Fonctionnement après déclenchement ( débrayé )



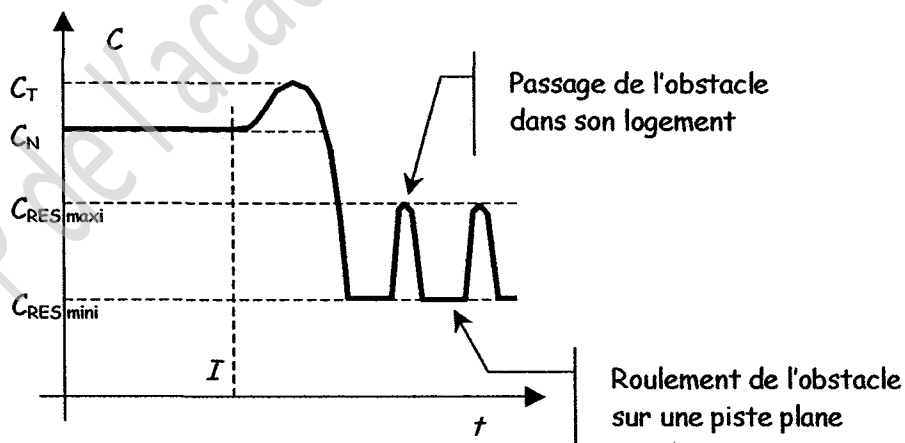
Pour cette réalisation, les billes intercalées entre les parties menante et menée, assurent une liaison encastrement temporaire, grâce à l'action d'un ressort de compression exerçant un effort axial constant. Lors d'une surcharge, les billes se trouvent entraînés hors de leur logement. La liaison encastrement est donc rompue, le système est débrayé. Un dispositif d'alerte sur le **DownDrive GearBox** « TL Indicator » reste en position déclenché sans empêcher le fonctionnement du système.

Le « TL Indicator » est un assistant à la recherche de panne. Il permet au mécanicien d'identifier le **DownDrive GearBox** défectueux. Son réarmement se fait manuellement.

Après intervention pour supprimer les causes de l'incident, la mise en marche de l'installation est immédiate : les billes reprennent elles-mêmes leur position de fonctionnement normal.

### Mode de réglage du couple de tarage $C_T$ .

Le réglage du couple de tarage est obtenu par modification de l'effort axial exercé par le ressort.



Limiteur de couple à obstacle escamotable.

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL « AERONAUTIQUE »

option mécanicien système cellule

**Epreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef.

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

DOSSIER TECHNIQUE :

Page 6 /14



## Fonctionnement du « Torque limiter » du DownDrive GearBox.

( Consulter le schéma ci-dessous et le dessin technique de la page 8/14 du dossier technique ).

1. En fonctionnement normal, le couple transmis est tel que  $C = C_N$  Voir schéma fonctionnement normal.  
On peut alors écrire :  $C_N = \frac{C_E}{R_{S/E}} \cdot \eta$ . Les pièces 5, 6 et 7 du TL sont solidarisiées sous la pression des rondelles BELLEVILLE 8 et 9. Le TL est embrayé.
2. Lorsqu'un incident intervient sur l'arbre de sortie et que la valeur du couple atteint la valeur du couple de tarage telle que  $C = C_T$ , alors il y a déclenchement : les pièces 5, 6 et 7 ne forment plus un bloc : 5 tourne par rapport à 6. Le TL est débrayé.  $C_T = 1,5 \cdot r_{moy} \cdot N$
3. Après déclenchement un couple résiduel  $C_{RES}$  continue à être transmis de sorte qu'un mouvement de rotation résiduel persiste sur l'arbre mené. Voir schéma fonctionnement après déclenchement.
4. Pour bloquer ce mouvement résiduel, un système de freinage multi-disques est installé en série avec le limiteur de couple. Il est formé des disques 10 et 11 en liaison glissière respectivement avec les pièces 12 et 13.

le couple résiduel absorbé par le frein à n disques s'écrit :  $C_{RES} = 2 \cdot n \cdot N \cdot f \cdot r_{moyen}$

N : effort normal aux disques d'axe (O,x),

$r_{moy}$  : rayon moyen où s'applique l'effort presseur N

f : coefficient de frottement,

n : nombre de disque.

