

BACCALAUREAT GENERAL

Session 2005

Série Sciences de l'Ingénieur

Composition écrite de Sciences de l'ingénieur

Durée 4 heures, coefficient 4

Étude d'un système pluritechnique.

Sont autorisés les calculatrices électroniques et le matériel nécessaire à la représentation graphique.

Aucun document n'est autorisé.



FAUTEUIL ROULANT ELECTRIQUE : LE POSITELEC 90

Sommaire

Les réponses seront rédigées sur feuille de copie ou sur les documents réponses lorsque l'indication en est donnée.

Présentation du système et description du fonctionnement.	page 2	10 min.
Première étude :		
Identifier des solutions technologiques.	page 5	40 min.
Deuxième étude :		
Valider le choix du moteur		
Vérification de l'autonomie du fauteuil.	page 7	1h50 min.
Troisième étude :		
Analyse de l'information de l'état de charge de la batterie.	page 10	1h20 min.

Documents ressources :

pages 13-16

Documents réponses :

pages 17-19

PRESENTATION DU SYSTEME.

Afin de répondre au besoin d'autonomie des utilisateurs, les fauteuils roulants sont électriquement motorisés.

La motricité est assurée par deux moteurs à courant continu commandant séparément une des deux roues arrières pour permettre de diriger le fauteuil. Les roues avant sont montées « folles ». L'asservissement de la vitesse et la commande de puissance des moto réducteurs sont effectués par une carte électronique appelée **variateur**. Les moto réducteurs sont équipés de freins électromécaniques à manque de courant, commandés en tout ou rien.

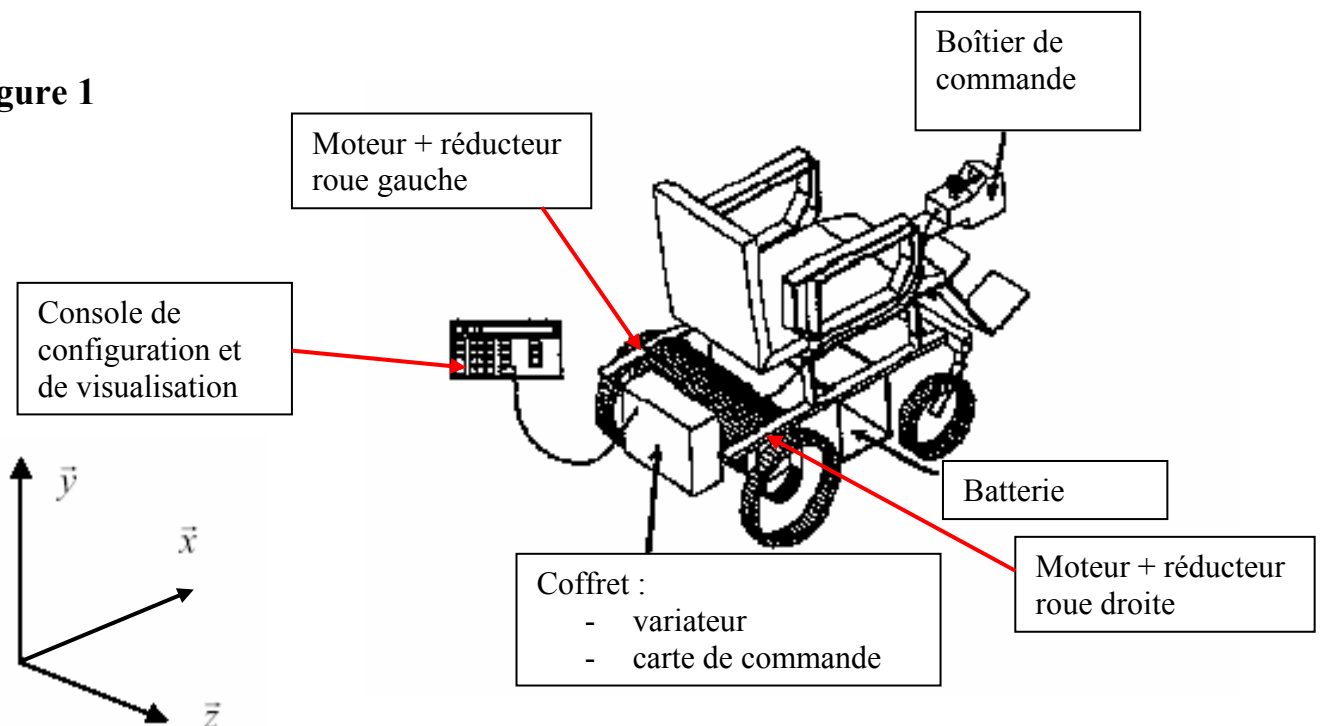
Le boîtier de commande, situé en bout d'accoudoir, supporte cinq éléments nécessaires à la conduite :

- Un bouton Marche Arrêt.
- Un joystick qui permet de se diriger.
- Un potentiomètre qui sert à réduire la vitesse.
- Un afficheur lumineux de type bargraph qui indique l'autonomie de la batterie.
- Un afficheur qui signale une panne.

La carte de commande à microcontrôleur est chargée de la commande du variateur, de la gestion des pannes, de la configuration et de l'aide au dépannage. Elle est disposée dans un coffret qui renferme aussi la partie de puissance, près des moteurs, à l'arrière du fauteuil.

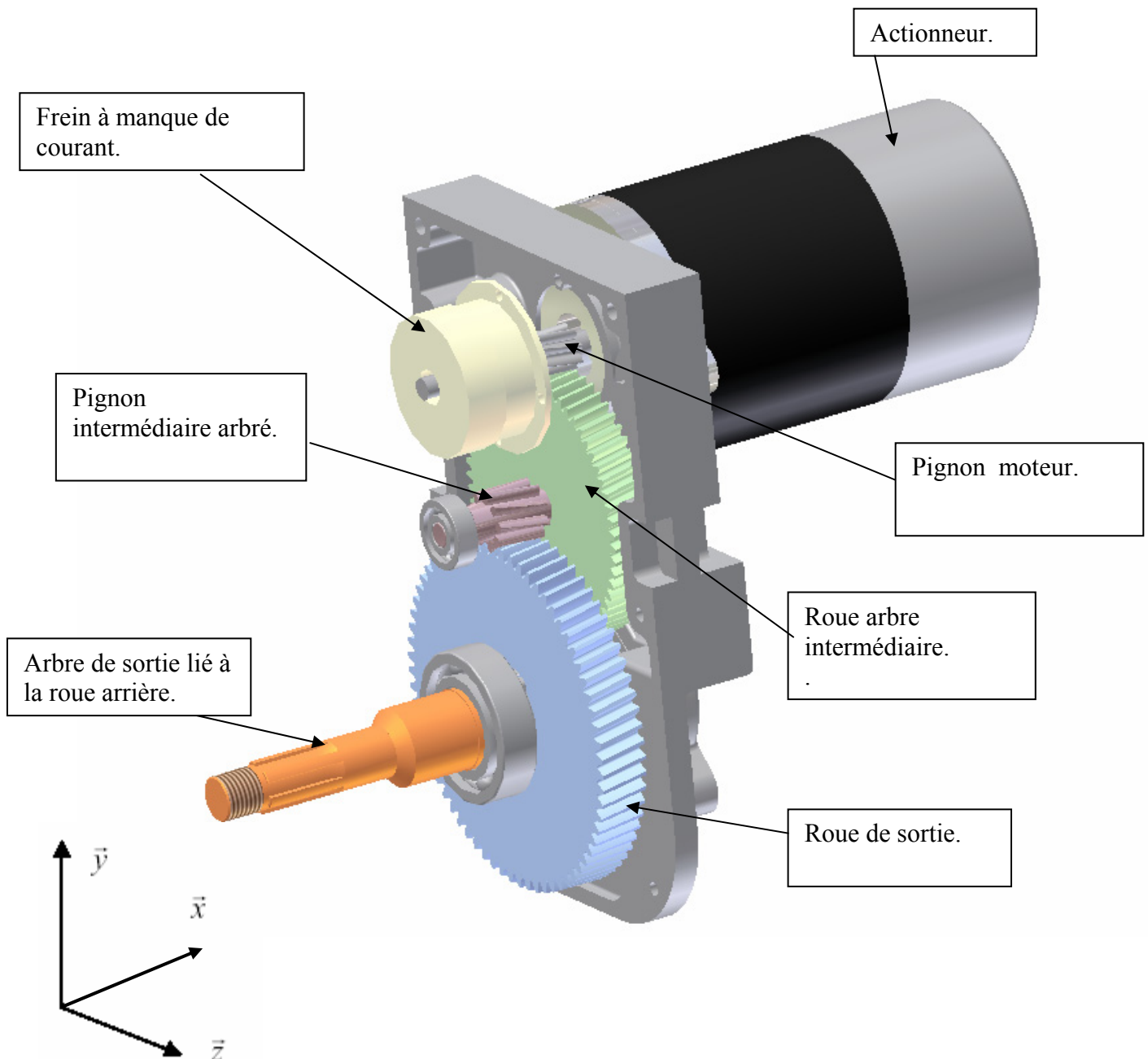
La configuration et l'aide au dépannage sont assurées par une mini console de visualisation (voir fig1). Ce terminal n'est pas lié au fauteuil. L'utilisateur doit venir le connecter à l'arrière du coffret variateur.

