

Modéliser

Sciences  
Industrielles de  
l'Ingénieur

## Exercice

B2

Proposer un modèle de connaissance et de comportement

- |     |   |   |
|-----|---|---|
| 1   | <b>Mettre en œuvre une démarche de résolution analytique</b>                        | 2 |
| 1.1 | Déterminer les relations entre les grandeurs géométriques ou cinématiques . . . . . | 2 |
| 2   | <b>Mettre en œuvre une démarche de résolution analytique</b>                        | 4 |
| 2.1 | Déterminer les relations entre les grandeurs géométriques ou cinématiques . . . . . | 5 |

# 1 Mettre en œuvre une démarche de résolution analytique

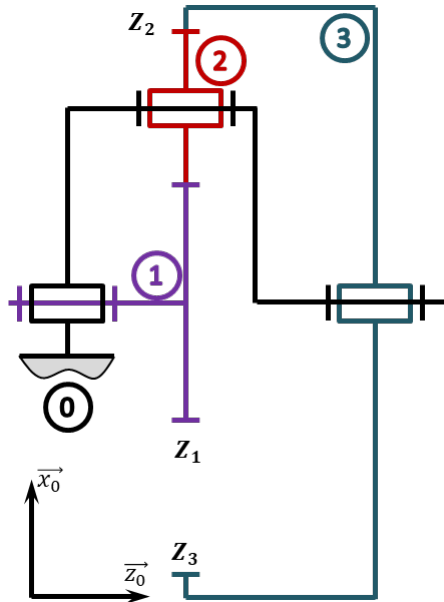
## 1.1 Déterminer les relations entre les grandeurs géométriques ou cinématiques

### Exercice 1 – Train simple \*

A3-05

C2-06

Soit le train d'engrenages suivant.



**Question 1** Tracer le graphe des liaisons.

**Question 2** Déterminer  $\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}}$  en fonction du nombre de dents des roues dentées.

**Question 3** Donner une relation géométrique entre  $Z_1$ ,  $Z_2$  et  $Z_3$  permettant de garantir le fonctionnement du train d'engrenages.

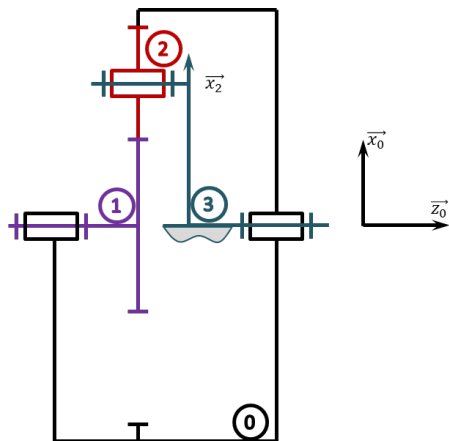
Corrigé voir 7.

### Exercice 2 – Train simple \*

A3-05

C2-06

Soit le train d'engrenages suivant.



**Question 1** Tracer le graphe des liaisons.

**Question 2** Déterminer  $\frac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}$  en fonction du nombre de dents des roues dentées.

**Question 3** Donner une relation géométrique entre  $Z_1$ ,  $Z_{21}$ ,  $Z_{22}$  et  $Z_4$  permettant de garantir le fonctionnement du train d'engrenages.

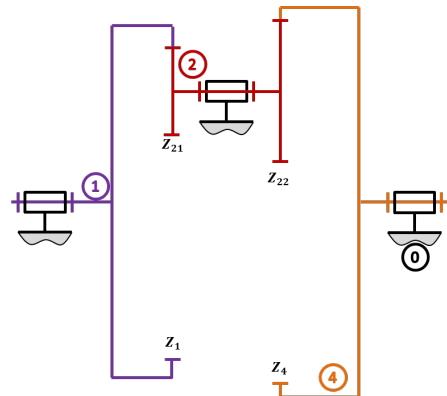
Corrigé voir 8.

### Exercice 3 – Train simple \*

A3-05

C2-06

Soit le train d'engrenages suivant.