$\eta$  = rendement

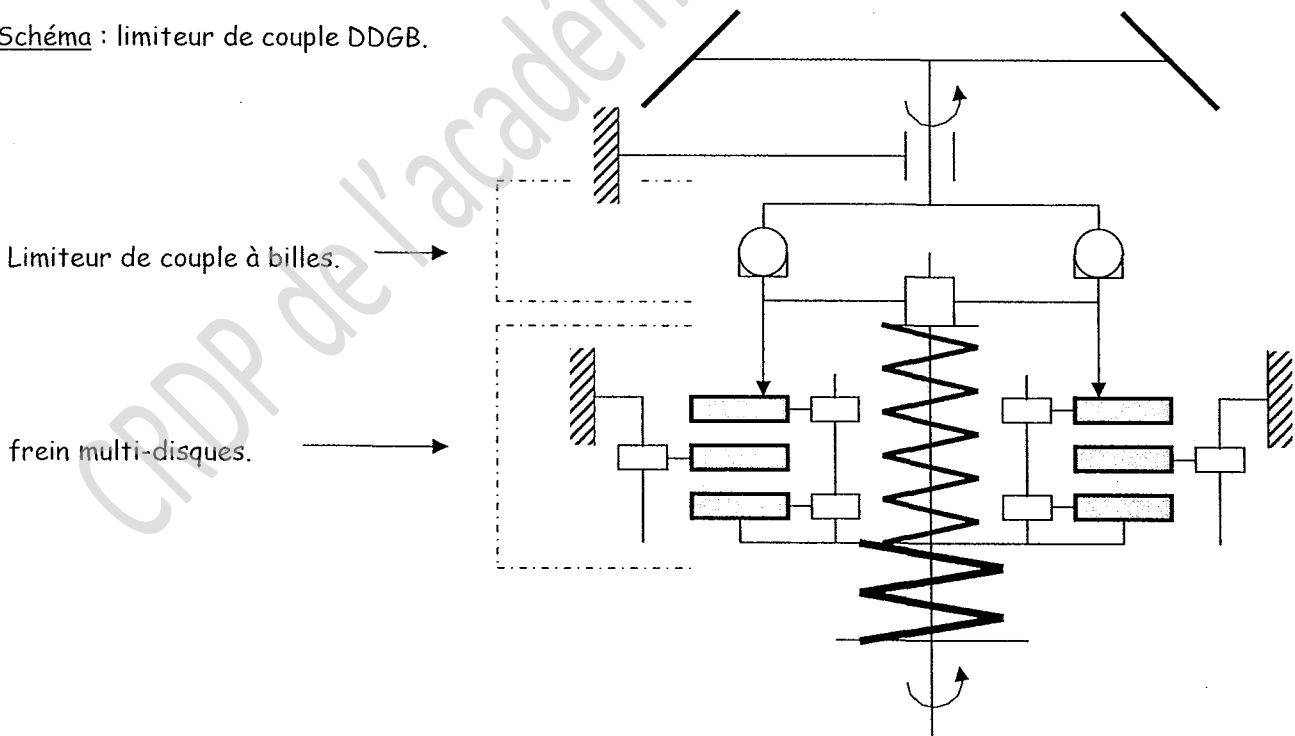
$R_{S/E}$  = raison de l'engrenage.

$C_N$  = Couple nominal

$C_T$  = Couple de tarage

$C_E$  = Couple d'entrée.

Schéma : limiteur de couple DDGB.



BACCALAUREAT PROFESSIONNEL « AERONAUTIQUE »