Figure 1



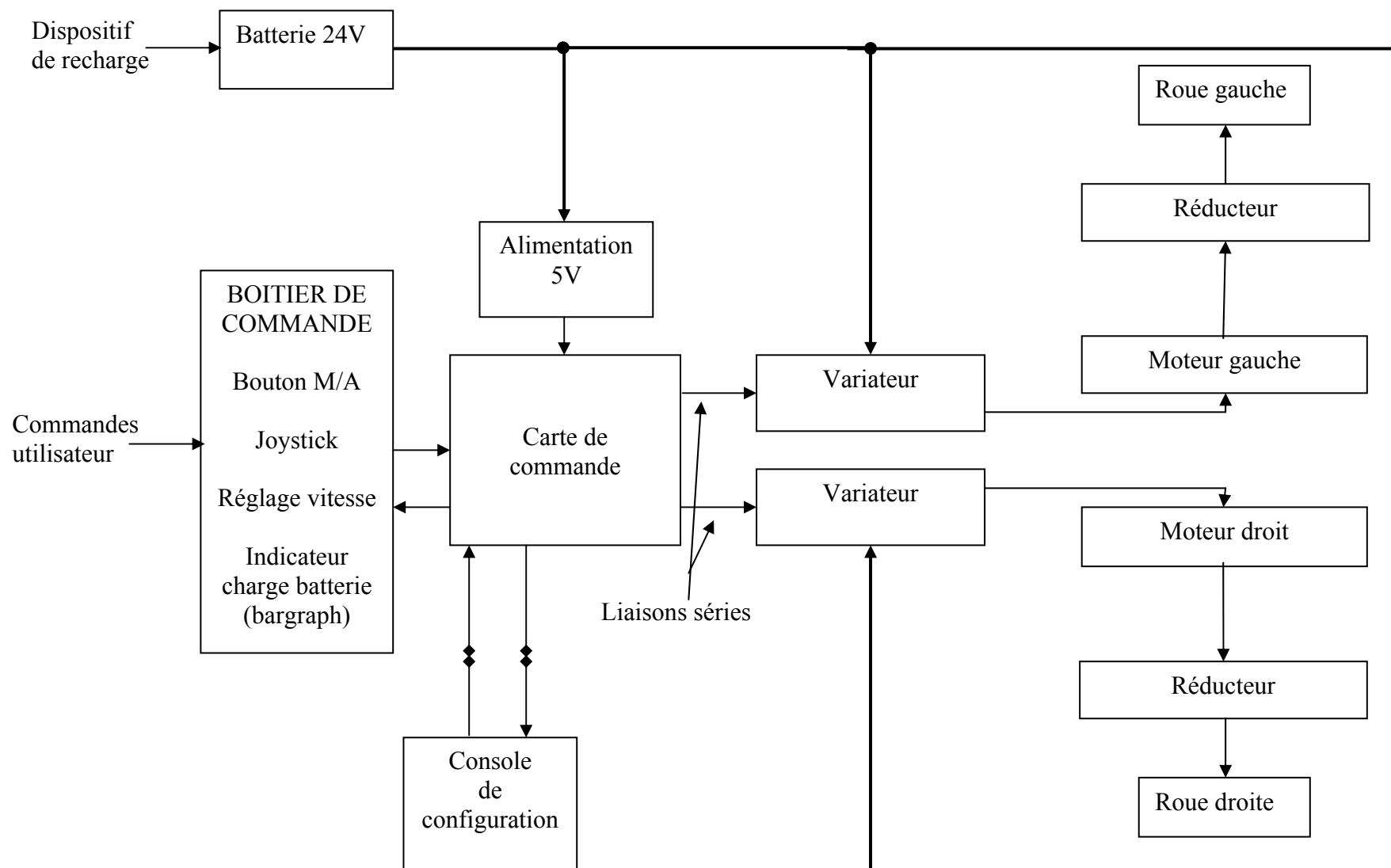
En fonctionnement normal, un moteur transmet par l'intermédiaire de deux étages de réduction (voir figure 2) la puissance à chacune des roues. Ainsi lorsque les moteurs ne sont pas alimentés, le fauteuil est par sécurité automatiquement freiné par le frein à manque de courant.

Figure 2 (sans le couvercle et le bâti)



En complément de la figure 1 **page 2/19**, l'organisation matérielle de la chaîne fonctionnelle **page 4/19** décrit l'architecture ainsi que les liens entre les différents constituants du fauteuil Positelec.

ORGANISATION MATERIELLE DE LA CHAÎNE FONCTIONNELLE DU FAUTEUIL POSITELEC



Première étude : *L'objet de cette partie est d'identifier les solutions technologiques choisies par le concepteur pour répondre au besoin de déplacement de l'utilisateur.*

Question 1.1

En s'aidant de l'organisation matérielle de la chaîne fonctionnelle du fauteuil (**page 4/19**), compléter sur le **document réponse 1 (page 17/19)** les solutions constructives retenues pour réaliser les fonctions techniques suivantes :

- Acquérir.
- Traiter.
- Alimenter.
- Distribuer.
- Convertir.
- Transmettre.

Question 1.2 :

En utilisant le dessin d'ensemble **document ressource 2 (page 14/19)** ainsi que la nomenclature de celui-ci **document ressource 4 (page 16/19)**, compléter sur le **document réponse 1**, le graphe de produit définissant les liaisons entre les différentes pièces principales du mécanisme.

Question 1.3:

Compléter, à partir du dessin d'ensemble **document ressource 2** et de la vue 3D de la **page 3/19**, sur le **document réponse 2 (page 18/19)**, le schéma cinématique du mécanisme transmission en fonctionnement normal.

Etude du mécanisme de débrayage (voir document ressource 3) :

Afin de pallier tout dysfonctionnement du mécanisme d'entraînement il existe un mode de fonctionnement « manuel » permettant de débrayer la roue de l'axe de l'arbre de sortie. Ceci s'effectue par l'action d'un levier de commande, non représenté sur les documents ressource 2 et 3, qui transmet un effort axial à l'axe de commande 16. Cette action a pour conséquence d'écarter ou de rapprocher les trois billes 15 de l'axe de l'arbre de sortie et donc de réaliser l'embrayage ou non de la roue 5 sur l'arbre de sortie 4. Ainsi une tierce personne peut venir pousser librement le fauteuil qui fonctionne alors en roues libres.

Question 1.4:

En utilisant la vue 3D de la **page 3/19** ainsi que le **dessin d'ensemble (page 14/19)** et sa **nomenclature (page 16/19)**, exprimer le rapport de réduction r du réducteur en fonction des nombres de dents des différents pignons et roues dentées, de façon littérale puis numérique.