**Question 1** Tracer le graphe des liaisons.

**Question 2** Déterminer  $\frac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}$  en fonction du nombre de dents des roues dentées.

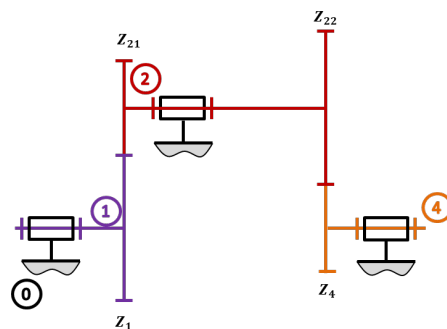
Corrigé voir 9.

### Exercice 4 – Train simple \*

A3-05

C2-06

Soit le train d'engrenages suivant.



**Question 1** Tracer le graphe des liaisons.

**Question 2** Déterminer  $\frac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}$  en fonction du nombre de dents des roues dentées.

Corrigé voir 10.

### Exercice 5 – Cheville robot NAO\*

A3-05

C2-06

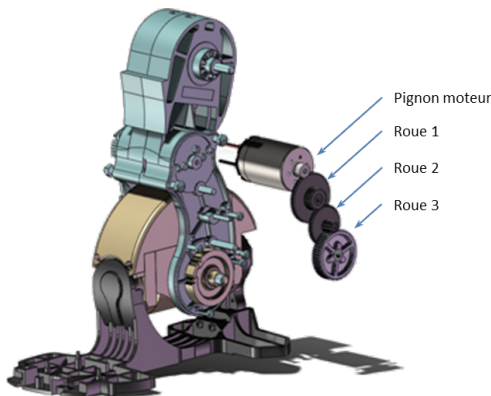
On s'intéresse ici à la cheville NAO. On cherche à savoir si, à partir du moteur retenu par le constructeur, la chaîne de transmission de puissance permet de vérifier les exigences suivantes :

- exigence 1.1.1.1 : la vitesse de roulis doit être inférieure à 42 tr/min ;
- exigence 1.1.1.2 : la vitesse de tangage doit être inférieure à 60 tr/min.

La fréquence de rotation des moteurs permettant chacun des deux mouvements est de 8300 tr/min.

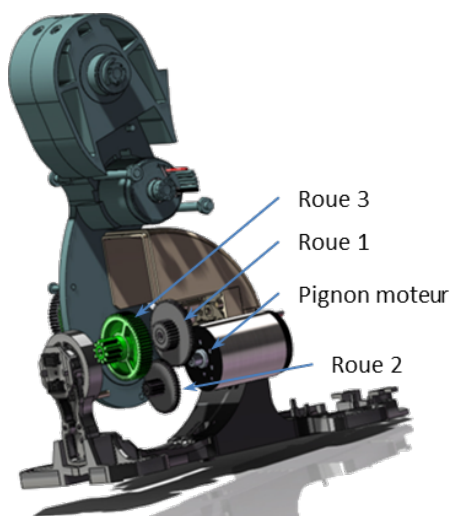
Pour la chaîne de transmission de tangage on donne le nombre de dents et le module de chaque roue dentée :

- pignon moteur :  $Z_m = 20$ ,  $M_m = 0,3$  ;
- grand pignon 1 :  $Z_1 = 80$ ,  $M_1 = 0,3$  ;
- petit pignon 1 :  $Z'_1 = 25$ ,  $M'_1 = 0,4$  ;
- grand pignon 2 :  $Z_2 = 47$ ,  $M_2 = 0,4$  ;
- petit pignon 2 :  $Z'_2 = 12$ ,  $M'_2 = 0,4$  ;
- grand pignon 3 :  $Z_3 = 58$ ,  $M_3 = 0,4$  ;
- petit pignon 3 :  $Z'_3 = 10$ ,  $M'_3 = 0,7$  ;
- roue de sortie :  $Z_T = 36$ ,  $M_T = 0,7$ .