option mécanicien système cellule

**Epreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef.

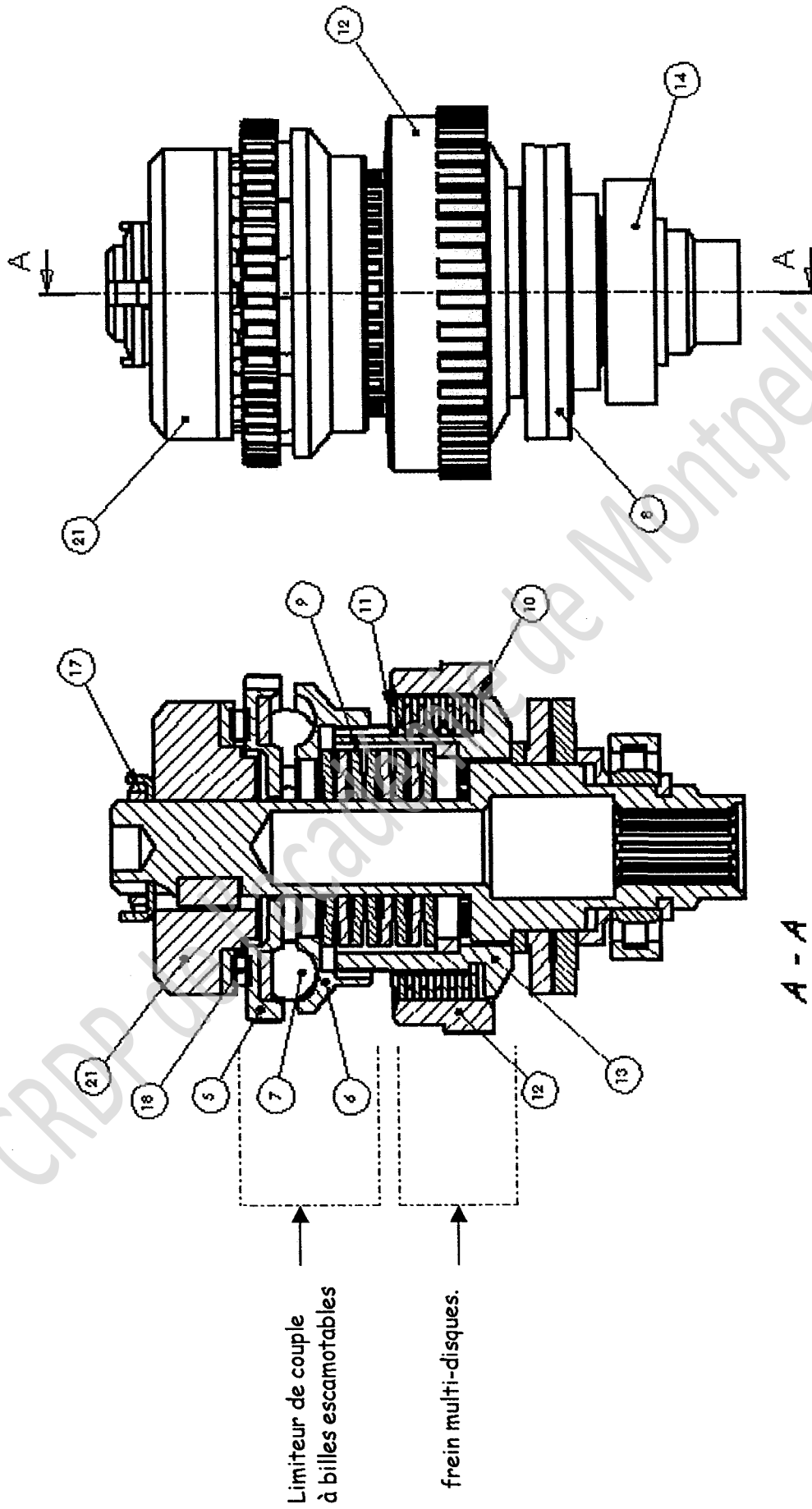
DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

DOSSIER TECHNIQUE :

Page 7 / 14

*DownDrive Gearbox - Limiteur de couple par obstacle escamotable - Frein multi-disque.*

