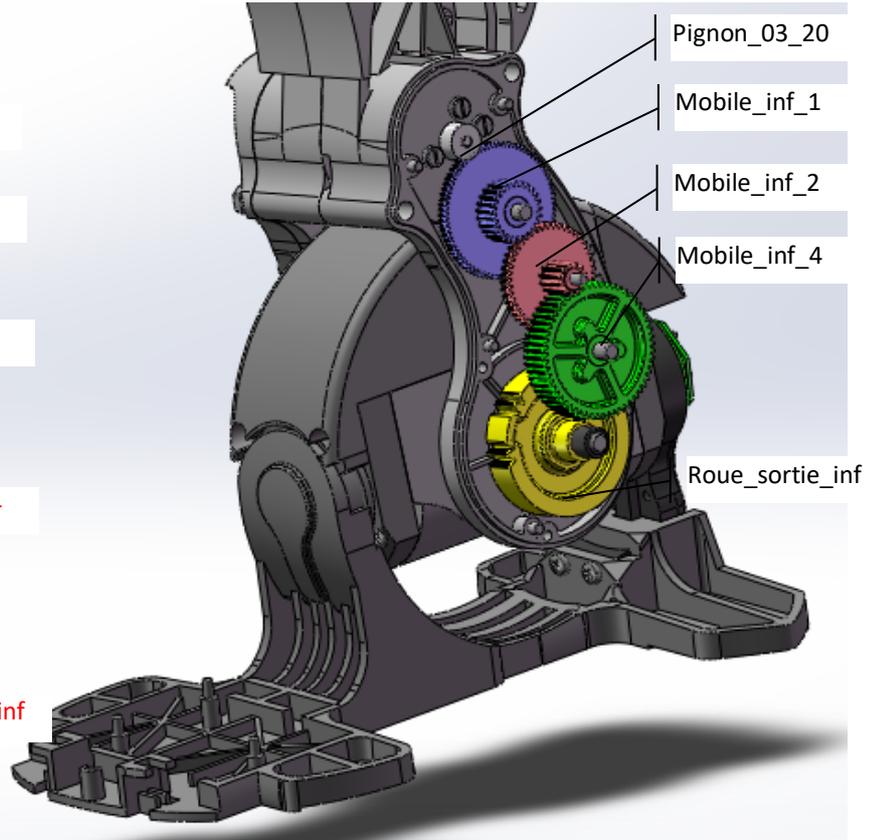
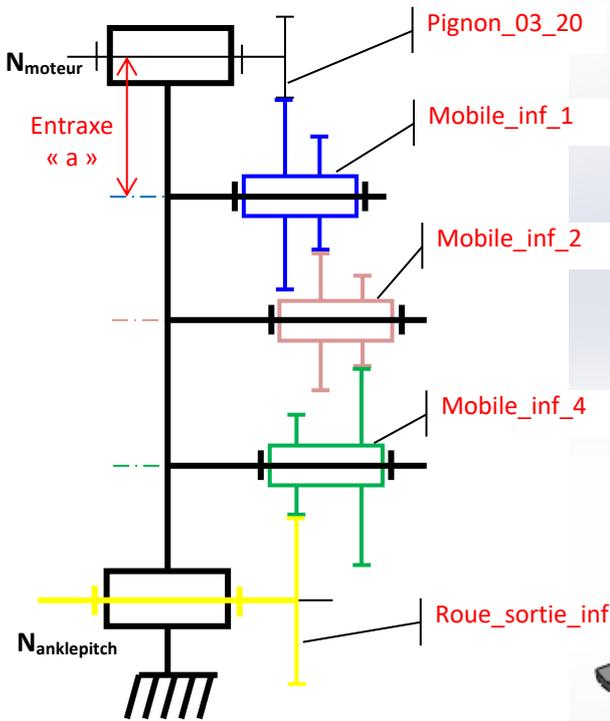


ADAPTATEURS : APPLICATIONS

1. Ankle pitch NAO

Q1. Compléter le schéma cinématique du mouvement de la cheville autour de l'axe de tangage



Ankle Pitch	Module	Nb de dents : Z	Coefficient de déport	Entraxe de fonctionnement (mm)
Pignon_03_20	0,3	Z ₃ = 20	0	15
Mobile_inf_1-roue	0,3	Z _{1r} = 80 ?	0	
Mobile_inf_1-pignon	0,4	Z _{1p} = 25	0,214	14,5
Mobile_inf_2-roue	0,4 ?	Z _{2r} = 47	0,042	
Mobile_inf_2-pignon	0,4	Z _{2p} = 12	0,564	14,5
Mobile_inf_4-roue	0,4	Z _{4r} = 58	0,836	
Mobile_inf_4-pignon	0,7	Z _{4p} = 10	0,541	16,8
Roue_sortie_inf	0,7	Z _{sortie} = 36	0,603	

Q2. Déterminer le nombre de dents de la roue « Mobile_inf_1 » ainsi que le module de la roue « Mobile_inf_2 ».

