

$$r = \frac{\text{Vitesse de sortie}}{\text{Vitesse d'entrée}} = \frac{N_s}{N_E} = \frac{\omega_s}{\omega_E} = (-1)^p \frac{\text{Produit des } Z \text{ menants}}{\text{Produit des } Z \text{ menés}}$$

Avec : N en tr/min,  $\omega$  en rd/s et p le nombre de contacts extérieurs

$r > 0 \Rightarrow$  E/S même sens,  $r < 0 \Rightarrow$  E/S sens inverses

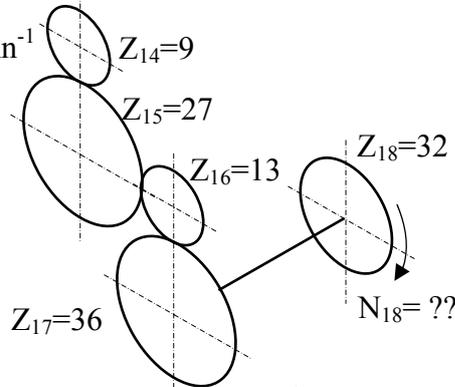
**Exemple 1**

- Calculer  $N_{25}$

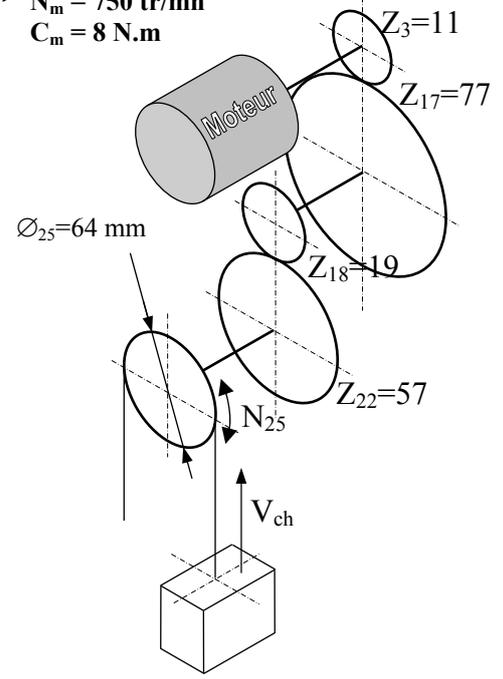
$N_{14} = 500 \text{ tr.mn}^{-1}$

**Exemple 2**

- Calculer  $N_{18}$



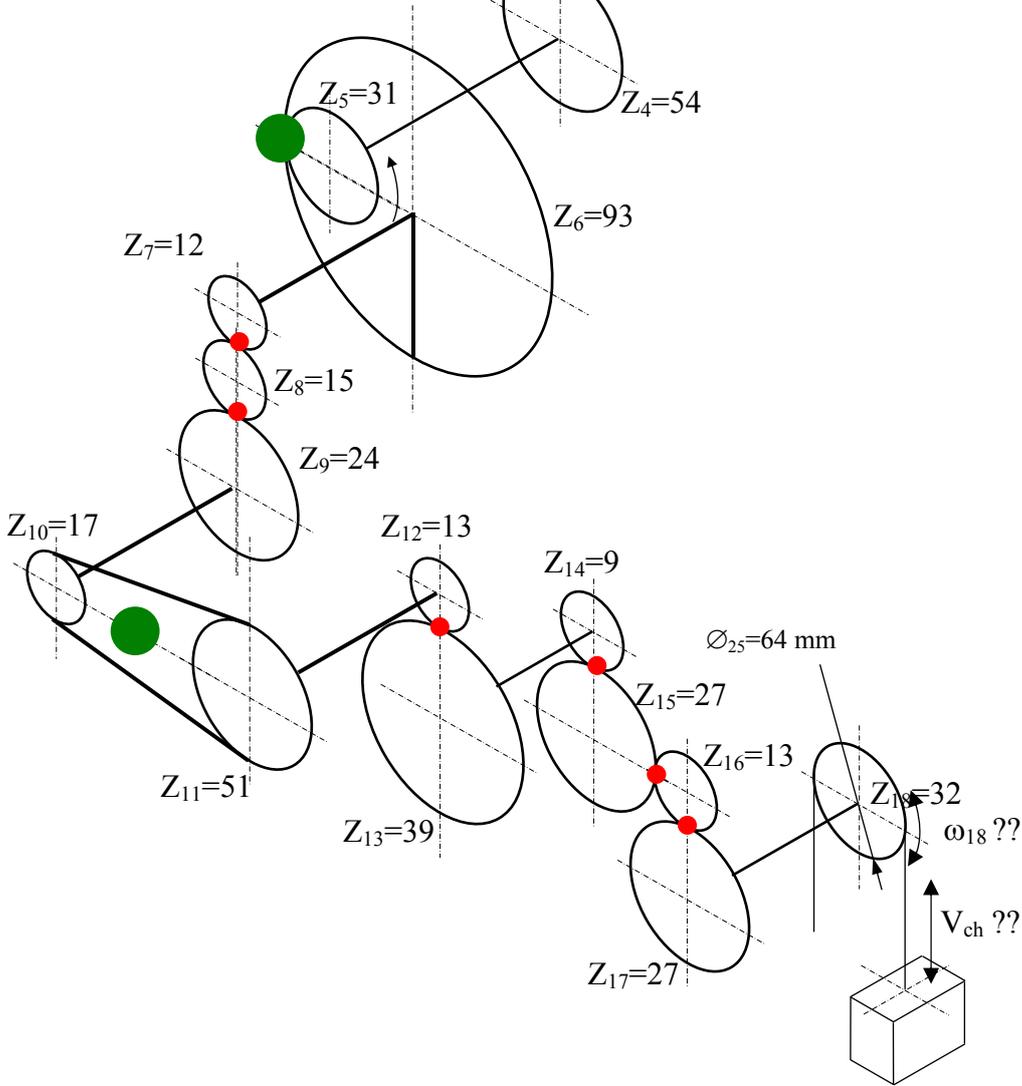
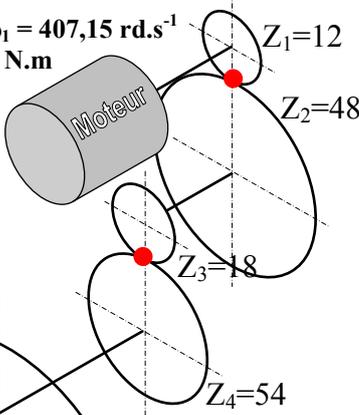
$N_m = 750 \text{ tr/mn}$   
 $C_m = 8 \text{ N.m}$



**Exemple 3**

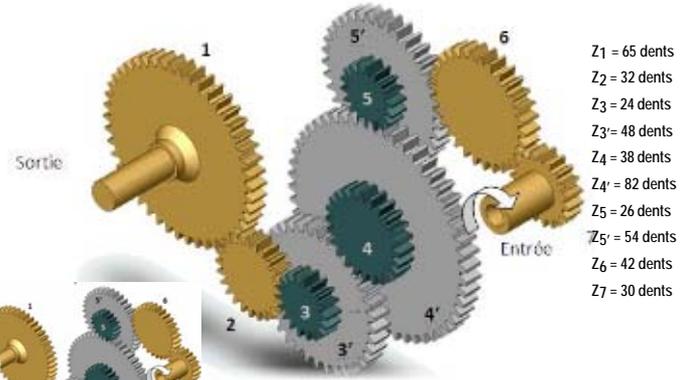
- Calculer  $N_{18}$

$\omega_m = \omega_1 = 407,15 \text{ rd.s}^{-1}$   
 $C_m = 4 \text{ N.m}$



**Exercice 1 : réducteur à train simple**

- ⇒ Indiquer le sens de rotation de chaque roue dentée sur la figure.
- ⇒ Déterminer le rapport de réduction.
  - ✓ Expression littérale puis application numérique.
  - ✓ Préciser le signe (-1)<sup>p</sup>.
- ⇒ Calculer  $\omega_1$  puis  $N_1$ .
  - On monte 3 réducteurs en série identiques au précédent.
- ⇒ Calculer  $\omega_1$  puis  $N_1$  à la sortie de chacun des trois réducteurs