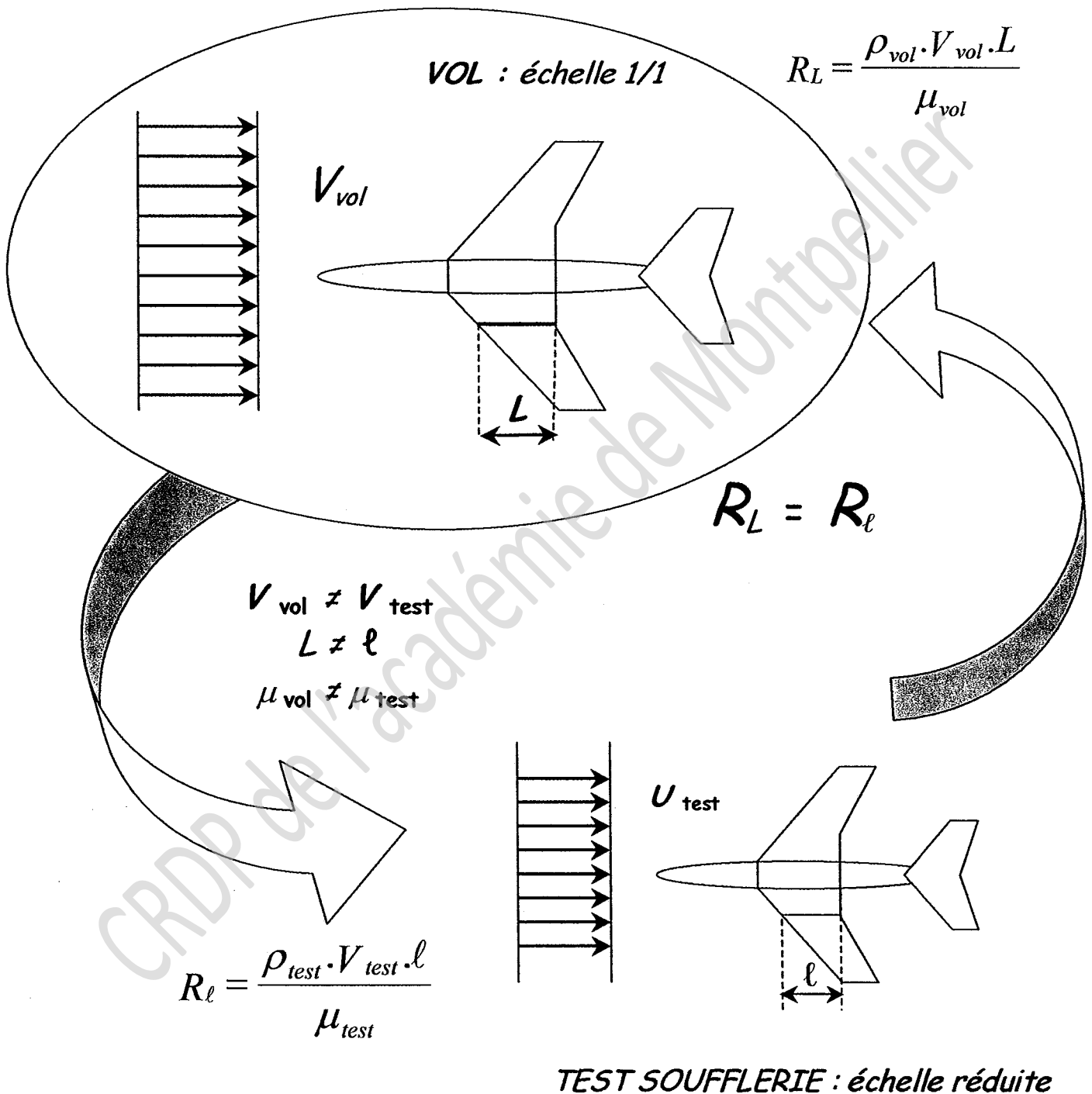


A - A

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL « AERONAUTIQUE »  
 option mécanicien système cellule  
 Epreuve E1A : étude d'un système d'un aéronef. COEFFICIENT : 2  
 DUREE : 4 heures  
 DOSSIER TECHNIQUE : Page 8 / 14

## 4 - Mécanique des fluides - Principe de REYNOLDS.

Dans le cas d'un écoulement à basse vitesse, le principe de REYNOLDS ( $R_L = R_\ell$ ) indique, sous quelle condition, les résultats d'un essai réalisé en soufflerie, sur une maquette à échelle réduite sont transposables aux conditions du vol sur la même maquette à l'échelle 1.



BACCALAUREAT PROFESSIONNEL « AERONAUTIQUE »