- Entraxe pignon_03_20/mobile_inf_1-roue = a = 15 mm. On a D_i = m x Z_i

$$a = (D_{\text{pignon_03_20}} + D_{\text{mobile_inf_1-roue}}) / 2 \Leftrightarrow (m \cdot Z_3 + m \cdot Z_{1r}) / 2 = a \Leftrightarrow Z_{1r} = (2a/m) - Z_3. \text{ A.N : } Z_{1r} = (30/0,3) - 20 \Leftrightarrow \boxed{Z_{1r} = 80 \text{ dents}}$$

- Pour que l'engrènement soit possible, m_{1p} = m_{2r} ; donc $\boxed{m_{2r} = 0,4}$

Q3. Justifier l'évolution croissante du module entre l'entrée et la sortie du réducteur.

On a P_s/P_e = η ⇔ C_s.ω_s = η.C_e.ω_e ⇔ ω_s / ω_e = η.C_e / C_s. Le couple transmis est inversement proportionnel au rapport des vitesses (au rendement près). La vitesse diminuant, le couple transmissible augmente donc en sortie du réducteur. Les dentures doivent être dimensionnées pour résister à cette augmentation de couple transmis. 2 options :

- Augmentation du module (c'est le cas ici)
- Changement de matériaux : plastique pour les premiers engrènements, puis engrènements en acier en sortie du réducteur

Q4. Déterminer le rapport de transmission du réducteur associé au mouvement de tangage de la cheville dur obot NAO.

$$r = \frac{(-1)^n \prod Z_{\text{menantes}}}{\prod Z_{\text{menées}}} = (-1)^4 \frac{Z_3 \times Z_{1p} \times Z_{2p} \times Z_{4p}}{Z_{1r} \times Z_{2r} \times Z_{4r} \times Z_{\text{sortie}}}. \text{ A.N : } r = \frac{20 \times 25 \times 12 \times 10}{80 \times 47 \times 58 \times 36} \Leftrightarrow \boxed{r = 0,00764 = 1/130,85}$$

Doc constructeur : speed reduction ratio = 130,85

Q5. En déduire N_{anklepitch} à vide si le moteur associé est de type 1

$$r = \frac{N_{\text{anklepitch}}}{N_{\text{moteur}}} = \frac{1}{130,85} \Leftrightarrow N_{\text{anklepitch}} = 8300/130,85$$