- Z<sub>1</sub> = 65 dents
- Z<sub>2</sub> = 32 dents
- Z<sub>3</sub> = 24 dents
- Z<sub>4</sub> = 48 dents
- Z<sub>5</sub> = 38 dents
- Z<sub>6</sub> = 82 dents
- Z<sub>7</sub> = 26 dents
- Z<sub>5'</sub> = 54 dents
- Z<sub>7</sub> = 30 dents

Données:

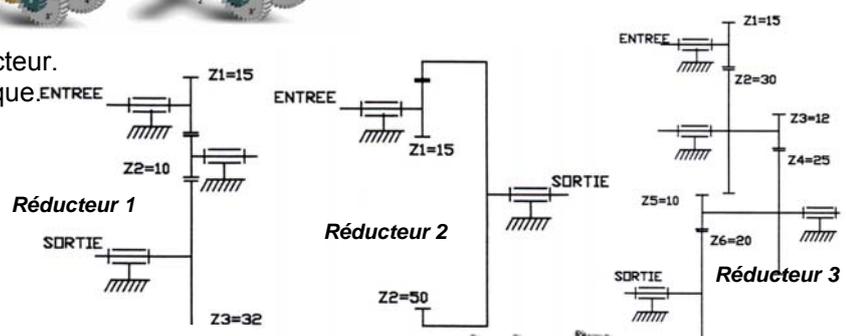
$\omega_7 = 157 \text{ rd.s}^{-1}$

**Exercice 2: trains simples**

- ⇒ Déterminer le rapport de réduction de chaque réducteur.
  - ✓ Expression littérale puis application numérique.
  - ✓ Préciser le signe (-1)<sup>p</sup>.
- ⇒ Calculer N<sub>S</sub> puis  $\omega_S$  pour chaque réducteur.

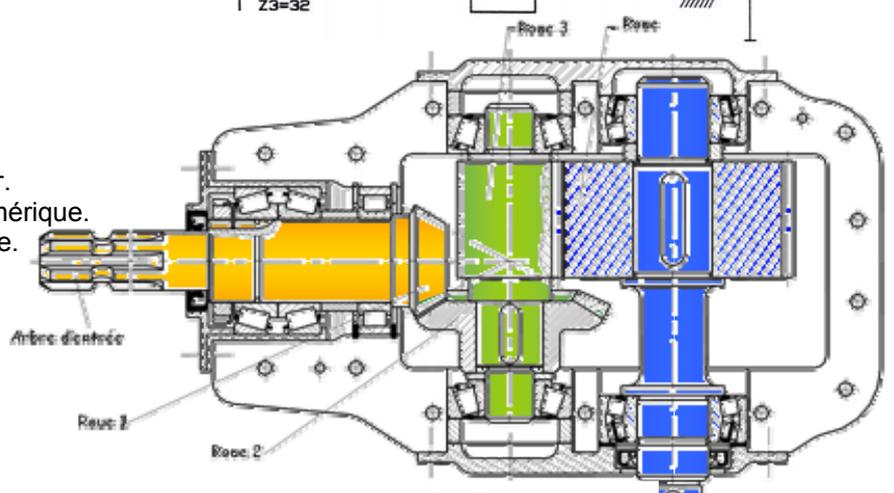
Données:

$N_E = 3000 \text{ tr.mn}^{-1}$



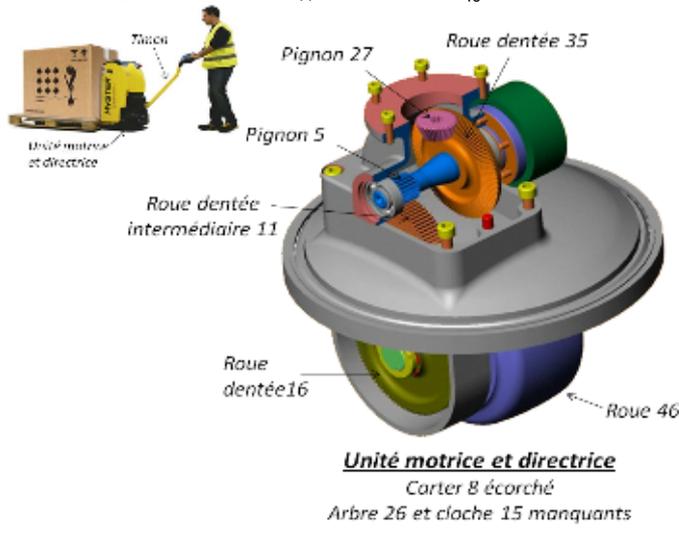
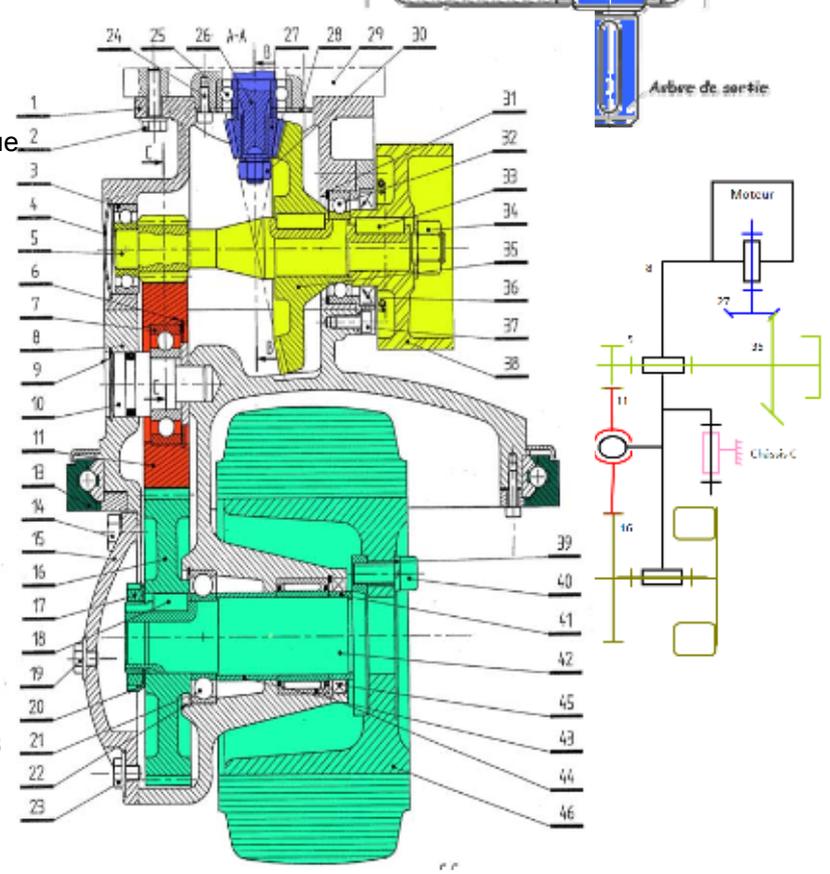
**Exercice 3: Réducteur**

- ⇒ Colorier les S.E.C.
- ⇒ Tracer le schéma cinématique.
- ⇒ Déterminer le rapport de réduction du réducteur.
  - ✓ Expression littérale puis application numérique.
  - ✓ pas de signe (-1)<sup>p</sup> pour le renvoi conique.
- ⇒ Calculer N<sub>4</sub> puis N<sub>2</sub>= N<sub>3</sub> si N<sub>1</sub> = 800 tr.mn<sup>-1</sup>.
  - Z<sub>1</sub> = 18 dents    Z<sub>3</sub> = 16 dents
  - Z<sub>2</sub> = 36 dents    Z<sub>4</sub> = 38 dents



**Exercice 4: Roue motrice de chariot**

- ⇒ Colorier les S.E.C. à partir du schéma cinématique.
- ⇒ Déterminer le rapport de réduction du réducteur.
  - ✓ Expression littérale puis application numérique.
  - ✓ pas de signe (-1)<sup>p</sup> pour le renvoi conique.
- ⇒ Calculer N<sub>46</sub> puis  $\omega_{46}$  puis V<sub>ch</sub> si N<sub>26</sub> = 800 tr.mn<sup>-1</sup>.
  - ✓ Schéma bloc obligatoire
  - Z<sub>27</sub> = 16 dents    Z<sub>5</sub> = 14 dents    Z<sub>16</sub> = 75 dents
  - Z<sub>35</sub> = 84 dents    Z<sub>11</sub> = 56 dents    R<sub>46</sub> = 90 mm