option mécanicien système cellule

**Epreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef.

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

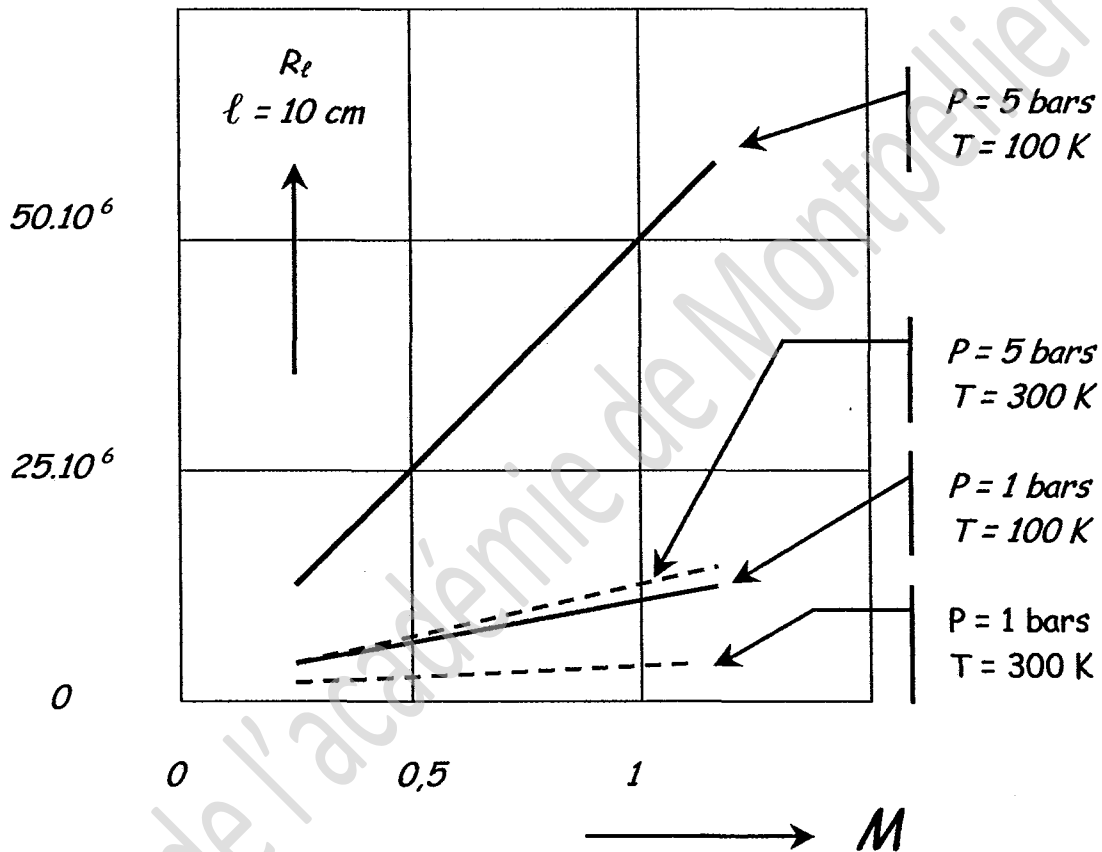
DOSSIER TECHNIQUE :

Page 9 /14

En écoulement à grande vitesse, le principe de REYNOLDS seul n'est plus suffisant. Pour que l'essai en soufflerie soit transposable au vol, il faut qu'il y ait non seulement égalité du nombre de REYNOLDS mais aussi égalité du nombre de MACH.

Conséquence : développement de souffleries cryogéniques pressurisées.

Leur principe consiste à travailler avec un fluide à haute pression et à très basse température. La combinaison de ces deux paramètres permet d'atteindre des nombre de REYNOLDS très élevés voisins de ceux du vol dans des souffleries de taille modeste.



Nombre de REYNOLDS en soufflerie : maquette de  $\ell = 10 \text{ cm}$  de corde.

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL « AERONAUTIQUE »