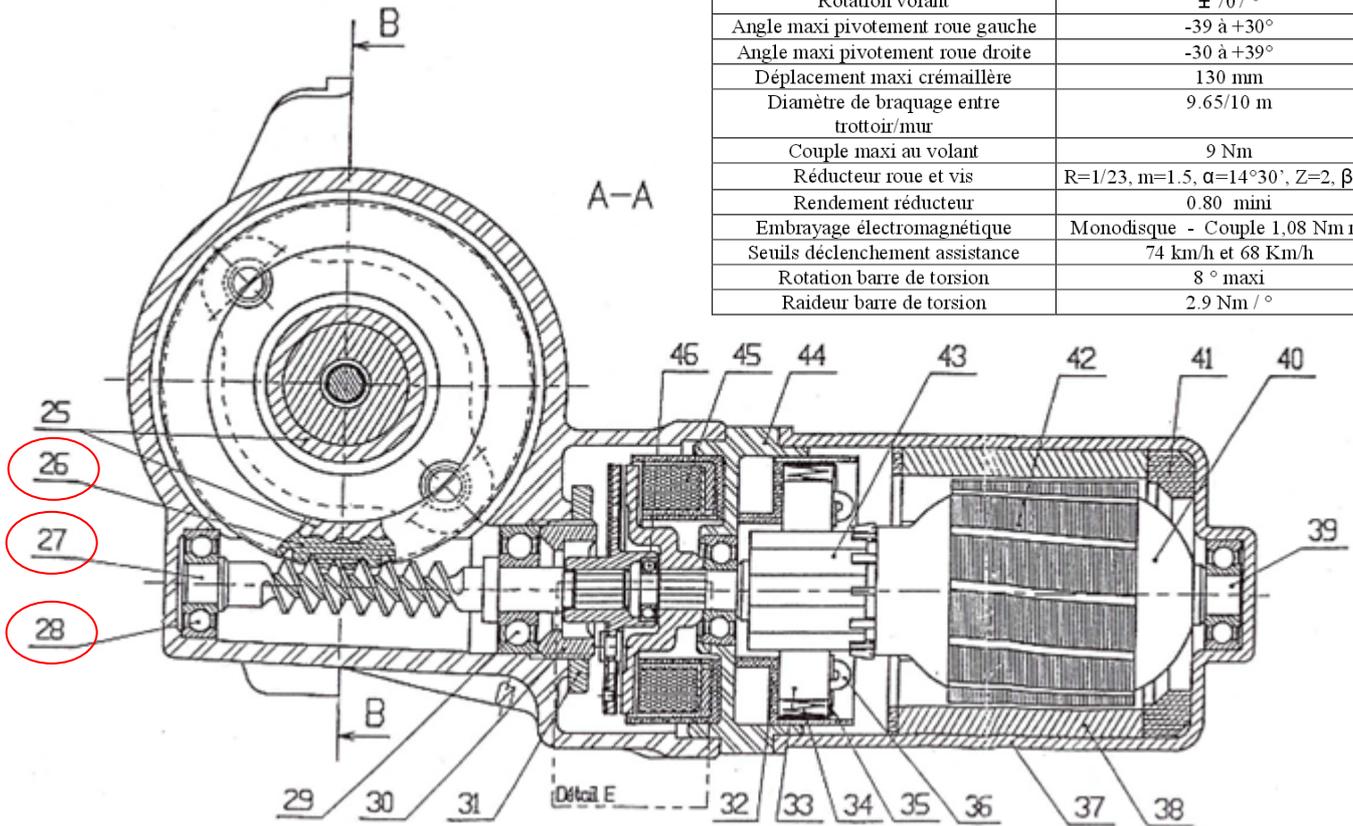
$$\boxed{N_{\text{anklepitch}} = 63,4 \text{ tr/min} = 1,06 \text{ tr/s}}$$

DESCRIPTION OF THE MOTORS

	Motor type 1	Motor type 2	Motor type 3
Model	22NT82213P	17N88208E	16GT83210E
No load speed	8300rpm ±10%	8400rpm ±12%	10700rpm ±10%
Stall torque	68mNm ±8%	9.4mNm ±8%	14.3mNm ±8%
Continuous torque	16.1mNm max	4.9mNm max	6.2mNm max

2. Motoréducteur assistance DAE

Caractéristiques mécaniques	
Rotation volant	± 707 °
Angle maxi pivotement roue gauche	-39 à +30°
Angle maxi pivotement roue droite	-30 à +39°
Déplacement maxi crémaillère	130 mm
Diamètre de braquage entre trottoir/mur	9.65/10 m
Couple maxi au volant	9 Nm
Réducteur roue et vis	R=1/23, m=1.5, α=14°30', Z=2, β=20°
Rendement réducteur	0.80 mini
Embrayage électromagnétique	Monodisque - Couple 1,08 Nm mini
Seuils déclenchement assistance	74 km/h et 68 Km/h
Rotation barre de torsion	8 ° maxi
Raideur barre de torsion	2.9 Nm / °



Q1. Compléter le nom des composants dont le repère est entouré sur la vue en coupe du motoréducteur installé pour l'assistance électrique de la DAE.

- 26 : roue 27 : vis sans fin 28 : roulement à billes

Q2. En fonction des caractéristiques données, déterminer le nombre de dents de la roue.

$R = 1/23 = Z_{vis} / Z_{roue} \Leftrightarrow Z_{roue} = Z_{vis} / R$

A.N. : $Z_{roue} = 2 \times 23 \Leftrightarrow Z_{roue} = 46 \text{ dents}$

Q3. Déterminer le diamètre primitif du pignon engrénant sur la crémaillère pour satisfaire les valeurs du cahier des charges. Le pignon est directement relié sur la colonne de direction, et donc au volant.

Rotation volant : $\theta_{volant} = \pm 707^\circ$ et le déplacement maxi

de la crémaillère : $C_{crémaillère} = 130 \text{ mm}$

$C_{crémaillère} = R_{pignon} \times \theta_{volant} \Leftrightarrow R_{pignon} = C_{crémaillère} / \theta_{volant}$