Question 1.5:

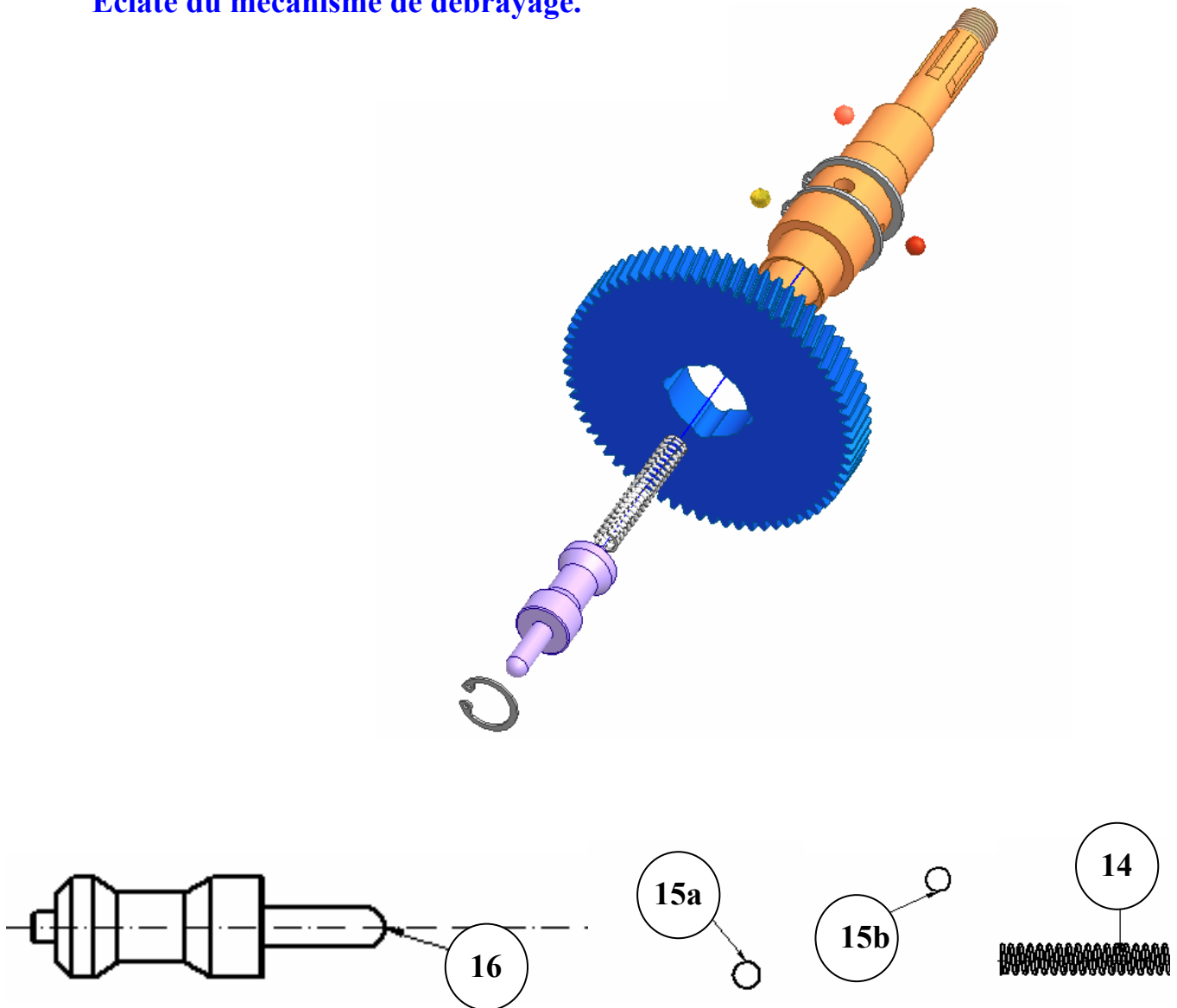
Expliquer quels peuvent être les avantages d'utiliser des dentures hélicoïdales dans ce type de réducteur.

Question 1.6 :

Sur le **document ressource 3 (page 15/19)** est représenté le mécanisme en position débrayée, compléter la vue de face à l'aide du **document ressource 2** afin de le représenter en position embrayée.

Pour ce faire vous devez redessiner les positions des **billes 15a et 15b** (voir éclaté ci-dessous) de l'**axe de commande 16** et le **ressort 14** correspondant à un mode de fonctionnement embrayé sur le **document réponse 2**.

Eclaté du mécanisme de débrayage.



ETUDE DE LA CHAÎNE D'ÉNERGIE .

Deuxième étude : *L'objet de cette partie consiste à valider le choix des moto-réducteurs et vérifier si la batterie répond à l'autonomie préconisée dans le cahier des charges fonctionnel.*

Remarque: Dans cette deuxième étude nous considérerons que le mécanisme est en fonctionnement normal d'utilisation c'est-à-dire en position embrayée.

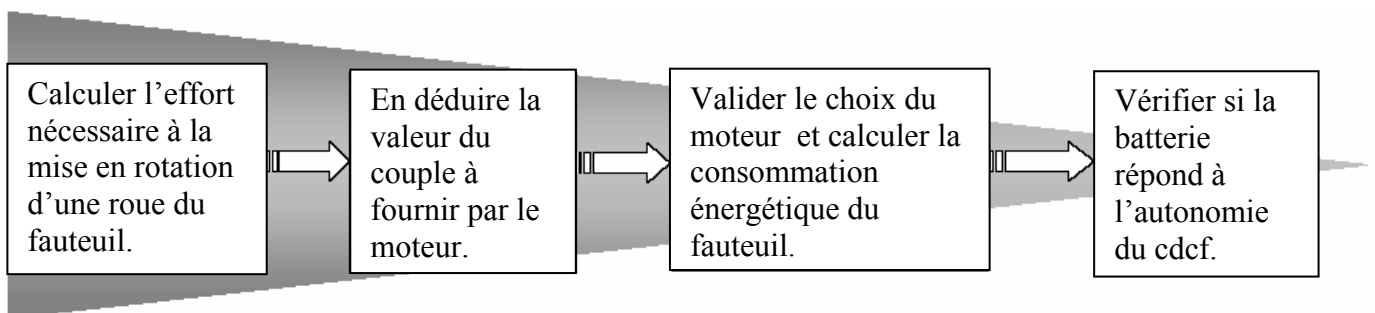
Hypothèses :

- La répartition des charges et la géométrie du système permet d'effectuer une étude plane dans le plan $(G, \vec{x}, \vec{y})$
- La force de pénétration dans l'air est négligeable étant donnée la faible vitesse (6 km /h maxi) de déplacement du véhicule. Ainsi la principale force s'opposant au mouvement sera la résistance au roulement des roues motrices arrières due à l'écrasement du pneumatique. On appellera cette résistance au roulement « **traînée de roulement** ».
- Le point G représente le centre de gravité du système étudié (fauteuil et utilisateur).
- On prendra pour valeur de l'accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

Éléments du cahier des charges :

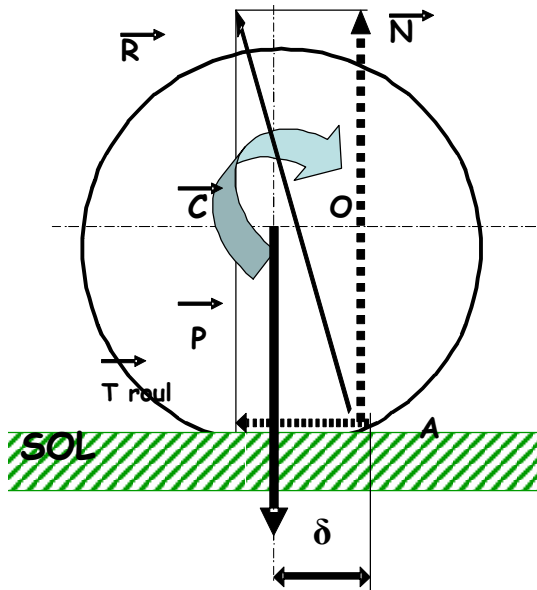
Masse du fauteuil (batterie comprise) : 105 kg.
Masse maximale du passager embarqué : 100 kg
Batterie : 24V 15 A.h ayant pour masse 4 kg.
Roues motrices : pneumatique pression de gonflage 5 bars, diamètre 360 mm.