option mécanicien système cellule

**Epreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef.

DUREE : 4 heures

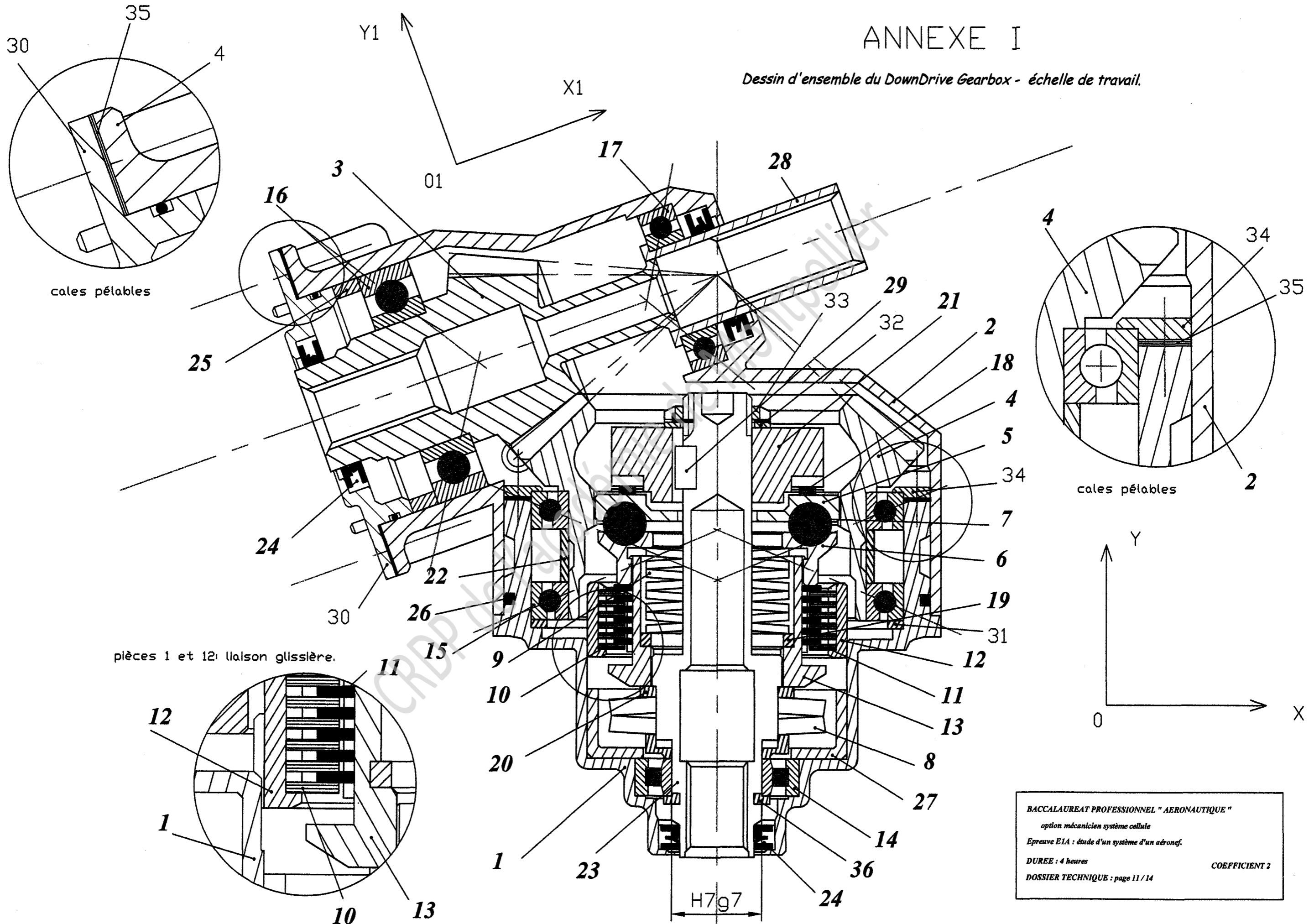
COEFFICIENT : 2

DOSSIER TECHNIQUE :