A.N. : $R_{pignon} = 130 / (1414 \times 2\pi / 360)$

$R_{pignon} = 5,27 \text{ mm}$ donc $D_{pignon} = 10,54 \text{ mm}$

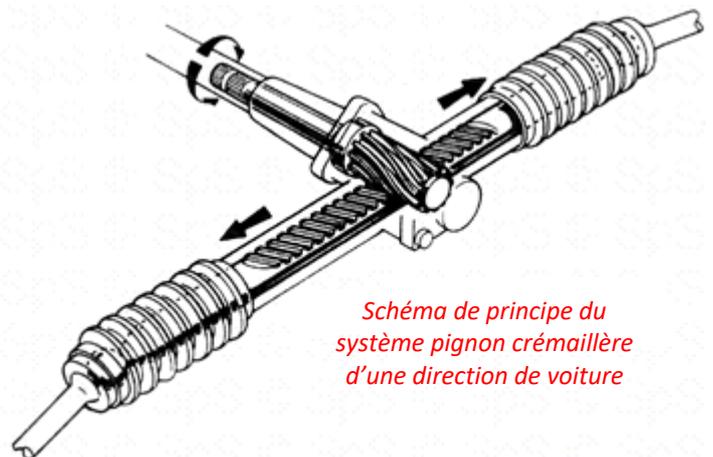
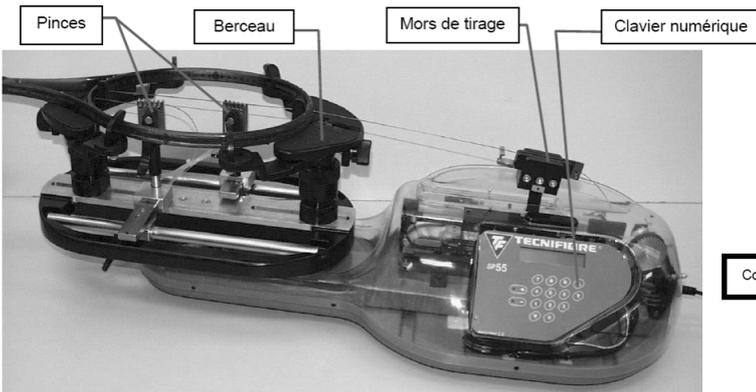
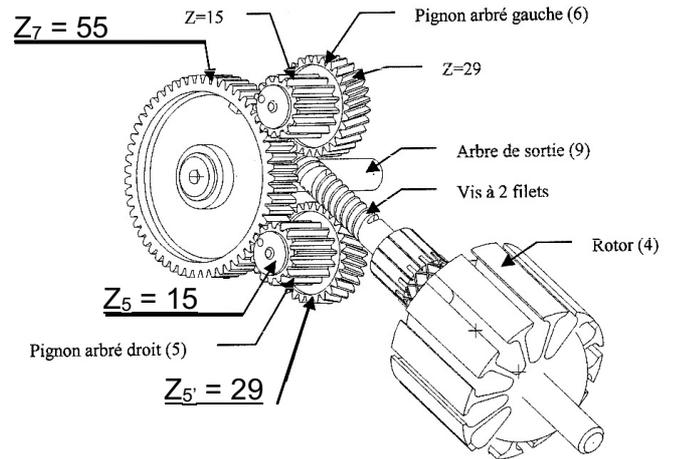
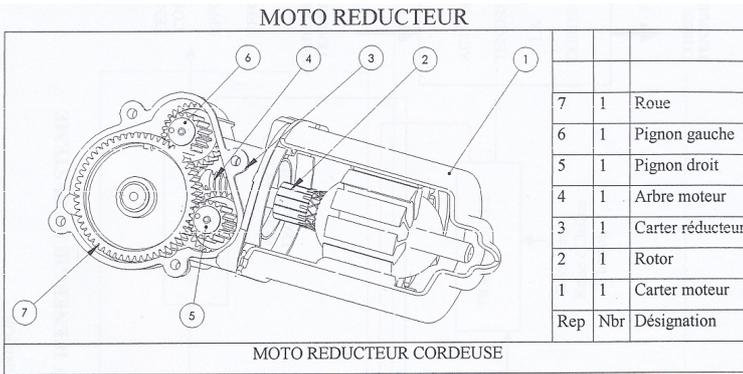
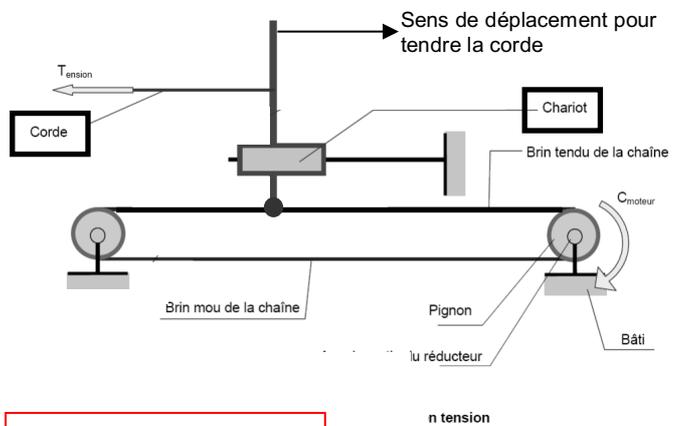