Déroulement de l'étude :



Dans l'étude suivante du calcul de la traînée de roulement on prendra comme valeur de la masse totale en mouvement, la masse du fauteuil + la masse du passager c'est-à-dire **$m_{\text{totale}} = 205 \text{ kg}$** .

Calcul du couple à fournir par le moteur.



En régime permanent (mouvement à vitesse uniforme), la résistance à l'avancement en tenant compte des hypothèses rédigées précédemment provient de la traînée de roulement.

Etant donnée la symétrie du mécanisme, la masse totale par roue motrice m_{Tr} est égale à la demie somme de la masse du fauteuil et du passager réunis :

$$m_{Tr} = \frac{m_{passager} + m_{fauteuil}}{2}$$

La traînée de roulement est égale à :

$$T_{roul} = f \cdot m_{Tr} \cdot g$$

avec $f = 15/1000$ coefficient de résistance au roulement.

Question 2. 1 :

Calculer T_{roul} l'effort nécessaire pour vaincre la résistance au roulement.

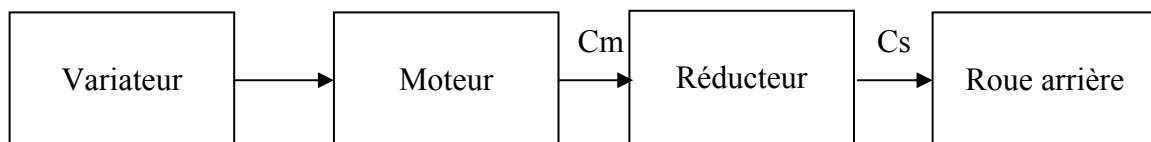
Validation du choix du moteur.

Question 2. 2 :

Calculer de façon littérale la puissance P , nécessaire à l'avancement du fauteuil. Effectuer l'application numérique pour une vitesse linéaire avec $V = 6 \text{ km/h}$.

Question 2. 3 :

Calculer littéralement puis numériquement la vitesse de rotation de la roue ω (en rad/s) et déduire le couple C_s nécessaire à l'avancement pour une vitesse de 6 km/h .



$$r = 3/170$$

$$\Phi = 360 \text{ mm}$$

$$\eta_g = 0,72$$

Question 2. 4 :

Déterminer littéralement puis numériquement le couple C_m nécessaire au niveau de l'actionneur en fonction du rapport de réduction r , du couple C_s exercé par le réducteur sur la roue, et du rendement global η_g de la transmission.

Question 2. 5 :

Pour un couple utile de 0,07 N.m, en déduire à partir des courbes caractéristiques du moteur

(page 13/19) :

La puissance utile nécessaire, la vitesse de rotation et le rendement.

Calculer dans ce cas la puissance absorbée P_a puis le courant I_a traversant le moteur, alimenté en 24 V.

Question 2. 6 :

La plage de couple utile du moteur varie entre $50 \cdot 10^{-3}$ N.m et $100 \cdot 10^{-3}$ N.m.

Justifier la validité du choix du moteur effectué par le concepteur.

Vérification de l'autonomie du fauteuil.

Vérification de l'autonomie du fauteuil d'un point de vue mécanique.**Question 2.7 :**

Pour ce fauteuil essentiellement destiné à un usage extérieur, l'autonomie désirée est de 20 km à 6 km/h sur sol horizontal. Chaque moteur devant alors fournir une puissance de 36 W soit 72 W pour le fauteuil, quelle doit être l'énergie embarquée à bord du véhicule ?

Question 2.8 :

La batterie utilisée (accumulateur Cadmium-Nickel) ayant une énergie massique de 216000 J/kg, quelle doit être sa masse ?

Question 2.9

Conclure sur le choix du constructeur quand à la batterie réellement utilisée en terme de masse et d'autonomie.

Vérification de l'autonomie du fauteuil d'un point de vue électrique.**Question 2.10.**

Expérimentalement, il apparaît que la puissance électrique moyenne totale consommée est de 100 W.

La capacité de la batterie indiquée par le constructeur est de 15 A.h sous 24 V.

Calculer l'autonomie du fauteuil dans les conditions expérimentales décrites ci-dessus.

Troisième étude : Analyser la solution adoptée par le concepteur pour assurer à l'utilisateur l'information de l'état de charge de la batterie.

Cahier des charges :

D'un point de vue sécurité et confort d'utilisation, l'utilisateur doit pouvoir connaître à tout instant l'autonomie du fauteuil. Celle-ci est directement liée à l'état de charge de la batterie.

Afin de permettre à l'utilisateur une information en temps réel de l'état de charge de la batterie, le concepteur a mis en place un affichage à bargraph à dix diodes électroluminescentes (DEL).

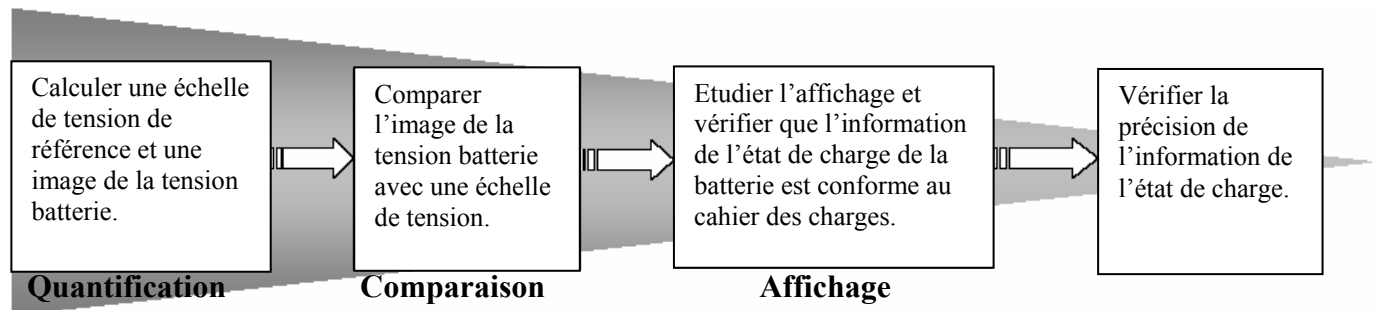
Lorsque la batterie est complètement chargée, les dix diodes électroluminescentes sont allumées, et au fur et à mesure que la batterie se décharge le nombre de diodes allumées diminuent jusqu'à extinction de toutes les diodes lorsque celle-ci est complètement déchargée. La précision de l'information de l'état de charge est alors de 10%.

- La batterie est complètement chargée : la tension à ses bornes est 27V. (Toutes les DEL sont allumées)
- La batterie est considérée déchargée lorsqu'elle ne permet plus un fonctionnement correct : la tension à ses bornes est 21V. (Toutes les DEL sont éteintes)



Bargraph à dix diodes électroluminescentes

Déroulement de l'étude :



HYPOTHESE : Pour le traitement des questions suivantes, les amplificateurs opérationnels du schéma page 12/19 seront considérés parfaits (les courants d'entrée des bornes + et – des différents amplificateurs opérationnels seront considérés nuls).

Question 3.1

A partir du schéma page 12/19, exprimer la tension V_{sign} en fonction de V_{bat} , R_h et R .

$R_h = 1,15 \text{ k}\Omega$, donner la valeur de V_{sign} (avec deux chiffres après la virgule) dans les deux cas suivants :

- Lorsque la batterie est complètement chargée, $V_{\text{bat}} = 27\text{V}$.
- Lorsque $V_{\text{bat}} = 24\text{V}$.

Question 3.2

Consigner dans le tableau du document réponse 3 page 19/19, la valeur de la tension V_{sign} sur la borne - des amplificateurs opérationnels pour les deux cas étudiés à la question précédente.

Question 3.3

A partir du schéma page **12/19**, donner la valeur de la tension présente sur la borne + de l'amplificateur opérationnel repéré A1.

Question 3.4

A partir du schéma page **12/19**, démontrer que l'expression de $V_{low} = V_{source} \cdot R_b / (9 \cdot R + R_b)$.
Calculer et consigner (avec deux chiffres après la virgule) dans le tableau du document réponse 3 page **19/19**, la valeur de la tension sur la borne + de l'amplificateur de A1, A4, A7 et A10 pour les différents états de la batterie.