Page 10 / 14

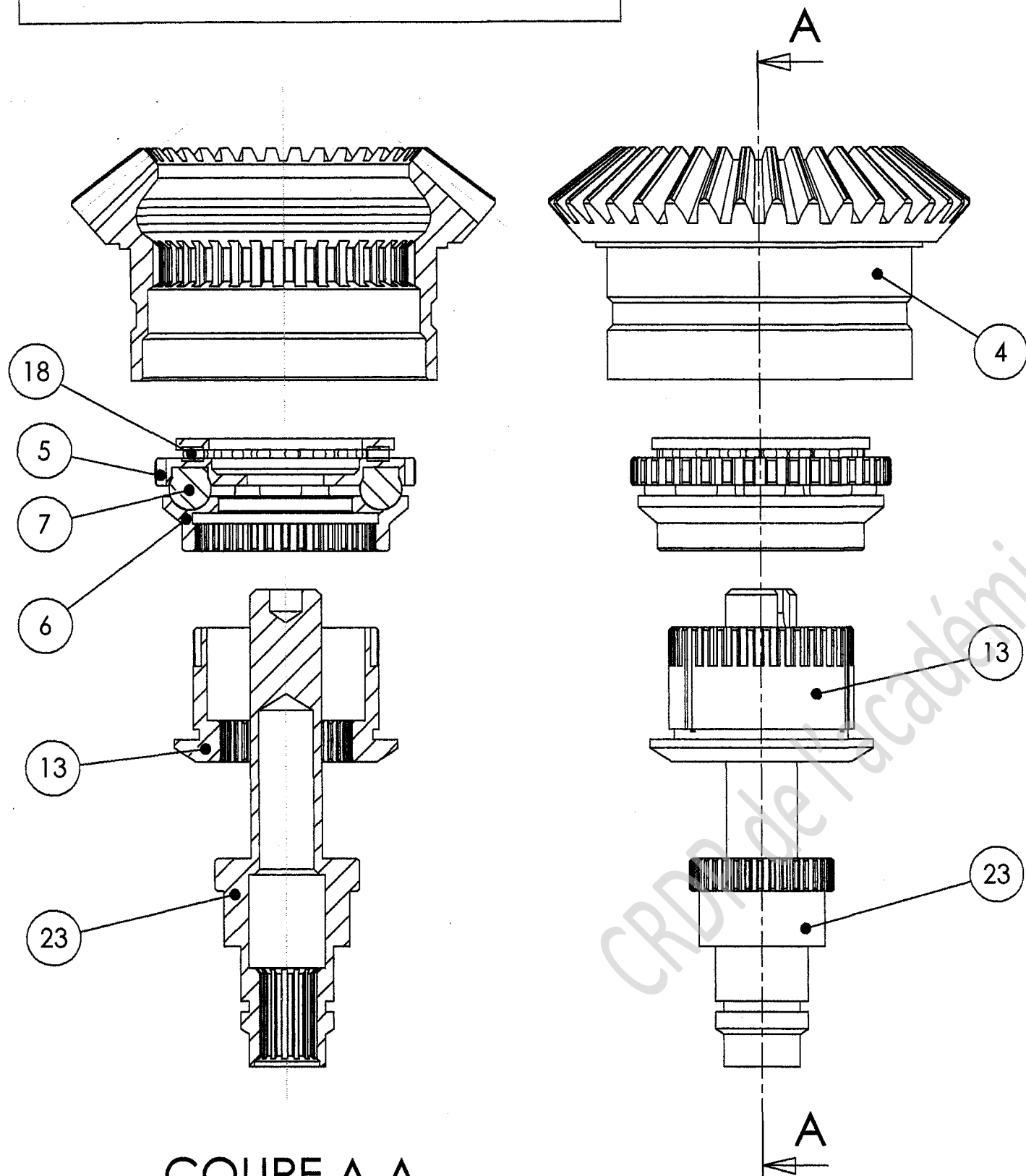
# ANNEXE I

Dessin d'ensemble du DownDrive Gearbox - échelle de travail.