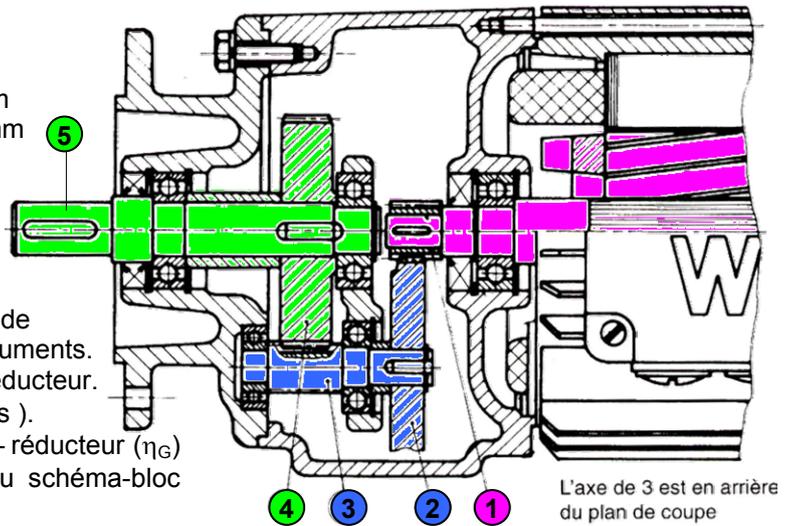


**Etude d'un Moto-réducteur à engrenages cylindriques**

Soit le moto-réducteur représenté ci-contre ;

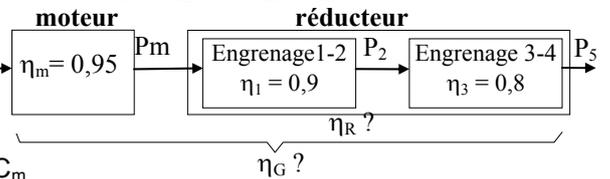
**Données :**

- ✓ roue 1 :  $Z_1=7, d_1=14 \text{ mm}$     ✓ roue 3 :  $Z_3=6, d_3=12 \text{ mm}$
- ✓ roue 2 :  $Z_2=28, d_2=56 \text{ mm}$     ✓ roue 4 :  $Z_4=30, d_4=60 \text{ mm}$
- ✓ rendement moteur :  $\eta_m = 0,95$
- ✓ rendement engrenage 1-2 :  $\eta_1 = 0,9$
- ✓ rendement engrenage 3-4 :  $\eta_3 = 0,8$
- ✓ **fréquence** moteur :  $N_m = 1500 \text{ tr/mn}$



- QUESTION 1 : Préciser le numéro de l'arbre de sortie et de celui d'entrée. Justifiez votre réponse par au moins 2 arguments.  
 QUESTION 2 : Calculer le rapport de réduction ( $r$ ) du réducteur.  
 QUESTION 3 : En déduire la vitesse de sortie  $\omega_5$  ( en rd/s ).  
 QUESTION 4 : Déterminer le rendement global du moto- réducteur ( $\eta_G$ ) ainsi que le rendement du réducteur seul ( $\eta_R$ ) à partir du schéma-bloc ci-dessous.

On souhaite obtenir un couple de sortie  $C_5$  de  $1,8 \text{ daN.m}$ .  
 Quelque soient les résultats précédents, on prendra :  
 $r = 1/20, \eta_G = 0.68, \eta_R = 0.72$



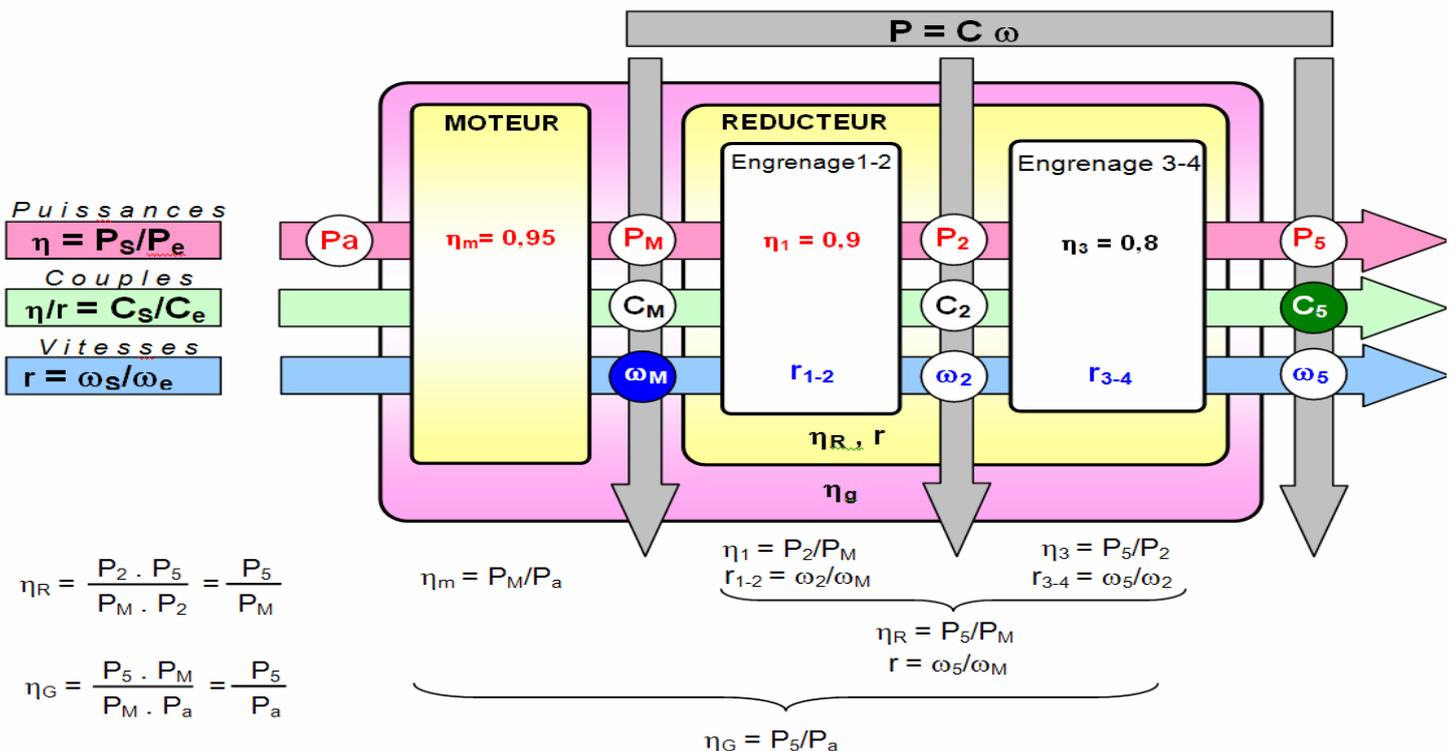
- QUESTION 5 : Calculer la puissance de sortie  $P_5$  et le couple moteur  $C_m$ .  
 QUESTION 6 : En déduire la puissance d'alimentation électrique ( $P_a$ ) du moteur.

**Approche méthodologique :**

On calcule les paramètres  $P_i, C_i, \omega_i$  à partir des relations encadrées ci-dessous ( 3 horizontales et une verticale). Certains paramètres étant donnés, le but du jeu (méthodologique) consiste à utiliser le moins de relations possibles pour déterminer les paramètres recherchés.

Exemple: Les paramètres  $\omega_M$  et  $C_5$  sont donnés (ainsi que les  $\eta_i$  et les  $r_i$ ).

⇒ Déterminer tous les paramètres inconnus:  $P_M, C_M, P_2, C_2, \omega_2, P_5$  et  $\omega_5$ .