Question 3.5

Les amplificateurs opérationnels sont alimentés entre 0 et 5V.

Sur le schéma page **12/19**, les amplificateurs opérationnels A1 à A10 fonctionnent en comparateur.

Donner le principe de fonctionnement d'un comparateur.

Compléter dans le tableau du document réponse 3 page **19/19**, la valeur de la tension sur la sortie de chaque amplificateur de A1 à A10.

Question 3.6

Compte tenu des résultats obtenus à la question précédente et du schéma page **12/19**, compléter le document réponse 3 page **19/19**, relatif à l'état des LED du bargraph en fonction de la tension aux bornes de la batterie. L'information fournie par le bargraph est-elle conforme aux spécificités du cahier des charges ? Justifier votre réponse.

Question 3.7

Le courant dans une LED lorsqu'elle est allumée doit être de 2,5mA pour obtenir une intensité lumineuse correcte. La chute de tension aux bornes d'une LED lorsqu'elle est allumée est de 2,1V.

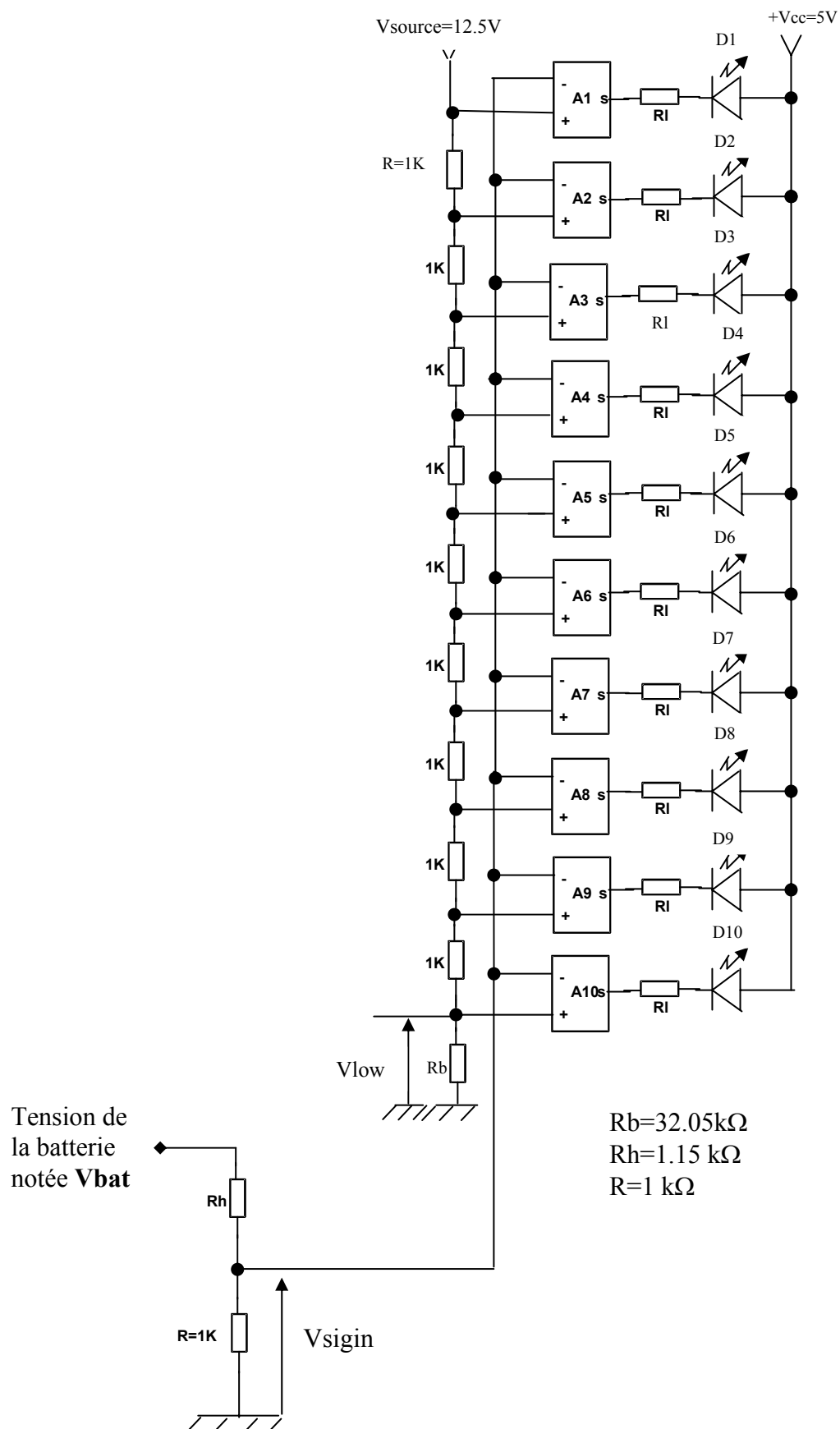
A partir du schéma page 12/19, recopier sur votre copie le schéma structurel d'allumage de la LED D10.

Flécher et nommer les différentes tensions.

Etablir l'expression algébrique de la résistance R1.

Calculer la valeur de la résistance R1 à mettre en série avec chaque LED .

Schéma électrique du dispositif d'information de l'état de charge



Document ressource 1

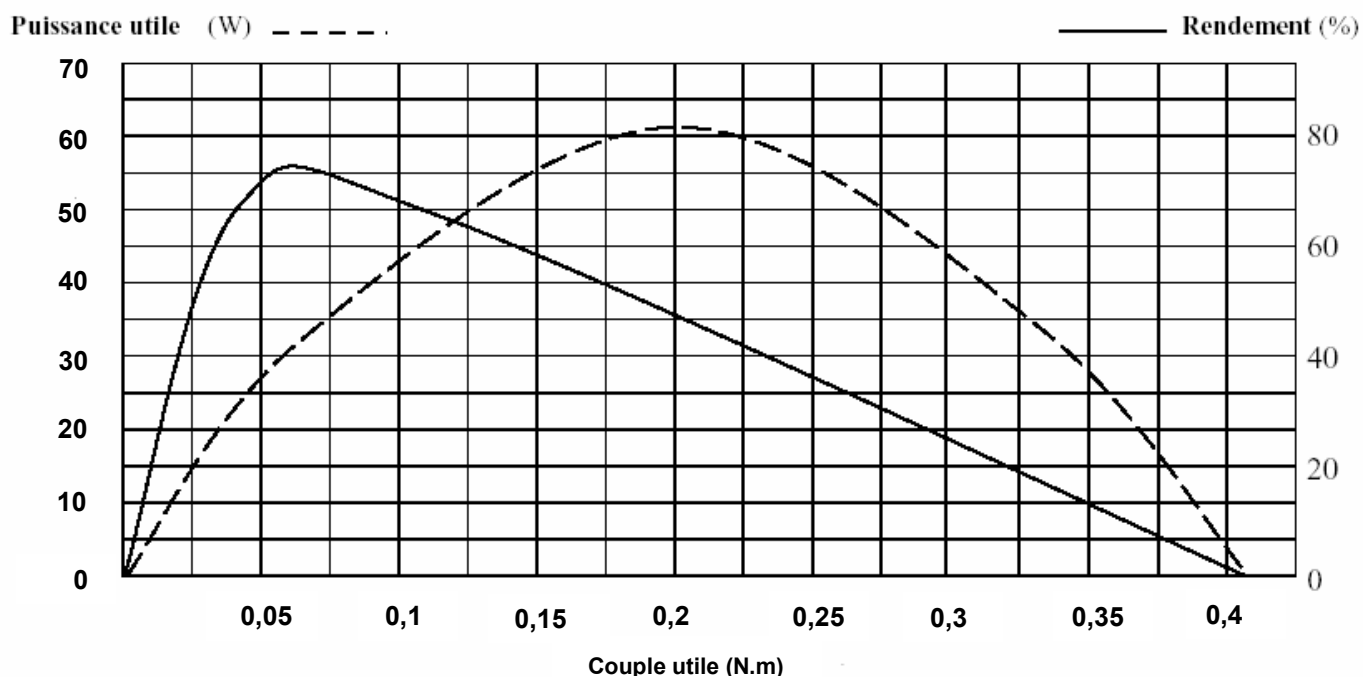
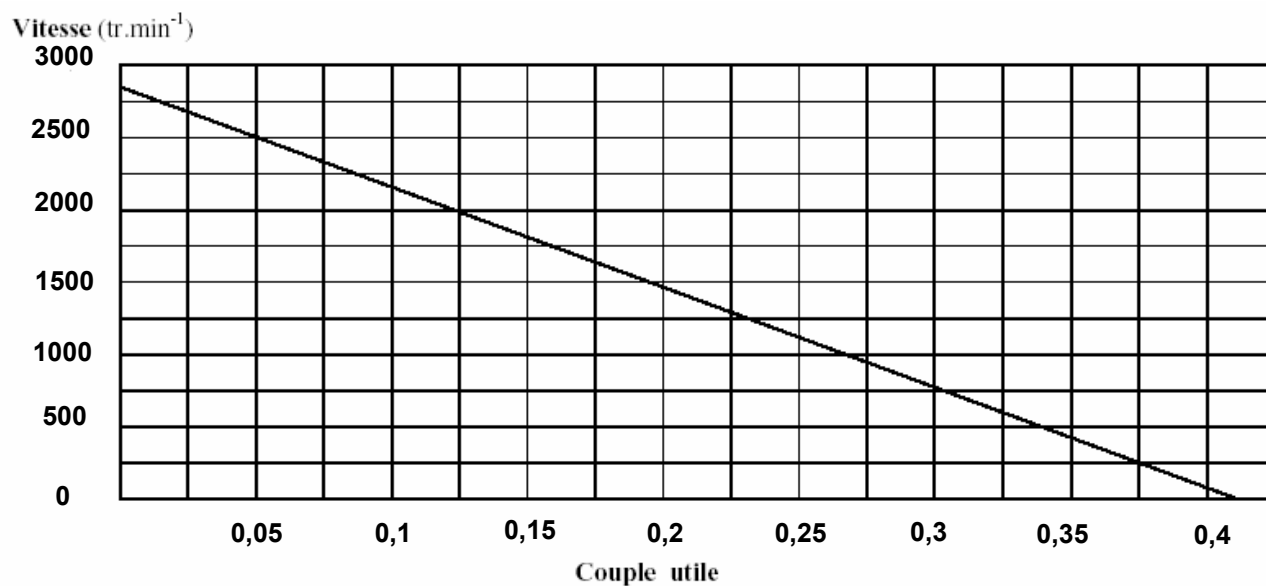
Moteur à courant continu Johnson LH5832LG