Pour la chaîne de transmission du roulis on donne le nombre de dents et le module de chaque roue dentée :

- pignon moteur :  $Z_m = 13$ ,  $M_m = 0,3$  ;
- grand pignon 1 :  $Z_1 = 80$ ,  $M_1 = 0,3$  ;
- petit pignon 1 :  $Z'_1 = 25$ ,  $M'_1 = 0,4$  ;
- grand pignon 2 :  $Z_2 = 47$ ,  $M_2 = 0,4$  ;
- petit pignon 2 :  $Z'_2 = 12$ ,  $M'_2 = 0,4$  ;
- grand pignon 3 :  $Z_3 = 58$ ,  $M_3 = 0,4$  ;
- petit pignon 3 :  $Z'_3 = 10$ ,  $M'_3 = 0,7$  ;
- roue de sortie 3 :  $Z_R = 36$ ,  $M_R = 0,7$ .



**Question 1** Quels doivent être les rapports de réductions des transmissions par engrenage afin de respecter les exigences 1.1.1.1 et 1.1.1.2 ?

**Question 2** Dans le cas de l'axe de tangage, remplir le tableau suivant :

**Question 3** Dans le cas de l'axe de tangage, déterminer le diamètre de chaque roue dentée.

**Question 4** Dans le cas de l'axe de tangage, réaliser le schéma cinématique minimal.

**Question 5** Calculer le rapport de transmission de la chaîne de transmission de l'axe de tangage ? L'exigence 1.1.1.2 est-elle respectée ? Si non, quelle(s) solution(s) de remédiation pourrait-on proposer ?

**Question 6** Calculer le rapport de transmission de la chaîne de transmission de l'axe de roulis ? L'exigence 1.1.1.1 est-elle respectée ? Si non, quelle(s) solution(s) de remédiation pourrait-on proposer ?

Corrigé voir 11.

## Exercice 6 – Train simple \*

D'après Florestan Mathurin.

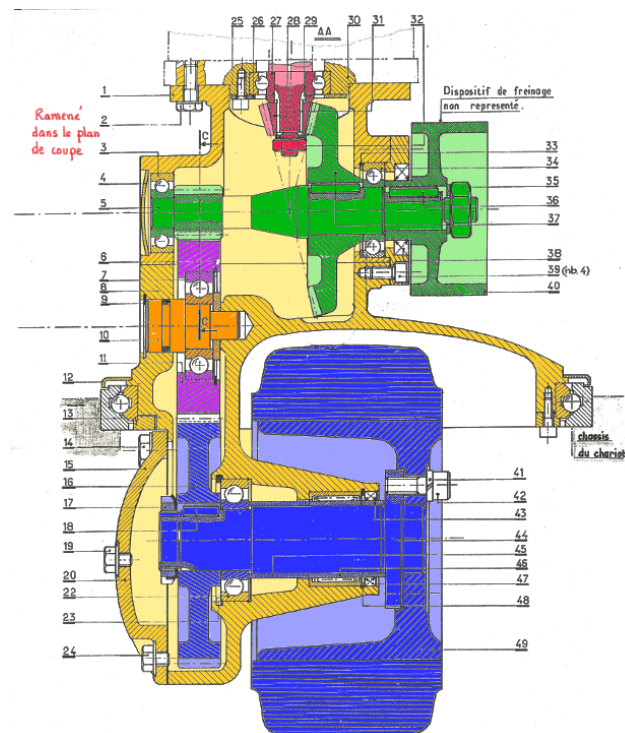
A3-05

C2-06

On s'intéresse au réducteur équipant la roue arrière motrice et directionnelle d'un chariot élévateur de manutention automoteur à conducteur non porté.

**Données :**  $z_{27} = 16$  dents,  $z_{35} = 84$  dents,  $z_5 = 14$  dents,  $z_{11} = 56$  dents,  $z_{16} = 75$  dents.