## 0 – DONNEES

### Courroie Crantée profil PGGT

- ⇒ GT 5MR 750-15 Gates Power Grip
- ⇒ Durée de vie 2000 h
- ⇒ Tension nominale 236 N
- ⇒ Rendement 91%
- ⇒ entraxe 251.4 ± 0.075

Poulie motrice  $D_p = 54.11$  ;  $Z = 34$   
 Poulie réceptrice  $D_p = 101.86$  ;  $Z = 64$   
 Poulie motrice  $D_p = 42.97$  ;  $Z = 27$   
 Poulie réceptrice  $D_p = 111.41$  ;  $Z = 70$



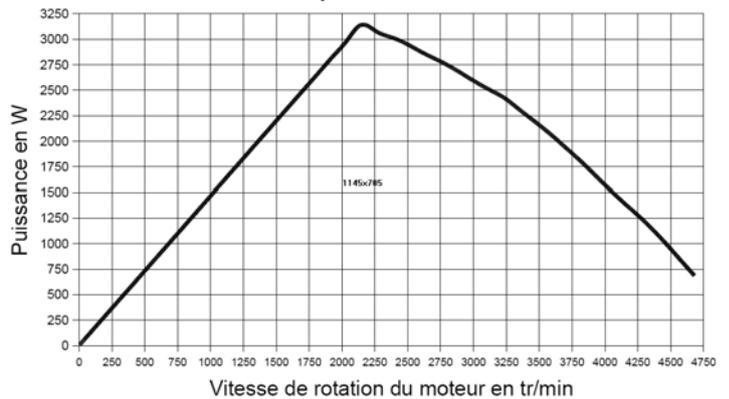
<b>Energie</b>	3 batteries Cadmium-Nickel 6V 100 Ah montées en série Masse 12.8 kg
<b>Charge</b>	Embarqué 1400 W, 230V monophasé + terre, 7A Temps de charge 5 heures ( 2h de charge principale, 3h de surcharge à courant réduit)
<b>Électronique de commande</b>	Centralisée avec microcontrôleur 2 hacheurs MOSFET
<b>Moteur</b>	DC à excitation séparée Puissance maximale 3 KW pendant 5 minutes maximum Puissance nominale 1.3 KW à 3900 tr/min Rendement du moteur 80% <i>Courbes caractéristiques voir annexe 1</i>

### Engrenage Cylindrique à denture hélicoïdale

- ⇒ Module normal 1.5 mm
- ⇒  $\beta = 17^\circ$
- ⇒  $\alpha = 20^\circ$
- ⇒ Entraxe = 47 ± 0.03
- ⇒ Rendement de l'engrenage 0.97

	Pignon	Roue
Nombre de dents Z	13	47
Diamètres primitifs	20.366	73.63
Dépports (mm)	+0.4156	-0.4528

### Puissance mécanique à la sortie du moteur



## 1 – PARAMETRAGE

- 1.1) A partir du dessin d'ensemble et des données ci-dessus, tracer le schéma cinématique paramétré ainsi que le schéma bloc paramétré de la transmission

## 2 – VERIFICATION DE LA VITESSE NOMINALE DU MOTEUR

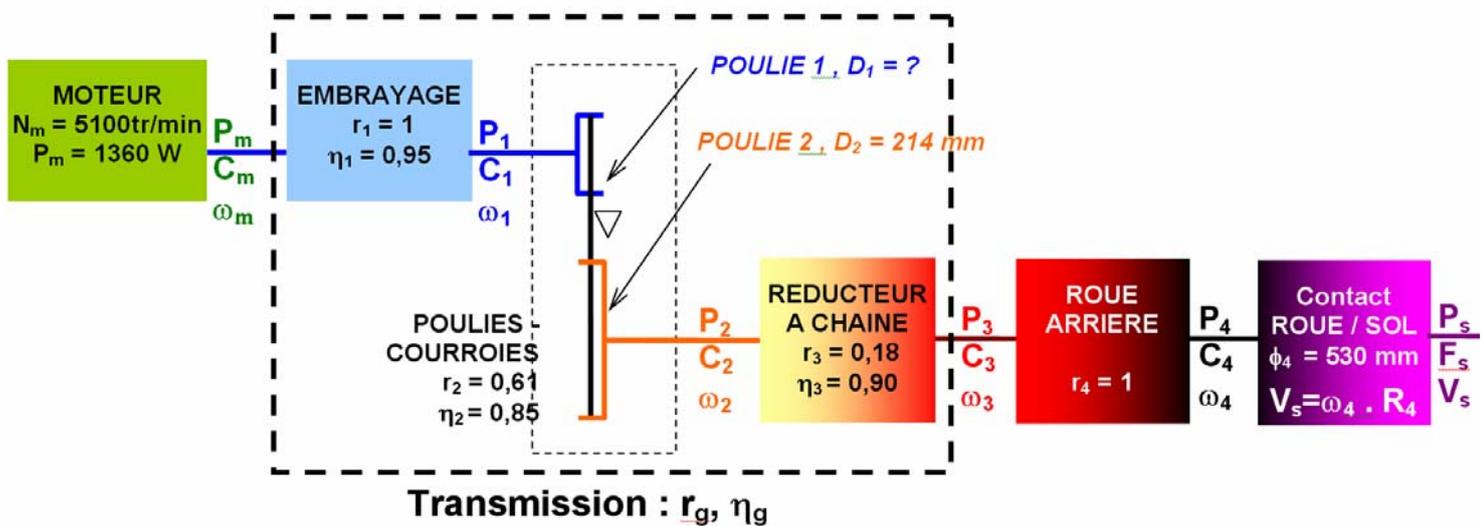
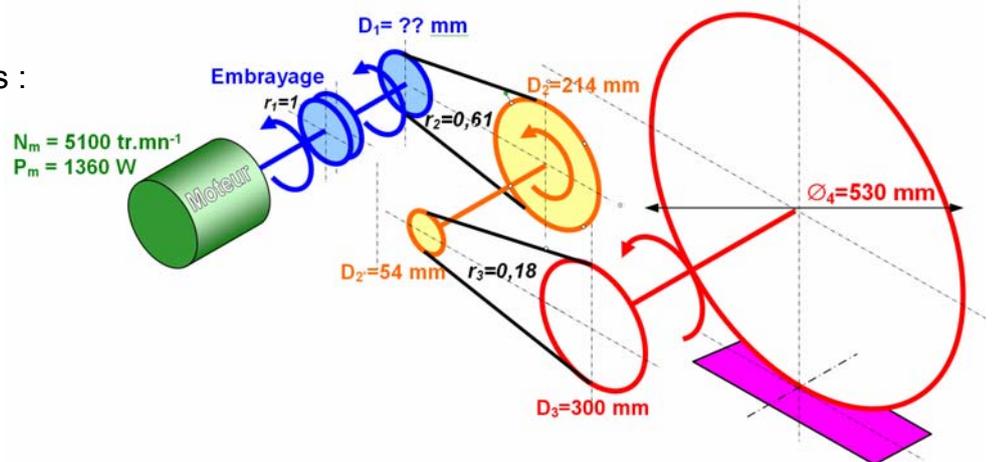
La réglementation en France impose une vitesse maximale du scooter limitée à 45 km/h, on se propose de vérifier la vitesse de rotation du moteur pour atteindre cette vitesse :

- 2.1) Rechercher dans la documentation technique le diamètre de la roue arrière, calculer sa vitesse de rotation  $N_{roue}$  en tr/mn lorsque le scooter roule à 45 km/h.
- 2.2) Calculer le rapport de réduction de la transmission (*engrenages et système poulies- courroie*) :  $r = N_{roue} / N_{moteur}$   
En déduire la vitesse du moteur en tr/mn. :  $N_{moteur}$
- 2.3) Rechercher dans la documentation technique la vitesse nominale du moteur et comparer avec votre résultat.  
Conclusion ?
- 2.4) D'après la courbe donnant la puissance mécanique du moteur fournie dans le dossier technique, lorsque le scooter roule à sa vitesse maximale de 45 km/h, le moteur est-il à sa puissance maximale ?  
Donner alors la puissance du moteur lorsque le scooter roule à 45 Km/h :  $P_m$

## 3 – PUISSANCE ET COUPLE DISPONIBLES A LA ROUE

- 3.1) Donner la puissance maximale du moteur :  $P_{maxi}$  ainsi que sa vitesse de rotation correspondante :  $N_m$
- 3.2) Calculer la vitesse du scooter en km/h lorsque le moteur est à sa puissance maximale
- 3.3) Calculer le couple moteur correspondant :  $C_m$
- 3.4) Déterminer le rendement global  $\eta$  de la transmission (engrenage + système poulies-courroie).  
En déduire la puissance en sortie sur la roue arrière :  $P_s$
- 3.5) Calculer le couple en sortie sur la roue arrière du scooter :  $C_s$

La chaîne cinématique d'une transmission de vélomoteur est constituée des éléments suivants :



HYPOTHESES :

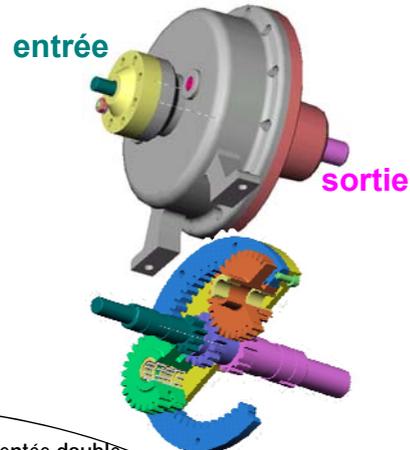
- La vitesse de rotation du moteur est constante.
- Les pertes de puissance par les autres éléments de la transmission (liaisons pivot ,... ) sont négligées.