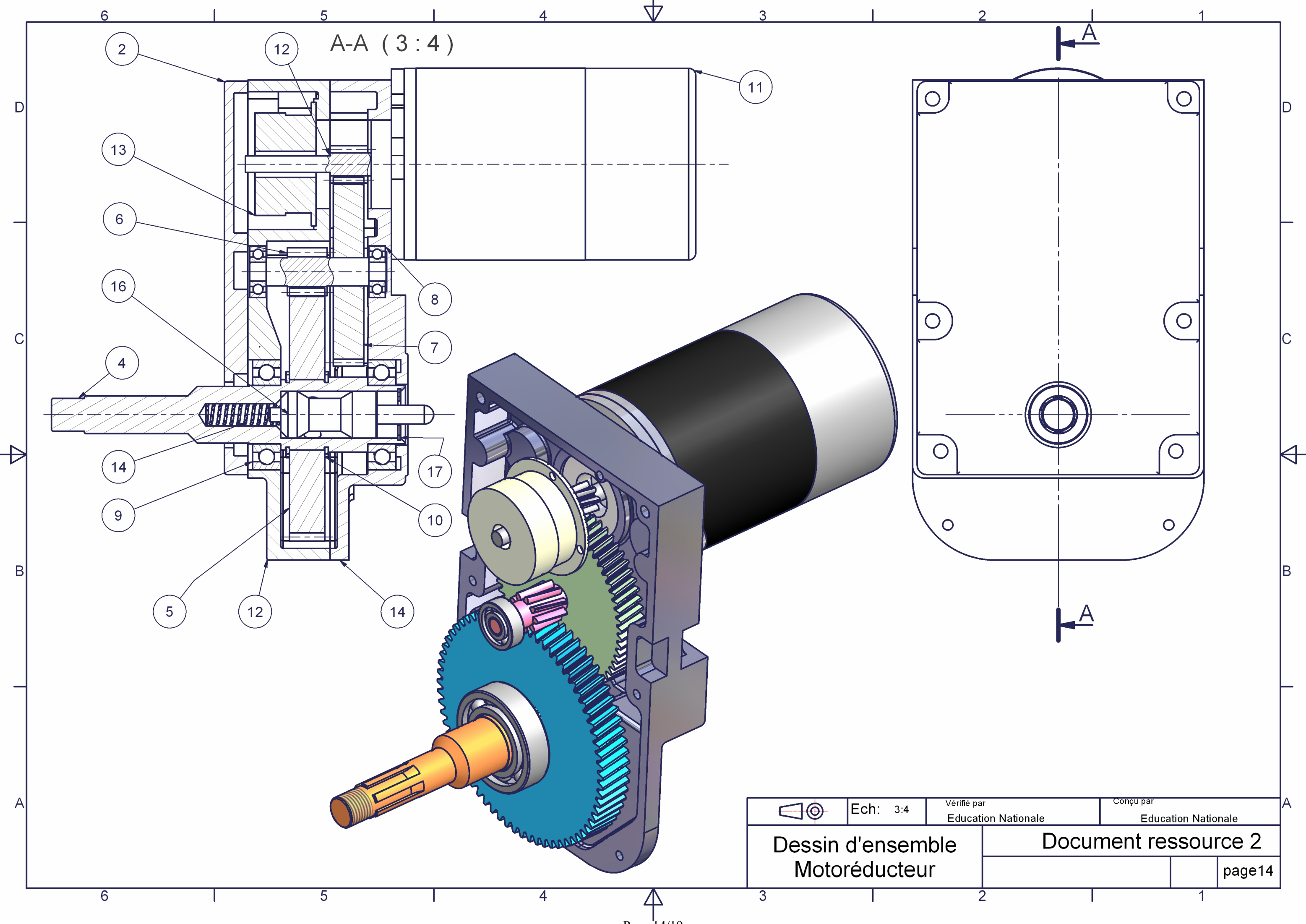
Tension constante (Ua)	24 V
------------------------	------

Essai à vide	
Vitesse	2425 tr.min ⁻¹
Essai au rendement maximum	
Rendement	$\eta_m = 0,73$
Couple	0,134 N.m
Vitesse	2374 tr.min ⁻¹
Courant	2,9 A
Puissance de sortie	33,71 W

Essai à puissance maximum	
Couple	0,405 N.m
Vitesse	1470 tr.min ⁻¹
Courant	5,24 A
Constante de couple (K)	$9,52 \cdot 10^{-3}$ N.m/A
Résistance bobinage	0,3 Ω

