

| | | | |
|---|-------------|---------------------|------------------|
| 2 | مدة الانجاز | علوم المهندس | المادة |
| 3 | المعامل | العلوم الرياضية (ب) | الشعبة أو المسلك |

MODEL D'UN PROTOTYPE DE VOITURE ELECTRIQUE



G.S.A

Le sujet comporte au total 14 pages.

Le sujet comporte 3 types de documents :

Pages 2 à 6 : Socle du sujet comportant la présentation et les situations d'évaluation (SEV) (Couleur Jaune).

Pages 7 à 9 : Documents ressources portant la mention **DRES XX** (Couleur Rose).

Pages 10 à 14 : Documents réponses portant la mention **DREP XX** (Couleur Blanche).

Le devoir comporte 2 situations d'évaluation (SEV)

SEV1 : ANALYSE FONCTIONNELLE ET ETUDE DE LA TRANSMISSION DE PUISSANCE

SEV2 : ÉTUDE ÉNERGÉTIQUE

Les 2 situations d'évaluation sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre quelconque après lecture des paragraphes I, II, III et IV.

Le devoir est noté sur 20 points

Aucun document n'est autorisé.
Sont autorisées les calculatrices non programmables.

I. INTRODUCTION

Pour réduire les émissions de gaz nocifs et économiser les énergies fossiles (l'essence et le gasoil), les constructeurs proposent des voitures électriques qui permettent aux usagers de *se déplacer économiquement en réduisant les émissions polluantes*.

II. PRESENTATION DU SYSTEME

Pour appréhender le principe de la voiture électrique, on dispose, comme le montre la **figure 1-DRES 01-**, page 7 d'un prototype (Phase d'essai) constituée d'un demi- essieu de train arrière du véhicule électrique, elle permet l'étude des différentes problématiques liées au véhicule électrique réel (transmission, énergie, commande,...).

III. DESCRIPTION

Le prototype est constitué de **2** chaînes :

1. Une chaîne d'énergie englobe **4** fonctions génériques :

- **L'alimentation** : assurée par une batterie ;
- **La distribution** : réalisée par un variateur de vitesse ;
- **La conversion** : assurée par un moteur asynchrone triphasé de traction ;
- **La transmission** est réalisée par :
 - Un système poulies-courroie ;
 - Un double joint de cardan.

2. Une chaîne d'information assurant **3** fonctions génériques :

- **L'acquisition est assurée par** :
 - Un capteur de vitesse ;
 - Un capteur de température pour surveiller la batterie ;
 - Une pédale d'accélération ;
 - Un levier à trois positions : Centre (arrêt), Haute (marche avant), Basse (marche arrière).
- **Le traitement** est assuré par une carte électronique à base du microcontrôleur ;
- **La communication** est assurée par :
 - Un réseau de terrain (réseau de capteurs / actionneurs) utilisant un protocole de communication série ;
 - Une interface homme / machine (tableau de bord).

G.S.A

IV. FONCTIONNEMENT

- L'utilisateur tourne d'abord la clef de contact pour alimenter en énergie électrique les différents circuits et allume, par la même action, le tableau de bord sur lequel on dispose d'un indicateur de charge de la batterie et d'un second indicateur de vitesse des roues.
- Puis, il choisit le sens de marche (marche avant ou marche arrière) par action sur le levier.
- Ensuite, il appuie sur la pédale d'accélération pour atteindre la vitesse désirée.
- Enfin, il remet le levier en position du centre et coupe le contact pour arrêter le système.

V. SITUATIONS D'ÉVALUATION

SEV 1 : Analyse fonctionnelle et étude de la transmission de puissance [24 pts]

Tâche 1 : Application de quelques outils de l'analyse fonctionnelleRépondre sur DREP1 page 10

Dans le but d'identifier le besoin et les fonctions de service, on se propose d'appliquer au système quelques outils de l'analyse fonctionnelle.

Question : 1. Identifier le besoin en complétant le diagramme « bête à cornes ».

Question : 2. En utilisant le tableau ci-dessous, compléter le diagramme SADT de niveau A-0 en plaçant le numéro (N°) du descriptif correspondant.