- 1 - Quelle est, en tr/min, la fréquence de rotation de la poulie 1.
- 2 - Quel diamètre de la poulie 1 assurera le rapport de transmission souhaité?
- 3 - Quelle est, en tr/min, la fréquence de rotation de la poulie 2 et de la roue arrière 4.

Pour la suite du problème, nous prendrons  $\omega_4 = 60$  rad/s.

- 4 - Calcul du rendement, puissance et couple.
  - Donner  $\eta_{gl}$ , rendement global de la transmission.
  - Donner la puissance de sortie ( roue arrière 4 ).
  - Donner le couple d'entrée et de sortie.
- 5 – Calculer le couple  $C_2$  disponible en sortie du réducteur poulie-courroie.
- 6 – Calculer le couple  $C_3$  disponible en sortie du réducteur à chaîne.
- 7 - Quelle est, en m/s et en Km/h, la vitesse de déplacement du vélomoteur ?

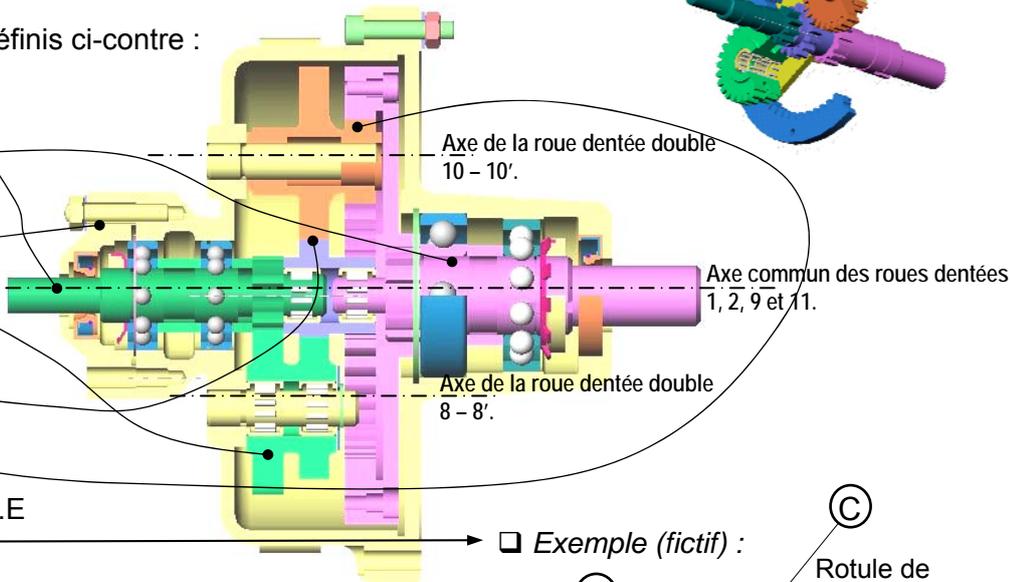
- Données :**
- L'arbre d'entrée 1 est un pignon arbré (la denture est taillée directement sur l'arbre)
  - L'arbre de sortie 2 est cannelé pour permettre la liaison avec le porte couronne 12.
  - La couronne 11 est à denture droite intérieure
  - Vitesse d'entrée : **N1 = 2000 tr/min.**
  - La puissance fournie à l'arbre d'entrée : **P1 = 3 kW.**
  - Rendement des engrenages
    - $\Rightarrow \eta_{1-8} = \eta_{8-9} = \eta_{9-10} = 95\%$ .
    - $\Rightarrow \eta_{10-11} = 92\%$ .
  - nombres de dents : voir nomenclature
  - modules :  $m_{1-8} = m_{8-9} = m_{9-10} = m_{10-11} = 2 \text{ mm}$



**Travail demandé (Répondre sur une feuille de copie) :**

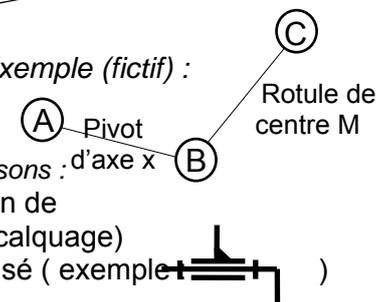
Les E.C.E. du système sont définis ci-contre :

- 1 = {1,....}
- 2 = {2,....}
- 3 = {3,....}
- 8 = {8,....}
- 9 = {9,....}
- 10 = {10,....}



1. Définir les liaisons entre les E.C.E (graphe des liaisons) .

2. Construire le schéma cinématique

- Méthode : A partir du dessin d'ensemble et en vous aidant du graphe des liaisons : d'axe x
  - $\Rightarrow$  Tracer sur votre feuille, les axes principaux du système afin de reproduire sa géométrie (l'idéal étant de procéder par décalquage)
  - $\Rightarrow$  Remplacer les liaisons du dessin par leur symbole normalisé ( exemple  )

3. Calculer le rapport r de réduction de l'ensemble.

4. Tracer le schéma-bloc de l'ensemble en considérant un engrenage par bloc.

Puis, mettre en place tous les paramètres de calcul (  $P_i, C_i, \omega_i, r_i, \eta_i$  )

5. Calculer la vitesse de sortie N2. Le sens de rotation est-il inversé? Justifier.

6. Calculer la puissance disponible en sortie P2 et le couple de sortie C2.

Pourquoi le diamètre de l'arbre 2 est-il supérieur au diamètre de l'arbre 1?

7. Donner la désignation normalisée des pièces 19 et 22.

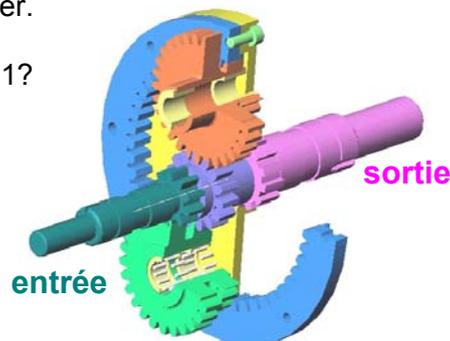
8. Pourquoi utiliser 19 au lieu d'une vis?

9. Quel est le nom des pièces 24 et 25? Quel est leur rôle?

10. Quelle est la fonction assurée par les roulements 13 et 14 ?

11. Par quels composants (nom et repère) est réalisée cette fonction :

- $\Rightarrow$  pour l'arbre 2 ?
- $\Rightarrow$  pour le pignon 10 ?
- $\Rightarrow$  pour le pignon 8 ?



12. Calculer les entraxes:  $a_{1-8}, a_{8-9}, a_{9-10}$  et  $a_{10-11}$ .

Quelle relation doit être vérifiée pour que les axes de 1, 2 et 9 soient confondus?

13. Calculer les vitesses relatives  $\omega_{9/1}$   $\omega_{9/2}$ . Conclusion quant au choix des 2 roulements à aiguilles.