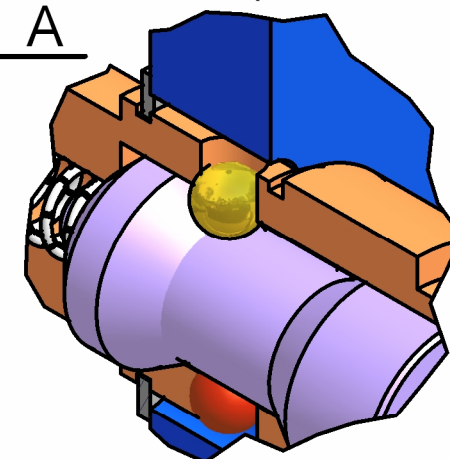
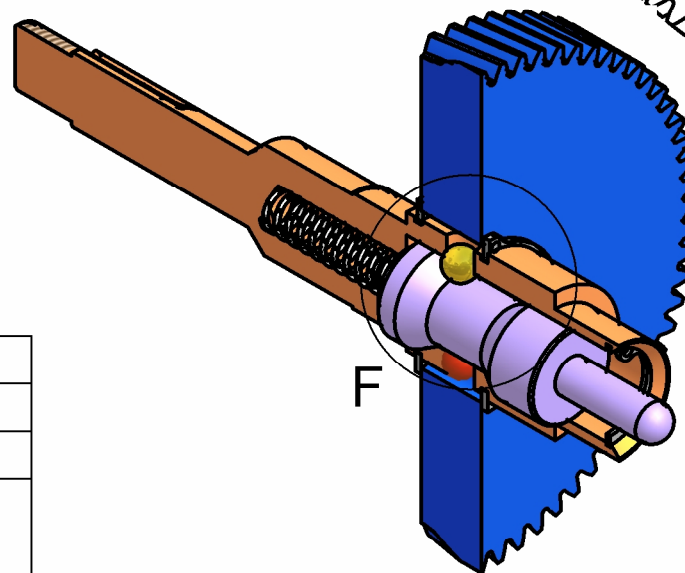
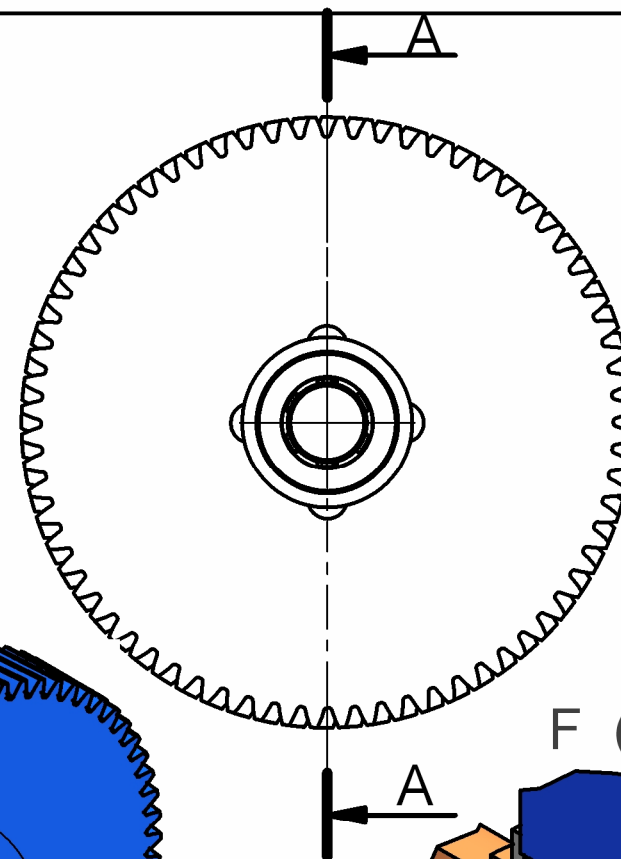
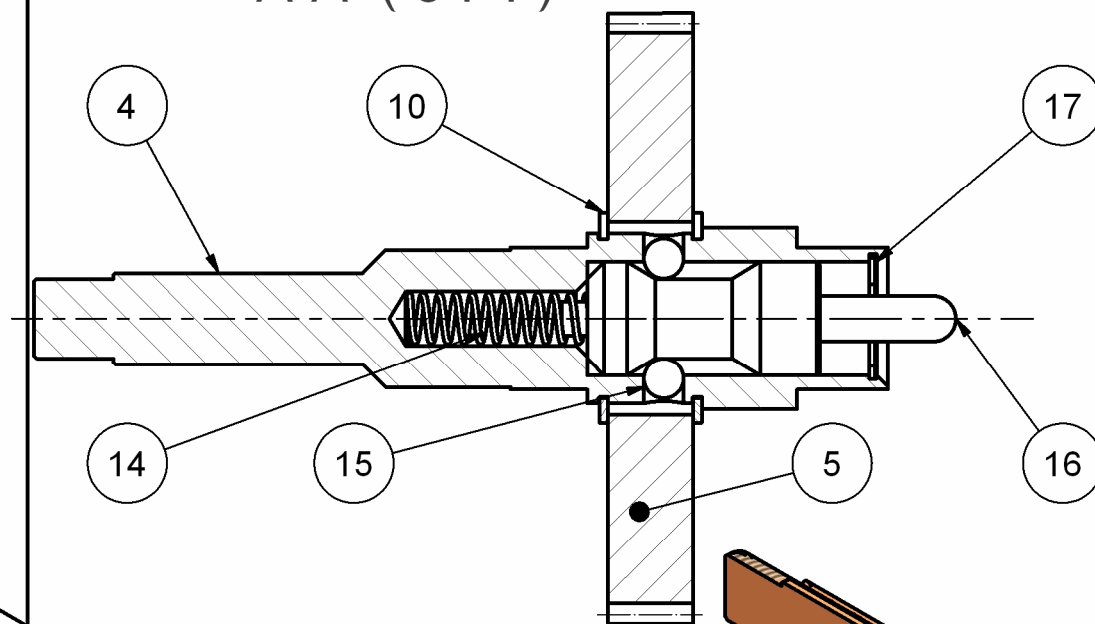
Courbes caractéristiques du moteur : Vitesse = f(couple) Puissance utile = f(couple) Rendement = f(couple)





	Ech: 3:4	Vérifié par Education Nationale	Conçu par Education Nationale
Dessin d'ensemble Motoréducteur	Document ressource 2		
			page14

A-A (3 : 4)



17	1	Anneau élastique
16	1	Axe de commande
15	3	Billes d'indexage
14	1	Ressort de compression
10	2	Anneau élastique
5	1	Roue de sortie
4	1	Arbre de sortie
Rep	Nb	Désignation

Nomenclature



Ech: 3:4

Vérifié par
Education Nationale

Conçu par
Education Nationale

Arbre de sortie débrayé

Document ressource 3

page15



1	1	Bati du réducteur	
2	1	Couvercle	
3	1	Carter intermédiaire	
4	1	Arbre de sortie	
5	1	Roue de sortie	68 dents
6	1	Pignon arbré intermédiaire	9 dents
7	1	Roue de l'arbre intermédiaire	60 dents montée serrée sur l'arbre
8	2	Roulement rigide à billes 8x22x7	
9	2	Roulement rigide à billes 25x47x12	
10	2	Anneau élastique d'arrêt	
11	1	Moteur	
12	1	Pignon moteur	8 dents
13	1	Frein à manque de courant	
14	1	Ressort de compression	
15	3	Billes d'indexage	3 billes à 90°
16	1	Axe de commande	
17	1	Anneau élastique d'arrêt	
Rep	Nb	Désignation	Observations
Nomenclature			