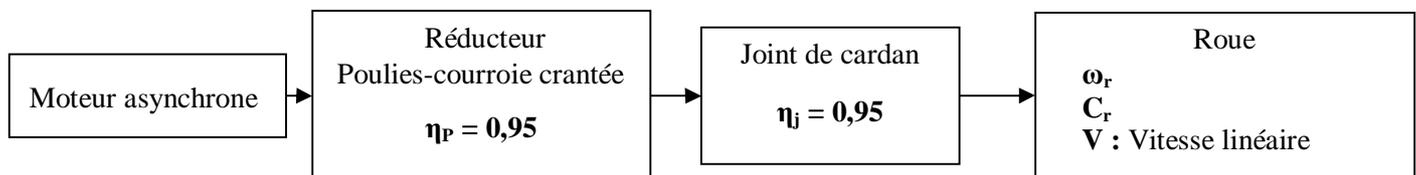
| N° | Descriptif | N° | Descriptif | N° | Descriptif |
|----|--------------------------------|----|--|----|---------------------------------------|
| 1 | Énergie perdue | 4 | Se déplacer économiquement en réduisant les émissions polluantes | 7 | Réglage |
| 2 | Exploitation | 5 | Conducteur et passagers au départ | 8 | Énergie électrique |
| 3 | Informations – tableau de bord | 6 | Configuration | 9 | Conducteur et passagers à destination |

Question : 3. En vous aidant de la description du prototype (page 2, description III), compléter le FAST partiel.

Tâche 2 : Étude de la transmission de puissance

L'objectif de cette étude est la compréhension des solutions constructives et la vérification de la compatibilité du moteur de traction choisi par le constructeur.

La transmission de l'énergie à la roue se fait comme représentée sur le schéma synoptique suivant :



- Moteur : $P_N = 1,7 \text{ kW}$.
- Vitesse maximale : $V = 60 \text{ km/h}$.
- Réducteur : rapport de réduction $k = 1/6$, ($Z_1 = 12 \text{ dents}$ et $Z_2 = 72 \text{ dents}$).
- Roue : diamètre $D = 560 \text{ mm}$.

Compréhension de la solution constructiveRépondre sur DREP2 page 11

En se référant au document ressource **fig.2 -DRES 01-** page 7 et à la chaîne de transmission de la roue représentées sur le schéma synoptique ci-dessus, répondre aux questions suivantes :

Question : 4. Quel est le nom de la liaison entre l'arbre moteur et la poulie motrice ?

Question : 5. Quel est le nom de la liaison entre l'arbre de la poulie réceptrice et le bati (L1) ?

Question : 6. Pourquoi utilise-t-on un système poulies-courroie ?

Question : 7. Citer une solution similaire qui peut remplacer le système poulies-courroie. (En gardant le même entraxe).

Question : 8. La liaison entre la jante et le moyeu 1 est représentée par : Figure 6, Figure 7 et Figure 8 page 8
 a - Indiquer la mise en position MIP et le maintien en position MAP de cette liaison
 b- Donner le rôle de la rondelle Grower utilisée dans ce montage Figure 8 page 8.

Question : 9. Le guidage du moyeu 2 de la roue avec le support 1 de la chape de l'amortisseur est représenté par l'assemblage 3D Figure 10 et le dessin d'ensemble Figure 11 page 9

- a- Donner le nom de cette liaison
- b- Donner la solution constructive adoptée ce guidage
- c- Compléter le schéma de ce guidage en ajoutant les arrêts axiaux des éléments de guidage relatif à la solution adoptée.
- d- Pour ce montage, préciser les types d'ajustement: avec jeu ou serré.

Question : 10

Répondre sur DREP3 page 12

Compléter le dessin de couvercle 3 en:

- Vue de face
- Vue de gauche en coupe A-A

Tâche 2 : Vérification de la compatibilité du moteur de traction

Répondre sur DREP3 page 12

Lors des essais, on crée une situation de fonctionnement qui simule le mouvement de déplacement sur une pente d'angle α qui nécessite une force de traction $F_T = 180 \text{ N}$ (Figure 3-DRES 01-). La vitesse à ne pas dépasser sur la pente est de **30 km/h**.