14. Quelle est la liaison entre 12 et 2 ? Comment est elle réalisée ?

15. Aux vues des questions 10 et 11, tracer le schéma architectural du réducteur.

**Données :**

$N_1 = 2000 \text{ tr/min.}$   
 $P_1 = 3 \text{ kW.}$

□ **Rendement des engrenages**

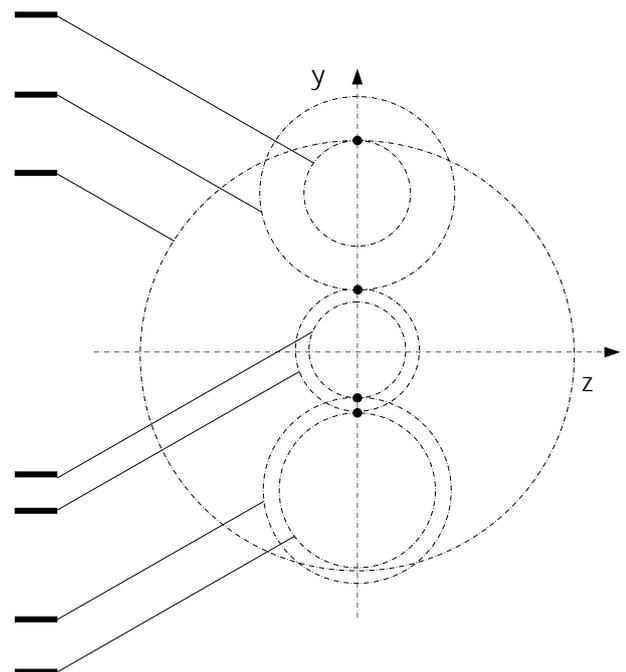
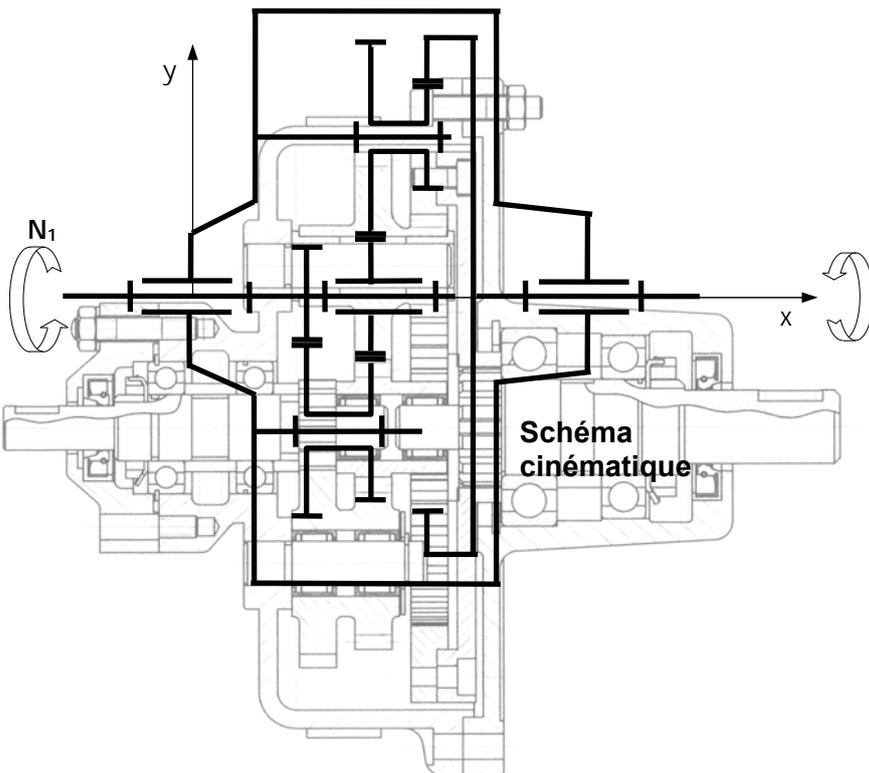
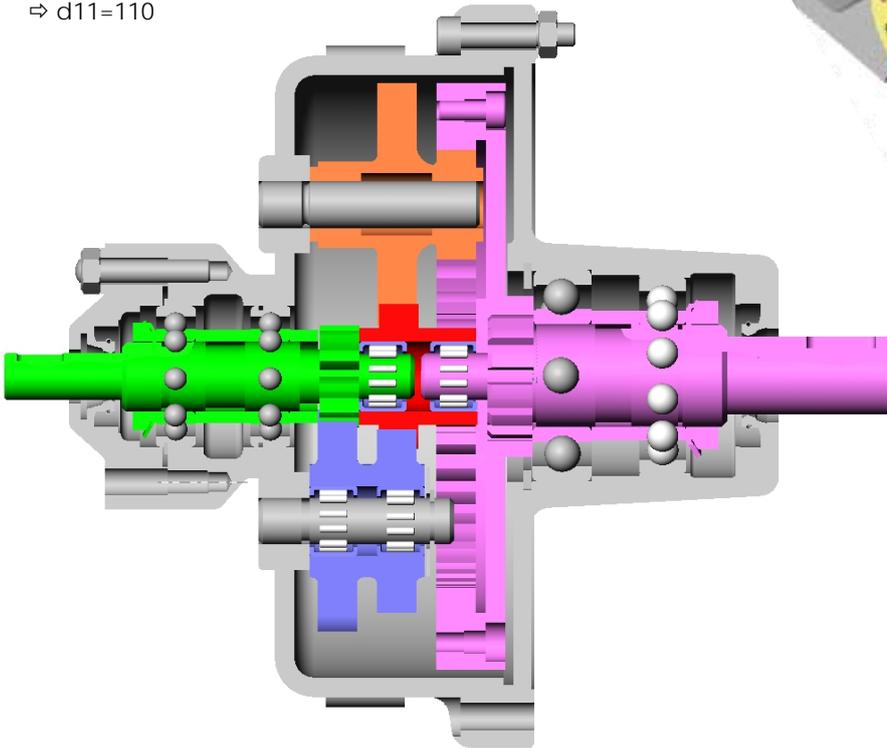
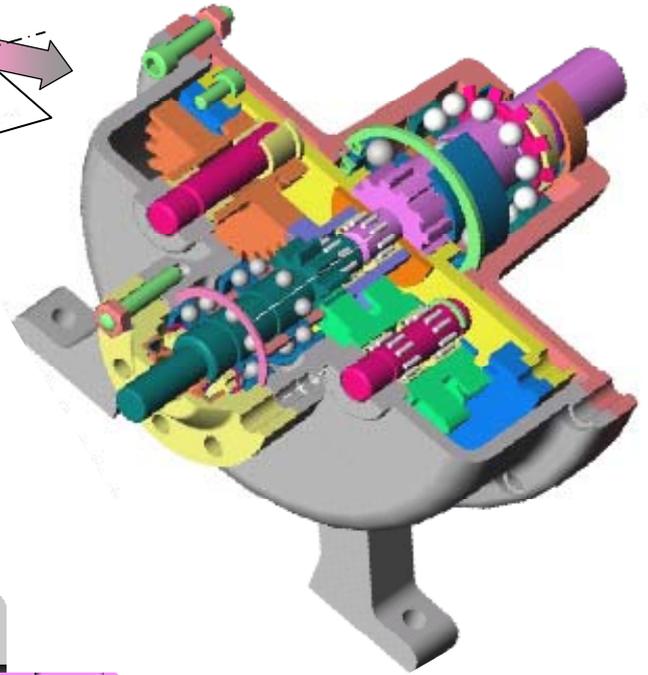
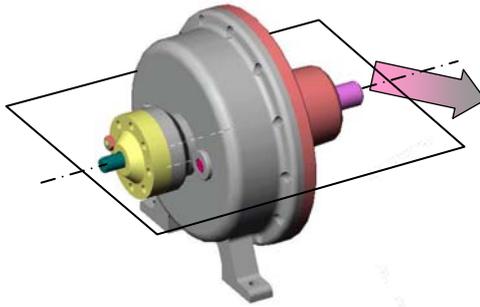
$\eta_{1-8} = \eta_{8-9} = \eta_{9-10} = 95\%.$   
 $\eta_{10-11} = 92\%.$