Schéma de principe du système pignon crémaillère d'une direction de voiture

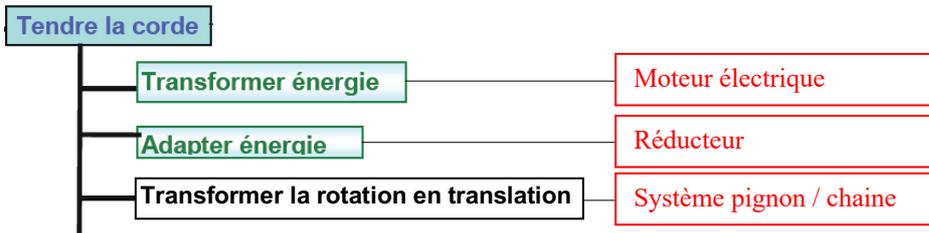
3. cordeuse de raquette



DETAILS DE L'ENSEMBLE MOTOREDUCTEUR



Q1. Indiquer le nom des éléments assurant les trois fonctions ci-dessous.



Q2. Déterminer le rapport de transmission (réduction) du réducteur. ATTENTION : Ne pas tenir compte du pignon arbré 6.

$$R_{\text{réd.}} = \frac{Z_{\text{vis}} \times Z_5}{Z_{5'} \times Z_7} \text{ A.N.: } R_{\text{réd.}} = \frac{2 \times 15}{29 \times 55} \Leftrightarrow \boxed{R_{\text{réd.}} = 0,01881}$$

Q3. La vitesse de rotation du moteur étant de 1000 tr/min, déterminer la vitesse de rotation du pignon qui entraîne la chaîne.

$$R_{\text{réd.}} = \frac{N_{\text{réducteur}}}{N_{\text{moteur}}} = \frac{N_{\text{pignon}}}{N_{\text{moteur}}} \text{ A.N.: } N_{\text{pignon}} = 0,01881 \times 1000 \Leftrightarrow \boxed{N_{\text{pignon}} = 18,81 \text{ tr/min}}$$

Q4. Le rayon du pignon qui entraîne la chaîne est de 10 mm. Déterminer la vitesse de translation du chariot, solidaire de la chaîne.

$$V_{\text{chariot}} = R_{\text{pignon}} \times \omega_{\text{pignon}} \text{ A.N.: } V_{\text{chariot}} = 10 \times 18,81 \times (2\pi/60) \Leftrightarrow \boxed{V_{\text{chariot}} = 19,7 \text{ mm/s}}$$

Q5. Déterminer l'entraxe entre le pignon 5 et la roue 7 si « m », le module des dents, est égal à 2.

$$a_{57} = \frac{m \cdot Z_5 + m \cdot Z_7}{2} \text{ A.N.: } a_{57} = 2 (15 + 55) / 2 \Leftrightarrow \boxed{a_{57} = 70 \text{ mm}}$$

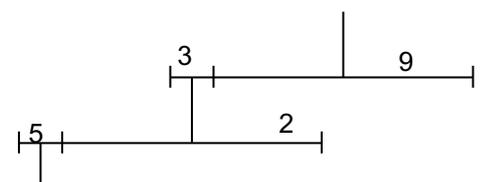
Q6. On décide de remplacer l'engrènement entre le pignon 5 et la roue 7 par deux engrenages dont le rapport de réduction reste inchangé, R = 15/55.

Données : $Z_5 = Z_3 = 15$ et $Z_2 = Z_9$

Déterminer la valeur de Z_2 et Z_9 , en sachant que le rapport de réduction peut être légèrement différent de 15/55.

$$R = \frac{Z_5 \times Z_3}{Z_2 \times Z_9} = \frac{Z_5^2}{Z_2^2} \Leftrightarrow Z_2 = \sqrt{\frac{Z_5^2}{R}} \text{ A.N.: } Z_2 = \sqrt{\frac{15^2 \times 55}{15}} \Leftrightarrow Z_2 = 28,7 \text{ donc}$$

$Z_2 = Z_9 = 29 \text{ dents}$. Nouveau rapport de transmission $R' = 0,2675$ au lieu de $15/55 = 0,2727$



4. Transmission de puissance d'un hélicoptère

Mise en situation :

L'étude porte sur une boîte de transmission de l'entraînement du rotor principal d'un hélicoptère.