Question : 11 Calculer le couple C_r exercé sur la roue (en N.m).

Question : 12 À partir du tableau des joints de cardan (DRES 01, Figure 4 page 7), choisir la référence du joint d convenable.e cardant

Pour la fonction du joint de cardant voir Figure 5 DRES 01 page 7.

Question : 13 Calculer la vitesse angulaire ω_r de la roue (en rad/s).

Question : 14 Calculer la vitesse angulaire ω du moteur (en rad/s).

Question : 15 Déduire la vitesse de rotation N du moteur (en tr/min).

Répondre sur DREP4 page 13

Question : 16 Calculer le couple moteur C (en Nm).

Question : 17 Calculer la puissance du moteur P_M (en kW).

Question : 18 Le moteur choisi par le constructeur répond-t-il aux conditions de fonctionnement exigées ?

SEV 2 : Étude énergétique [27,5 pts]

L'alimentation du prototype est assurée par une batterie (tension $E = 24 \text{ V}$ continue). Le moteur asynchrone est alimenté par un variateur de vitesse triphasé **fig.a** :

- Tension nominale entre phases $U = 15 \text{ V}$;
- Courant maximal fourni par la batterie $I_{\text{Max}} = 200 \text{ A}$;
- Fréquence nominale $f = 123 \text{ Hz}$.

Chaque phase est commandée par quatre interrupteurs électroniques **fig. b**.

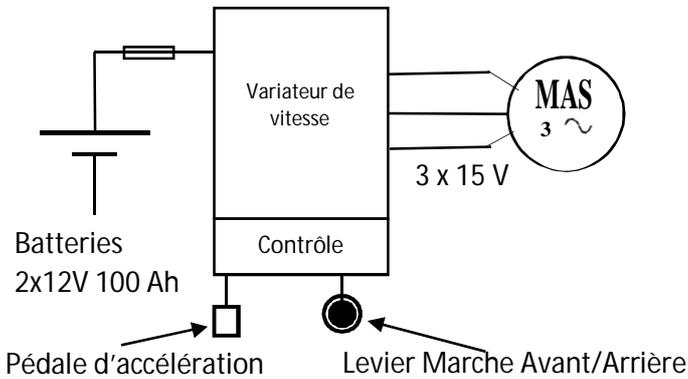


Fig. a

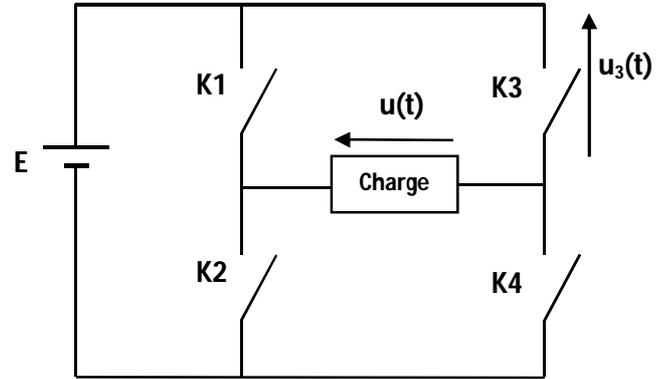


Fig.b

Le tableau ci-dessous indique les états de conduction des interrupteurs :

| Interrupteurs | $0 < t < \alpha T$ | $\alpha T < t < \frac{T}{2}$ | $\frac{T}{2} < t < \frac{T}{2} + \alpha T$ | $\frac{T}{2} + \alpha T < t < T$ |
|---------------|--------------------|------------------------------|--|----------------------------------|
| K1 | Fermé | Fermé | Ouvert | Ouvert |
| K2 | Ouvert | Ouvert | Fermé | Fermé |
| K3 | Fermé | Ouvert | Ouvert | Fermé |
| K4 | Ouvert | Fermé | Fermé | Ouvert |

Tâche 1 : Étude du variateur de vitesse

Répondre sur DREP4 page 13

Pour $\alpha = 1/10$ et $f = 123 \text{ Hz}$

Question : 19 Représenter en fonction du temps, pour une période T , la tension $u(t)$ aux bornes de la charge et la tension $u_3(t)$ aux bornes de l'interrupteur **K3**.