□ **nombre de dents**

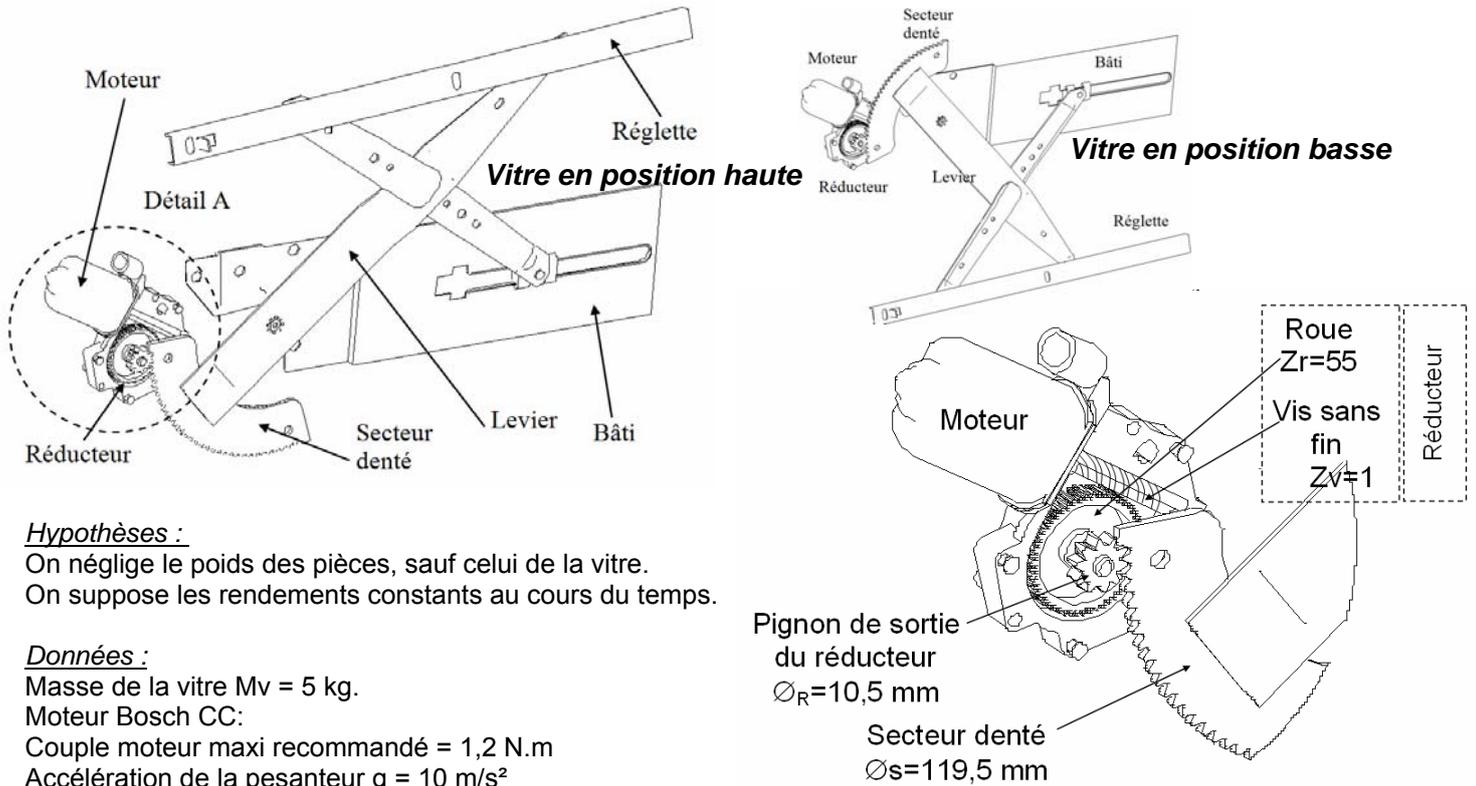
$\Rightarrow Z_1=10 \quad \Rightarrow Z_8=26 \quad Z_{8'}=21$   
 $\Rightarrow Z_9=15 \quad \Rightarrow Z_{10}=28 \quad Z_{10'}=12$   
 $\Rightarrow Z_{11}=55$

□ **diamètres primitifs (en mm)**

$\Rightarrow d_1=20 \quad \Rightarrow d_8=52, d_{8'}=42,$   
 $\Rightarrow d_9=30, \quad \Rightarrow d_{10}=56, d_{10'}=24$   
 $\Rightarrow d_{11}=110$



Le système technique étudié est un mécanisme de lève vitre électrique avant équipant les voitures Renault Laguna .Ce mécanisme est logé dans la portière , il se compose d'un bâti , d'une réglette sur laquelle vient se clipser la vitre , d'un levier qui possède un secteur denté qui s'engrène avec le pignon de sortie du moto réducteur .



Hypothèses :

On néglige le poids des pièces, sauf celui de la vitre.  
On suppose les rendements constants au cours du temps.

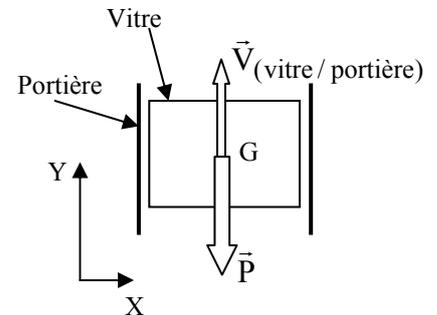
Données :

Masse de la vitre  $M_v = 5 \text{ kg}$ .  
Moteur Bosch CC:  
Couple moteur maxi recommandé =  $1,2 \text{ N.m}$   
Accélération de la pesanteur  $g = 10 \text{ m/s}^2$

TRAVAIL DEMANDE

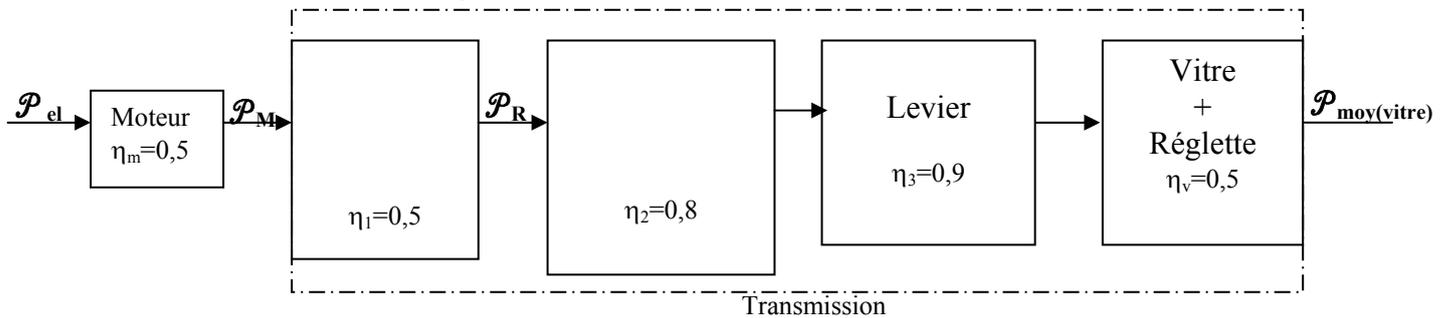
1- Calcul de la puissance moyenne nécessaire pour lever la vitre :

L'effort à vaincre pour soulever la vitre en vitesse moyenne est modélisé sur le schéma ci-contre :  
On néglige ici les frottements entre la vitre et la portière.  
Une mesure expérimentale nous a permis de trouver  $V(\text{vitre/portière})=0,114\text{m/s}$   
Dédire la puissance nécessaire pour lever la vitre :  $P_{\text{moy}}(\text{vitre})$



2- Analyse de la chaîne cinématique :

En observant les schémas page 1, compléter la chaîne cinématique de commande de la vitre ci-dessous :



3- D'après la chaîne cinématique précédente, déterminer le rendement global de la transmission  $\eta_T$

4- Calculer la puissance nominale du moteur nécessaire pour lever la vitre en fonctionnement normal (montée de la vitre), notée  $P_M$ :

La fréquence de rotation du levier par rapport au bâti est :  $N_{\text{levier/bâti}} = 3,6 \text{ tr/min}$

5- Calculer la fréquence de rotation du moteur nécessaire pour faire monter la vitre.

6- Calculer le couple nominal du moteur nécessaire pour lever la vitre en fonctionnement normal (montée de la vitre), noté  $C_M$ .

7- Conclure sur le choix du moteur.

## TD : TRANSMISSION DE MOTO VOXAN 1000

Dans le monde de la moto, le changement de siècle a été salué par l'arrivée sur le marché du produit tant attendu par tous les connaisseurs : la moto française VOXAN 1000 V2 Roadster, conçue, développée et assemblée dans l'usine d'Issoire (63).