**Question 1** Identifier les classes d'équivalence cinématique sur le dessin d'ensemble.



**Question 2** Construire le schéma cinématique du réducteur dans le même plan que le dessin.

**Question 3** Compléter le tableau donnant les caractéristiques des roues et pignons.

Repère de la roue	Module $m$ (mm)	Nombre de dents $Z$	Diamètre primitif $D$ (mm)
27			
35	1,5		
5			
11	1,5		
16			

- |  |   |
|--|---|
| <p><b>Question 4</b> <i>Après avoir proposé un paramétrage, indiquer dans quel sens tourne la roue si le moteur 28 (31) tourne dans le sens positif.</i></p> <p><b>Question 5</b> <i>Pour une vitesse de 1500 tr/min en sortie</i></p> | <p><i>de moteur, déterminer la vitesse de rotation de la roue. Le diamètre de la roue est de 150 mm. Quelle est la vitesse du véhicule?</i></p> |
|--|---|
- Corrigé voir 12.

## 2 Mettre en œuvre une démarche de résolution analytique

## 2.1 Déterminer les relations entre les grandeurs géométriques ou cinématiques

### Exercice 7 – Train simple \*

A3-05

C2-06

**Question 1** Tracer le graphe des liaisons.

**Question 2** Déterminer  $\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}}$  en fonction du nombre de dents des roues dentées.

On a  $\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}} = -\frac{Z_1}{Z_3}$ .

**Question 3** Donner une relation géométrique entre  $Z_1$ ,  $Z_2$  et  $Z_3$  permettant de garantir le fonctionnement du train d'engrenages.

On a  $Z_3 = 2Z_2 + Z_1$ .

### Exercice 8 – Train simple \*

A3-05

C2-06

**Question 1** Tracer le graphe des liaisons.

**Question 2** Déterminer  $\frac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}$  en fonction du nombre de dents des roues dentées.

On a  $\frac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}} = -\frac{Z_1 Z_{22}}{Z_4 Z_{21}}$ .

**Question 3** Donner une relation géométrique entre  $Z_1$ ,  $Z_{21}$ ,  $Z_{22}$  et  $Z_4$  permettant de garantir le fonctionnement du train d'engrenages.

On a  $Z_1 + Z_{21} + Z_{22} = Z_4$ .

### Exercice 9 – Train simple \*

A3-05

C2-06

**Question 1** Tracer le graphe des liaisons.

**Question 2** Déterminer  $\frac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}$  en fonction du nombre de dents des roues dentées.

On a  $\frac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}} = \frac{Z_1 Z_{22}}{Z_4 Z_{21}}$ .

### Exercice 10 – Train simple \*

A3-05

C2-06

**Question 1** Tracer le graphe des liaisons.

**Question 2** Déterminer  $\frac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}}$  en fonction du nombre de dents des roues dentées.

On a  $\frac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}} = \frac{Z_1 Z_{22}}{Z_4 Z_{21}}$ .

### Exercice 11 – Cheville robot NAO\*

A3-05

C2-06

**Question 1** Quels doivent être les rapports de réductions des transmissions par engrenage afin de respecter les exigences 1.1.1.1 et 1.1.1.2?

D'après le diagramme de définition des blocs et le diagramme des exigences, les rapports de transmission doivent être :

- pour l'axe de tangage :  $\frac{N_{\text{moteur}}}{N_{\text{Tangage}}} = 138,33$  au minimum ;
- pour l'axe de roulis :  $\frac{N_{\text{moteur}}}{N_{\text{Roulis}}} = 197,61$  au minimum.