Question : 20 Calculer la valeur de la période T exprimée en ms.

Question : 21. Déterminer, à partir du tableau de spécifications (**DRES 02**), la référence du variateur de vitesse.

Le schéma structurel du variateur de vitesse est donné la figure 9 page 8.

Question : 22 Mettre une croix (\boxtimes) dans la case qui correspond au **convertisseur** entouré en trait interrompu sur le schéma structurel ci-dessous.

Question : 23 Quelle est la conversion réalisée par ce convertisseur ?

Question : 24 Proposer un composant qui peut remplacer l'interrupteur électronique.

Tâche 2 : Étude du moteur**Répondre sur DREP5 page 14**

Le moteur du prototype est de type asynchrone triphasé à cage. Ce moteur est associé à un variateur de vitesse électronique type MLI.

Données techniques du moteur : Référence DLGF90110

| | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Puissance nominale : 1,7 kW | Vitesse nominale : 3500 tr/min | Rendement : $\eta = 85\%$ |
| Tension : 15V/26V | Fréquence : 123 Hz | Facteur de puissance : 0,85 |

Question : 25 Sachant que la vitesse de synchronisme n_s est de **3690 tr/min**, quel est alors le nombre de pôles du moteur ?

Question : 26 Préciser le couplage des enroulements du moteur (MAS). Justifier votre réponse.

Question : 27 Représenter sur le schéma le couplage des enroulements conformément à la réponse apportée à la question précédente.

Question : 28 À partir des données techniques fournies, calculer le couple nominal C_N du moteur.

Question : 29 Que signifie la tension 15V/26V ?

Question : 30 Calculer le courant (I_a) absorbé par ce moteur dans les conditions nominales.