L'énergie mécanique nécessaire à l'ascension et à l'avancement de l'appareil est obtenue à partir d'un groupe turbo-propulseur à hautes performances (turbine avec un faible couple et une grande vitesse de rotation).

Par l'intermédiaire d'une boîte de transmission, cette énergie atteint le rotor principal et les pales.



Travail demandé :

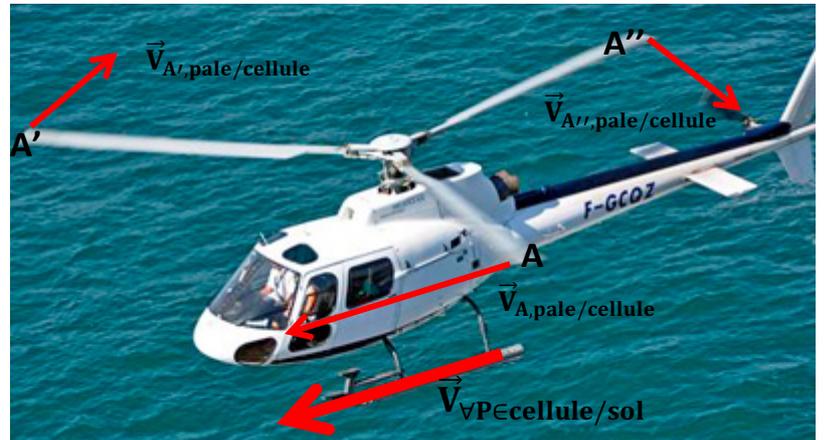
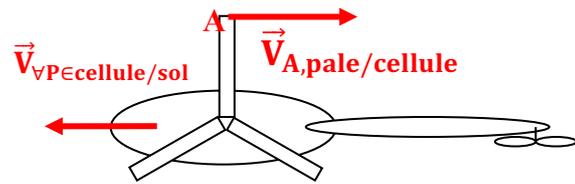
Q1. Colorier (avec des couleurs différentes) sur les figures \curvearrowright et \curvearrowleft :

Le porte satellites, les satellites, la couronne, le planétaire central, l'engrenage conique d'axe vertical et l'engrenage conique d'axe horizontal. **Voir les 2 dernières pages du document.**

La vitesse maximale de l'hélicoptère en vol horizontal (sans vent) par rapport au sol est égale à $\|\vec{v}_{\text{maxi,VP}\in\text{cellule}/\text{sol}}\| = 263 \text{ km/h}$.

Q2. Déterminer la vitesse de rotation du rotor principal par rapport à la cellule de l'hélicoptère lorsque celui-ci vole à sa vitesse maxi ; et de telle façon qu'il ne soit pas possible, en aucun cas, d'atteindre la vitesse du son en extrémité de pale. Tout en conservant une sécurité de 15 % par rapport à ce risque (à cause d'éventuelles vibrations). On adoptera une **vitesse du son dans l'air = 330,4 m/s**.

Cas limite : en extrémité de pale lorsque celle-ci est en sens opposé au déplacement de l'hélicoptère / sol.



Relation à vérifier :

$$\|\vec{v}_{\text{VP}\in\text{cellule}/\text{sol}}\| + \|\vec{v}_{\text{A,pale}/\text{cellule}}\| \leq 85\% \times v_{\text{son}}$$

$$\Leftrightarrow \|\vec{v}_{\text{A,pale}/\text{cellule}}\| \leq 85\% \times v_{\text{son}} - \|\vec{v}_{\text{VP}\in\text{cellule}/\text{sol}}\| \leq 0,85 \times 330,4 - (263/3,6)$$

$$\Leftrightarrow \|\vec{v}_{\text{A,pale}/\text{cellule}}\| \leq 207,8 \text{ m/s}$$

$$\text{On a } \|\vec{v}_{\text{A,pale}/\text{cellule}}\| = R_{\text{pale}} \times \Omega_{\text{pale}/\text{cellule}} \Leftrightarrow \Omega_{\text{pale}/\text{cellule}} = \frac{\|\vec{v}_{\text{A,pale}/\text{cellule}}\|}{R_{\text{pale}}} = \frac{207,8}{5,35} = 38,8 \text{ rad/s}$$

Les pales ne doivent pas tourner à une vitesse supérieure à 28,8 rad/s, soit 371 tr/min.

Q3. A partir de la disposition du train épicycloïdal présenté sur les figures 2 et 3, calculer la vitesse de rotation de l'arbre intermédiaire.