**Question 2** Dans le cas de l'axe de tangage, remplir le tableau suivant :

Roue dentée	Module	Nb dents	Diamètre (mm)
Pignon 03 20	0,3	20	6
Mobile Inf1 Roue	0,3	80	24
Mobile Inf1 Pignon	0,4	25	10
Mobile Inf2 Roue	0,4	47	18,8
Mobile Inf2 Pignon	0,4	12	4,8
Mobile Inf4 Roue	0,4	58	23,2
Mobile Inf4 Pignon	0,7	10	7
Roue de sortie	0,7	36	25,2

**Question 3** Dans le cas de l'axe de tangage, déterminer le diamètre de chaque roue dentée.

**Question 4** Dans le cas de l'axe de tangage, réaliser le schéma cinématique minimal.

**Question 5** Calculer le rapport de transmission de la chaîne de transmission de l'axe de tangage ? L'exigence 1.1.1.2 est-elle respectée ? Si non, quelle(s) solution(s) de remédiation pourrait-on proposer ?

$$R_T = (-1)^n \frac{80 \cdot 47 \cdot 58 \cdot 36}{20 \cdot 25 \cdot 12 \cdot 10} = 130,85$$

Ceci est inférieur à ce qui est préconisé par le cahier des charges.

Pour respecter le cahier des charges, on peut :

- choisir un autre moteur ;
- changer le nombre de dents d'une des roues. Il suffirait pour cela que, par exemple, la roue de sortie comporte 39 dents.

**Question 6** Calculer le rapport de transmission de la chaîne de transmission de l'axe de roulis ? L'exigence 1.1.1.1 est-elle respectée ? Si non, quelle(s) solution(s) de remédiation pourrait-on proposer ? Le rapport de transmission du second train est de 201,3 ce qui est compatible avec le cahier des charges.

### Exercice 12 – Train simple \*

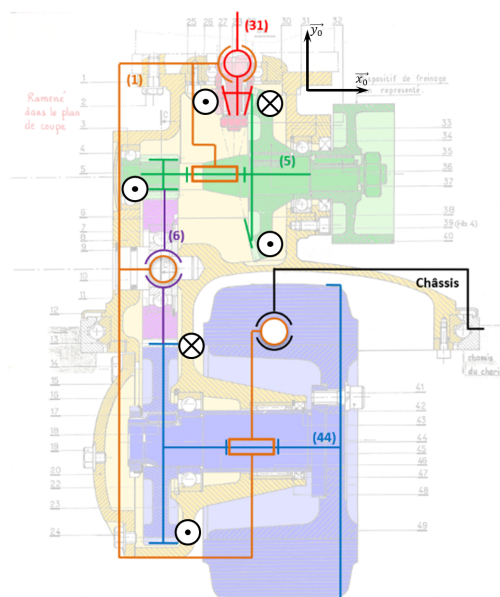
D'après Florestan Mathurin.

A3-05

C2-06

**Question 1** Identifier les classes d'équivalence cinématique sur le dessin d'ensemble.

**Question 2** Construire le schéma cinématique du réducteur dans le même plan que le dessin.





**Question 3** Compléter le tableau donnant les caractéristiques des roues et pignons.

Repère de la roue	Module $m$ (mm)	Nombre de dents $Z$	Diamètre primitif $D$ (mm)
27	1,5	16	24
35	1,5	84	126
5	1,5	14	21
11	1,5	56	84
16	1,5	75	112,5

**Question 4** Après avoir proposé un paramétrage, indiquer dans quel sens tourne la roue si le moteur 28 (31) tourne dans le sens positif.

Voir figure précédente. Si le moteur tourne dans le sens positif, la roue tourne dans le sens négatif.

**Question 5** Pour une vitesse de 1500 tr/min en sortie de moteur, déterminer la vitesse de rotation de la roue. Le diamètre de la roue est de 150 mm. Quelle est la vitesse du véhicule ?

Le rapport de réduction de la transmission est le suivant :  $k = \frac{Z_{27}Z_5Z_{11}}{Z_{35}Z_{11}Z_{16}} = \frac{16 \cdot 14}{84 \cdot 75} = 0,0355$

La vitesse de rotation de la roue est donc de  $53,33 \text{ tr min}^{-1}$  soit  $5,59 \text{ rad s}^{-1}$ . On en déduit la vitesse du véhicule :  $5,59 \times 0,15 = 0,84 \text{ m s}^{-1} \approx 3 \text{ km h}^{-1}$ .