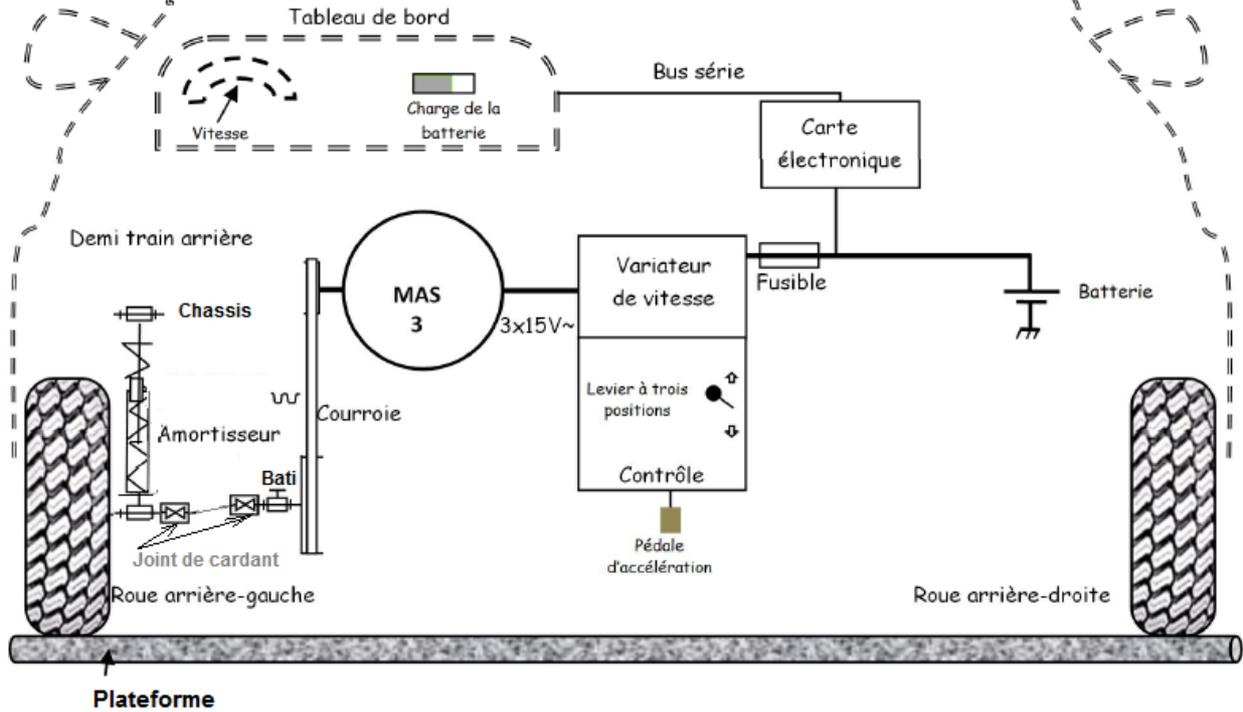


Figure 1

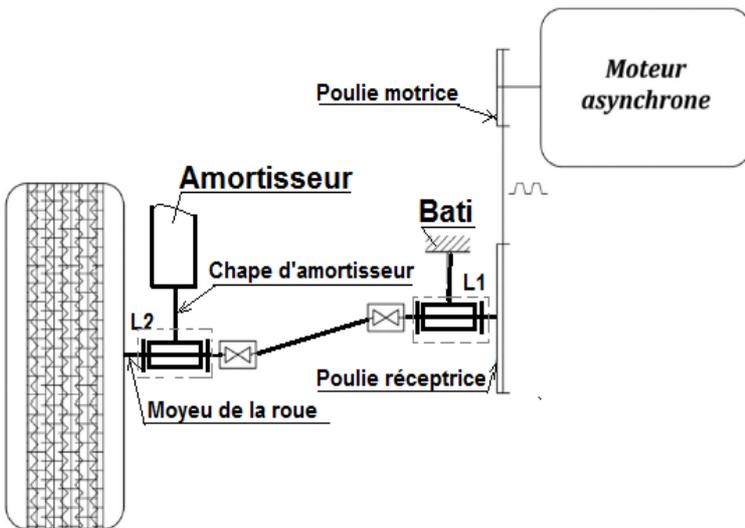


Figure 2

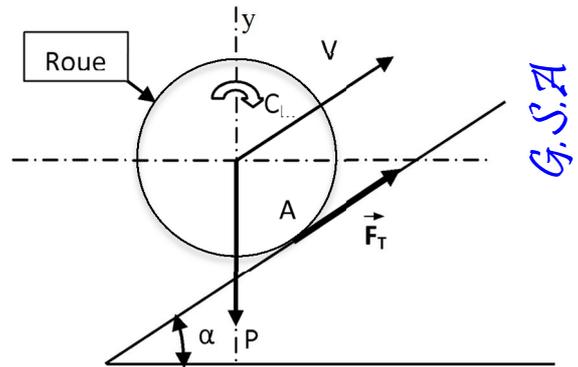
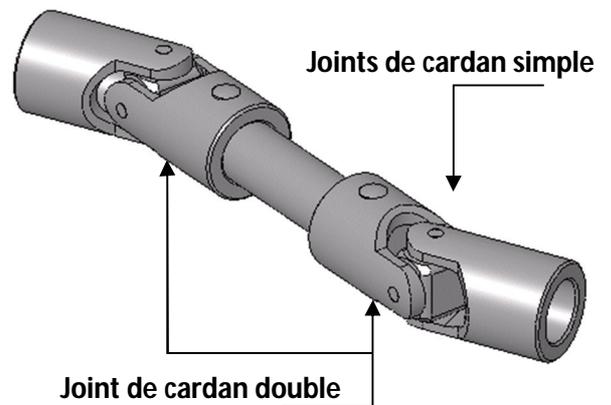


Figure 3

| Référence | | Couple max. N.m |
|--------------|--------------|-----------------|
| Joint simple | Joint double | |
| PA 22 | - | 10 |
| PA 26 | PPA 26 | 18 |
| PA 32 | PPA 32 | 35 |
| PA 40 | PPA 40 | 60 |
| PA 50 | PPA 50 | 100 |
| PA 63 | PPA 63 | 150 |