Formule de Willis : $\frac{\omega_{\text{P}/0} - \omega_{\text{PS}/0}}{\omega_{\text{C}/0} - \omega_{\text{PS}/0}} = -\frac{Z_{\text{C}}}{Z_{\text{P}}} \Leftrightarrow \frac{\Omega_{2/\text{cellule}} - \Omega_{4/\text{cellule}}}{\Omega_{0/\text{cellule}} - \Omega_{4/\text{cellule}}} = -\frac{Z_0}{Z_2}$. La couronne 0 est bloquée, fixée sur la cellule.

$$\Omega_{4/\text{cellule}} = \Omega_{\text{pale}/\text{cellule}}. \text{ Donc } \Omega_{2/\text{cellule}} = \Omega_{4/\text{cellule}} \cdot \left(1 + \frac{Z_0}{Z_2}\right) = 38,8 \times \left(1 + \frac{100}{30}\right) = 168,1 \text{ rad/s}$$

La vitesse de rotation de l'arbre intermédiaire est égale à : **$\Omega_{2/\text{cellule}} = 168,1 \text{ rad/s}$ et $N_{\text{arbre intermédiaire}} = 1605,6 \text{ tr/min}$**

Q4. A partir des caractéristiques des deux engrenages coniques, et sachant qu'à la sortie du groupe turbo-propulseur (axe de la turbine) se trouve un réducteur : $r = 1/6$ (réducteur non représenté sur les différentes figures), déterminer la fréquence de rotation de la turbine en tr/min.

$$\frac{N_{\text{arbre intermédiaire}}}{N_{\text{turbine}}} = r \times \frac{Z_1}{Z_2} \Leftrightarrow N_{\text{turbine}} = \frac{N_{\text{arbre intermédiaire}} \times Z_1}{r \times Z_2} = \frac{1605,6 \times 56}{\frac{1}{6} \times 15} = 35964 \text{ tr/min}$$

La fréquence de rotation de la turbine de l'hélicoptère est environ égale à 36000 tr/min.