Ech: 0.75

Vérifié par
Education nationale

Conçu par
Education nationale

Nomenclature du
dessin d'ensemble

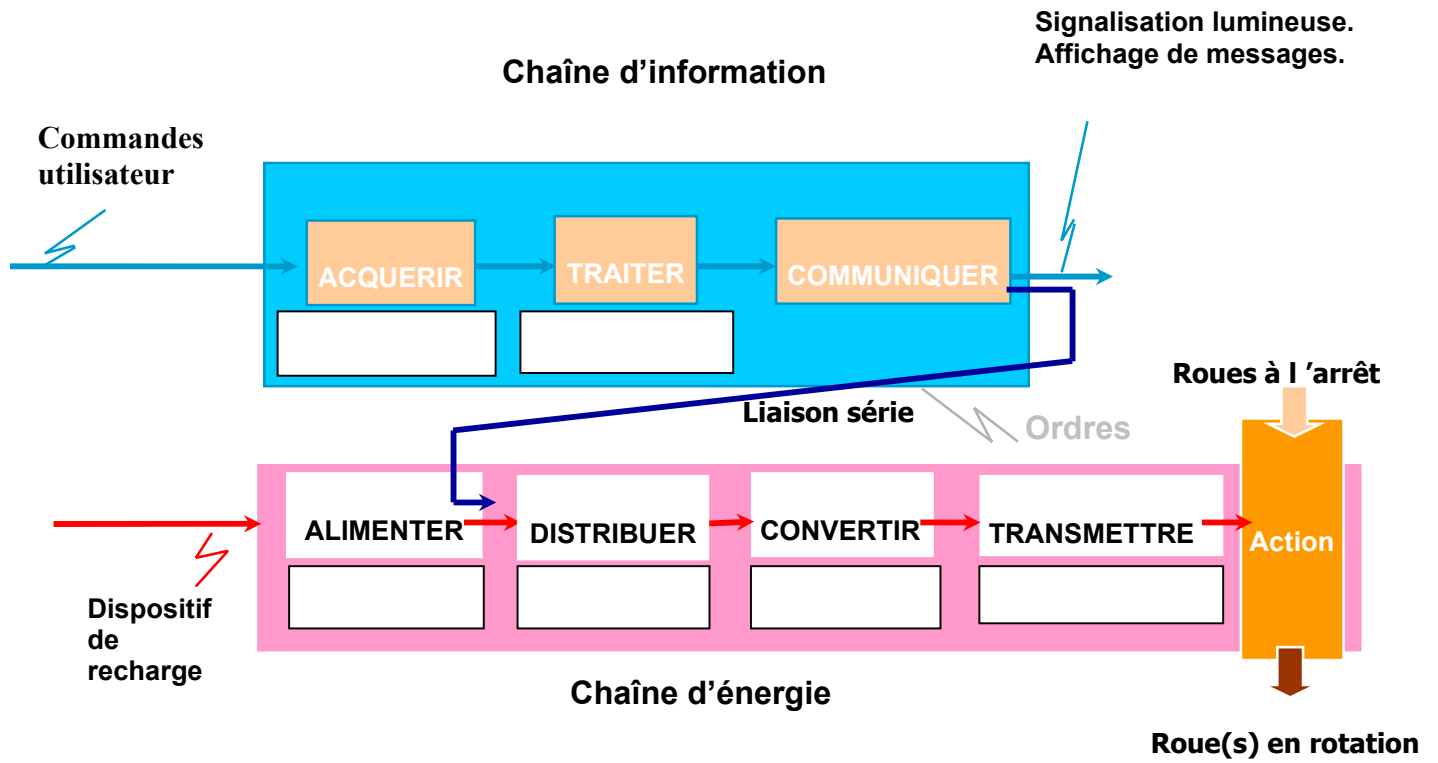
Document ressource 4

page16

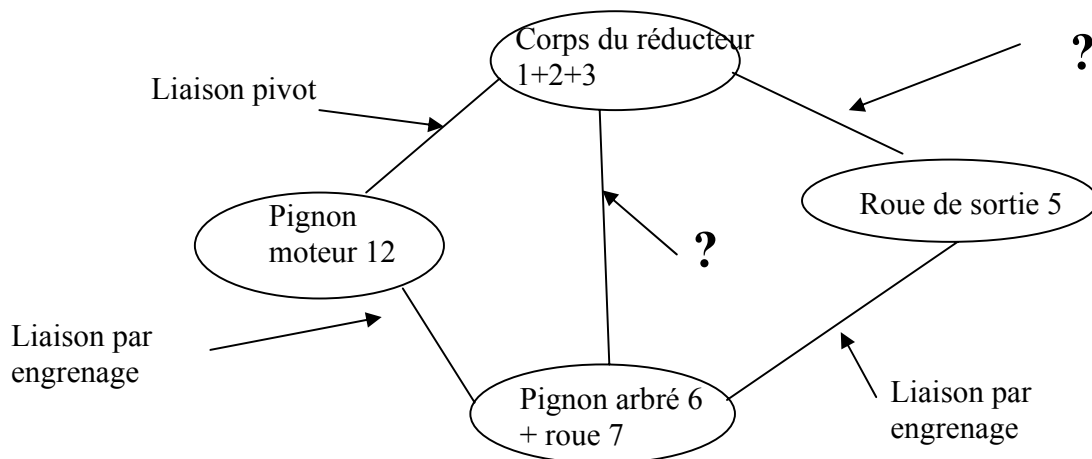


Document réponse 1

Question 1.1



Question 1.2



Document réponse 2

Question 1.3:

Compléter à partir du dessin d'ensemble et de la vue 3D ci-dessus sur document réponse 1 le schéma cinématique du mécanisme transmission en fonctionnement normal.

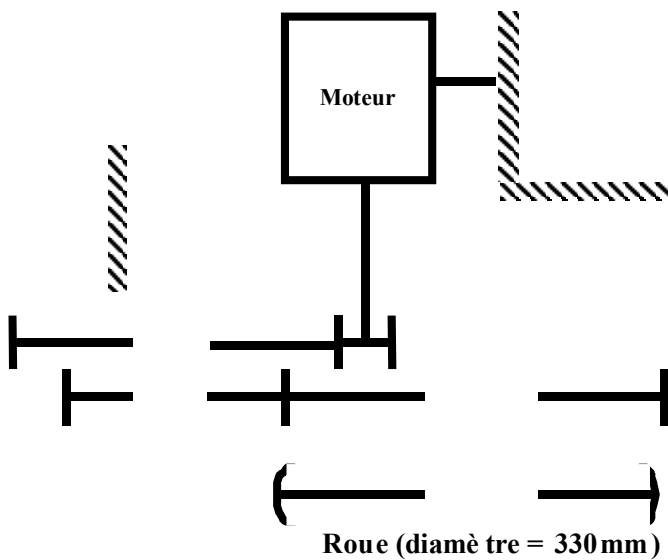
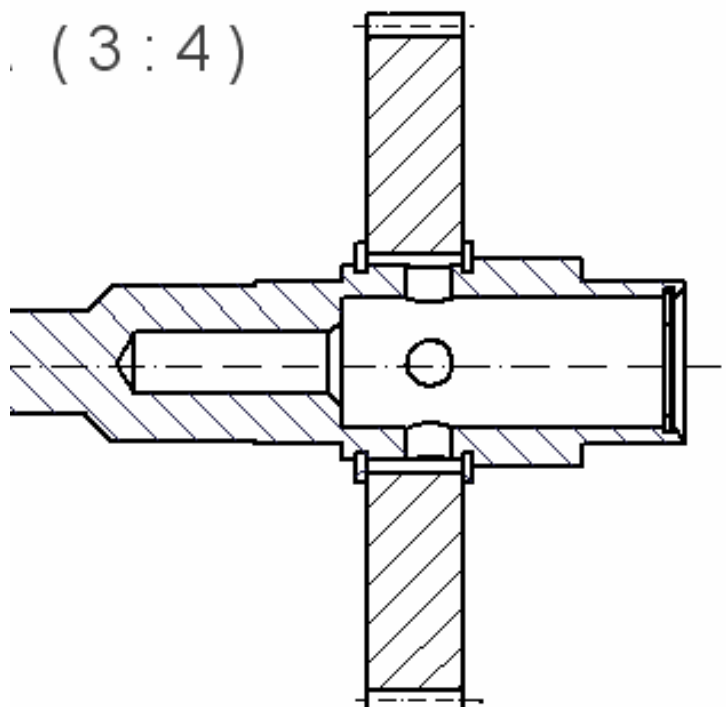


Schéma cinématique
de la transmission
d'une des deux roues
arrières à compléter.

Question 1.4 : Etude du débrayage de la roue de l'arbre de sortie.



Document réponse 3

Questions 3.2 ;3.4 ;3.5 ;3.6

A : LED allumée ; E : LED éteinte

	V+: Tension sur la borne +			V-: Tension sur la borne -			Tension sur la sortie S			Etat de la LED					
	Vbat=21V	Vbat=24V	Vbat=27V	Vbat=21V	Vbat=24V	Vbat=27V	Vbat=21V	Vbat=24V	Vbat=27V	Vbat=21V	Vbat=24V	Vbat=27V	Vbat=21V	Vbat=24V	Vbat=27V
A1				9.76							D1		D1		D1
A2	12.19	12.19	12.19	9.76							D2		D2		D2
A3	11.89	11.89	11.89	9.76							D3		D3		D3
A4				9.76							D4		D4		D4
A5	11.28	11.28	11.28	9.76							D5		D5		D5
A6	10.97	10.97	10.97	9.76							D6		D6		D6
A7				9.76							D7		D7		D7
A8	10.36	10.36	10.36	9.76							D8		D8		D8
A9	10.06	10.06	10.06	9.76							D9		D9		D9
A10				9.76							D10		D10		D10