Figure 2: Vue de gauche

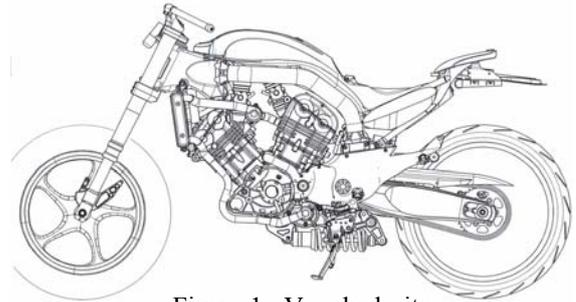


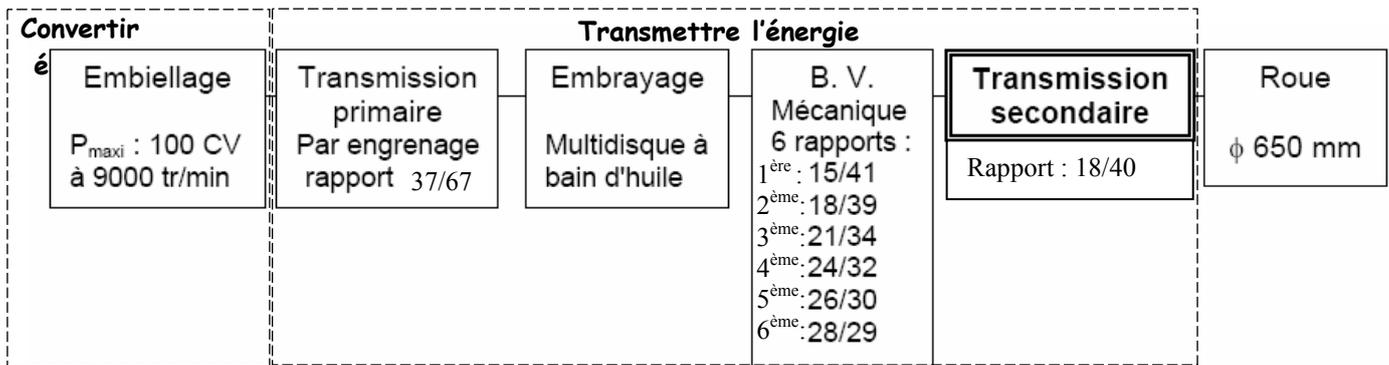
Figure 1 : Vue de droite

### Objectif de l'étude:

Le constructeur annonce que la moto peut atteindre une vitesse de 100 km/h (départ arrêté) en 3,5s. On va s'intéresser dans cette étude aux caractéristiques cinématiques de la transmission pour évaluer la vitesse atteinte par la moto pour des rapports de boîte de vitesse donnés (1<sup>er</sup> et 6<sup>ème</sup>).

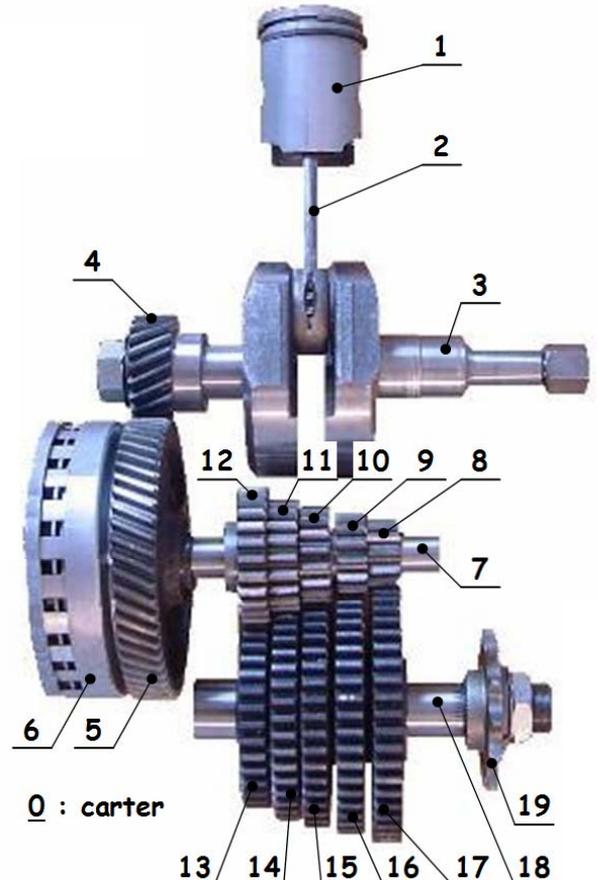
### Données :

Les données techniques de la transmission de puissance, fournies par le constructeur sont résumées par le schéma bloc suivant (chaîne cinématique):



### Travail demandé :

- 1) Quel est le type de transmission secondaire utilisé ici (entre l'arbre de sortie de la boîte de vitesse [B.V.] et la roue)?
- 2) Le constructeur indique que le rapport de cette transmission secondaire est de 18/40 (voir schéma bloc), quelles sont les données techniques associées à ces valeurs ?
- 3) Quel rapport de la boîte de vitesse (BV) permettra d'obtenir la vitesse maxi de la moto ?
- 4) Calculer cette vitesse en km/h. (en régime moteur à la puissance maxi :  $N_m = 9000 \text{ tr/min}$ )
- 5) Calculer la vitesse maxi atteinte par la moto en fin de 1<sup>ère</sup> lorsque le régime moteur est à la puissance maxi soit  $N_m = 9000 \text{ tr/min}$ .



## ENERGETIQUE

### ETUDE D'UN RETROVISEUR ELECTRIQUE

Le mécanisme d'un rétroviseur d'automobile à commande électrique permet de faire pivoter le miroir autour de deux axes afin d'obtenir l'orientation désirée (figure 1).

Le boîtier, lié à la carrosserie, et le repère qui y est attaché, sont considérés comme fixes. La commande provient d'un bouton manipulateur disposé à l'intérieur de l'automobile (non représenté).

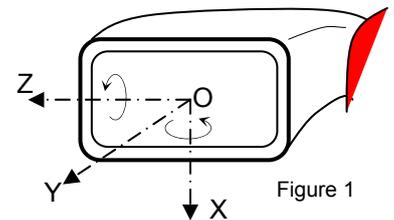


Figure 1

#### Objectif :

Déterminer la puissance nécessaire pour la rotation  $R_x$ .

#### Mise en situation : (Figure 2)

Le miroir du rétroviseur est collé sur un cadre qui est en liaison rotule en O par rapport au boîtier. La rotation du cadre autour de X est commandé par le déplacement de la crémaillère  $C_2$  suivant Y. La liaison en A est une linéaire annulaire. Le pignon  $P_2$ , monté sur l'axe du réducteur, engrène avec  $C_2$ .

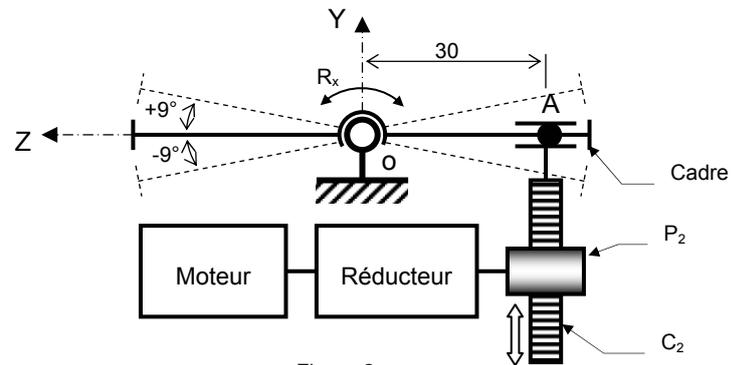


Figure 2

#### Données :

<i>Cadre :</i>	Couple résistant du boîtier sur le cadre, en O : $C_x = 0,35 \text{ Nm}$		
	$OA = 30 \text{ mm}$	Angle de rotation total : $18^\circ$	Temps maximum : 5 s
<i>Pignon <math>P_2</math> :</i>	$m = 0,4 \text{ mm}$	denture droite	$Z = 13 \text{ dents}$
<i>Réducteur :</i>	rapport cinématique : 60	rendement : 0,4	$\alpha = 20^\circ$

#### Hypothèse :

A partir des contraintes du cahier des charges, on veut déterminer la vitesse de rotation et la puissance du moteur. Pour ce calcul, l'amplitude de l'angle de rotation étant faible ( $\pm 9^\circ$ ), on peut considérer la vitesse de rotation du cadre comme uniforme.

#### Questions :

Calculer la vitesse angulaire du cadre par rapport au boîtier  $\omega_{\text{cadre/boîtier}}$ .

Calculer la puissance absorbée par ce mouvement.

Déterminer l'effort de la crémaillère sur le cadre au point A permettant d'assurer la rotation.

Déterminer la vitesse de translation de la crémaillère

Déterminer la fréquence de rotation du pignon  $P_2$ .

Déterminer la fréquence de rotation en sortie du moteur.

En admettant les rendements suivants :

réducteur : 0,4

système pignon crémaillère : 0,85

liaison linéaire annulaire : 0,8

déterminer la puissance nécessaire en sortie du moteur.