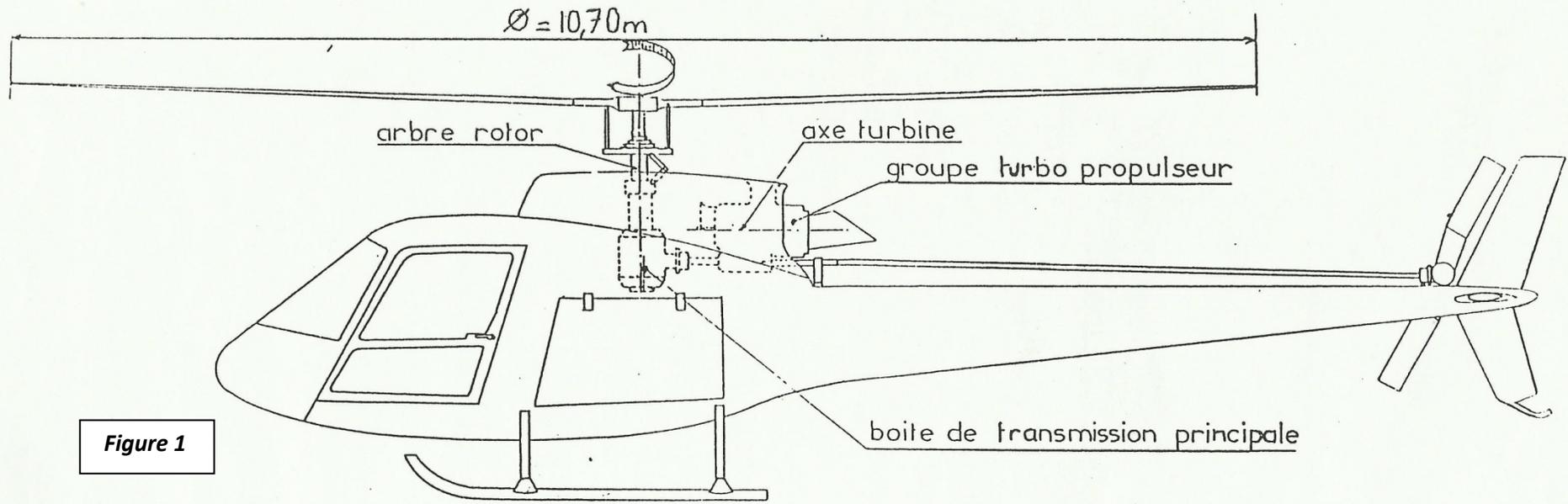


Figure 1

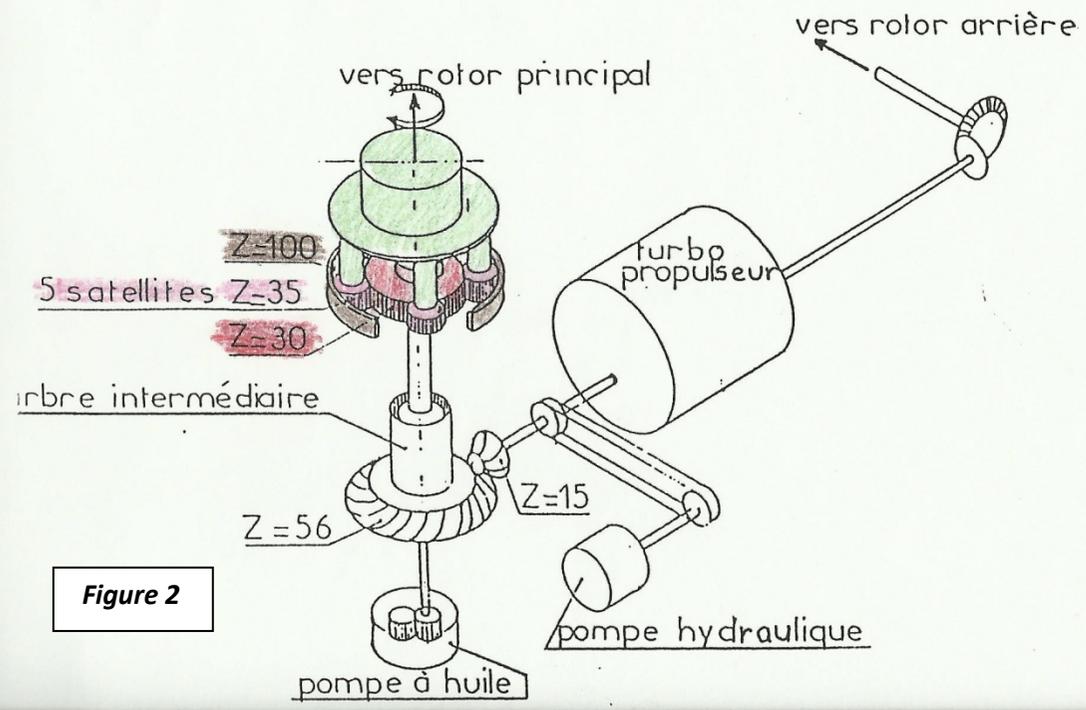


Figure 2

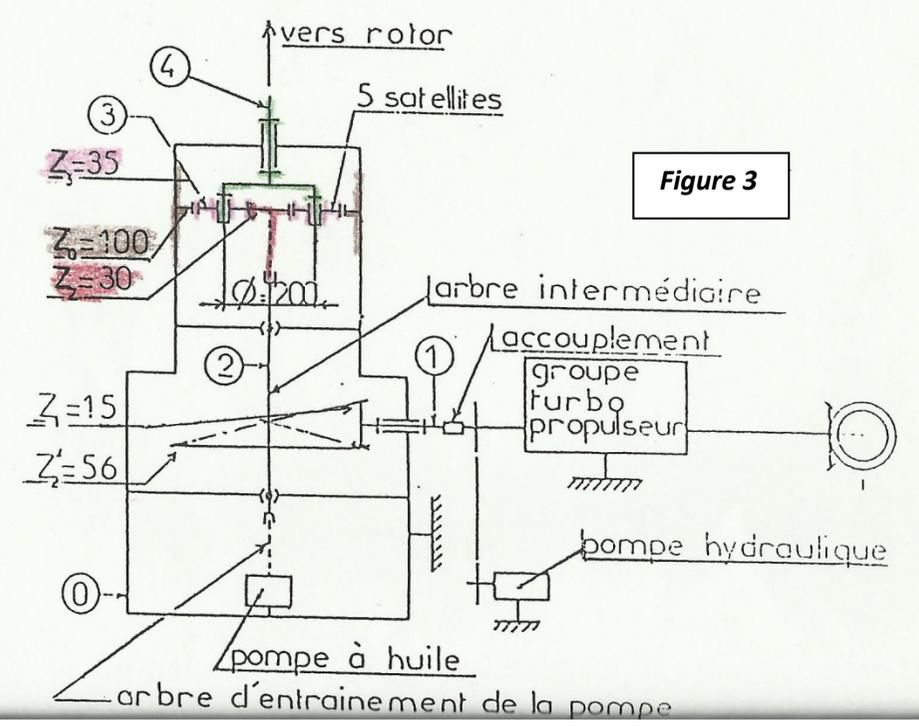


Figure 3