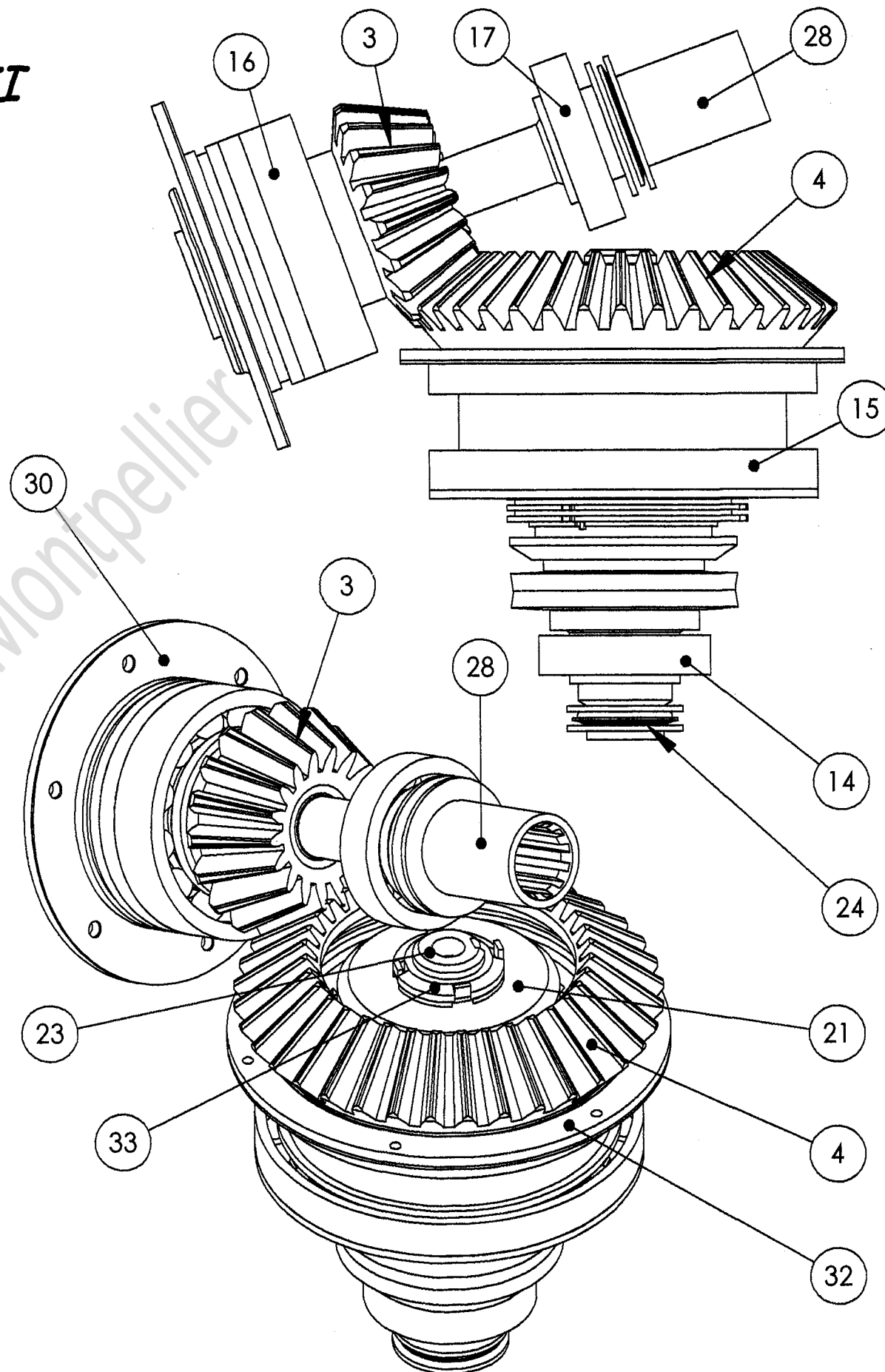
BACCALAUREAT PROFESSIONNEL " AERONAUTIQUE "  
 option mécanicien système cellule  
 Epreuve EIA : étude d'un système d'un aéronef.  
 DUREE : 4 heures  
 DOSSIER TECHNIQUE : page 11 / 14  
 COEFFICIENT 2

# ANNEXE II



COUPE A-A

Chaîne de transmission du mouvement.  
partie inférieure du DownDrive Gearbox



Représentation du DownDrive Gearbox sans les carters 1 et 2.

### ANNEXE III

#### 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

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL « AERONAUTIQUE »

option mécanicien système cellule

**Epreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef.

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

DOSSIER TECHNIQUE :

Page 13 /14

# ANNEXE IV

## Formulaire

$$R_x = \frac{\rho \cdot V \cdot x}{\mu}$$

$$M = \frac{V}{a}$$

$$a = 20 \cdot \sqrt{T}$$

$$\begin{cases} P = 101300(1 - 2,26 \cdot 10^{-5} z)^{5,26} \\ T = 288 - 6,5 \cdot 10^{-3} z \end{cases}$$

$$\frac{P}{\rho} = 287 \cdot T$$

Avec :

$\mu$  : coefficient de viscosité dynamique.

$V$  : la vitesse de l'avion.

$z$  : altitude en mètre

$T$  : température statique en Kelvin.

$\rho$  : masse volumique.

$x$  : une longueur de référence.

$P$  : pression statique en Pascal

$$\mu = 1,4172 \cdot 10^{-5} \text{ SI}$$

$$R_{S/E} = \frac{N_S}{N_E} = \frac{Z_E}{Z_S} = \eta \cdot \frac{C_E}{C_S}$$

$$P \cdot V = m \cdot r \cdot T \quad \frac{P}{\rho} = r \cdot T$$

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL « AERONAUTIQUE »

option mécanicien système cellule

**Epreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef.

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

**DOSSIER TECHNIQUE :**

Page 14 /14