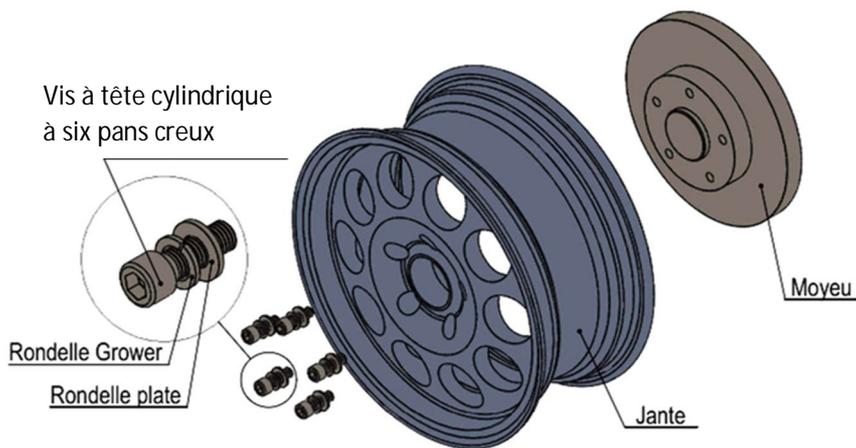
Figure 4 : Tableau de joints de cardan



- Un joint de cardan permet la transmission de mouvement de rotation entre deux arbres concourants
- Un joint de cardan double permet la transmission de mouvement entre deux arbres parallèles à entraxe variable.

Figure 5

G.S.A



Vue éclatée du montage de la roue

Figure 6

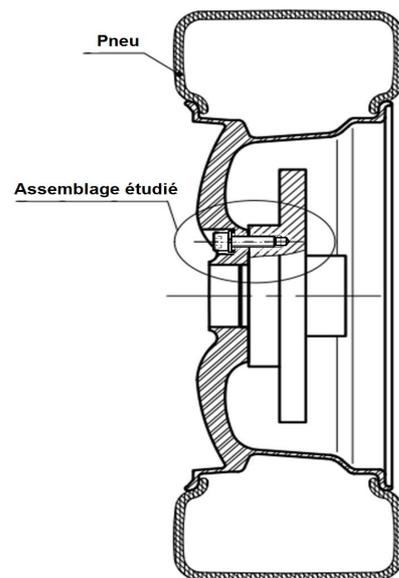


Figure 7

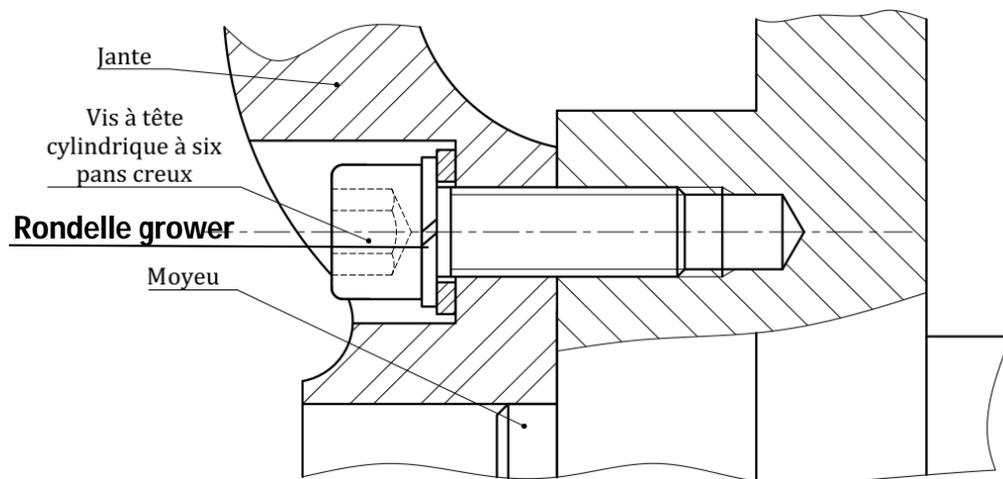


Figure 8

G.S.A

Synoptique de la fonction Varier la vitesse

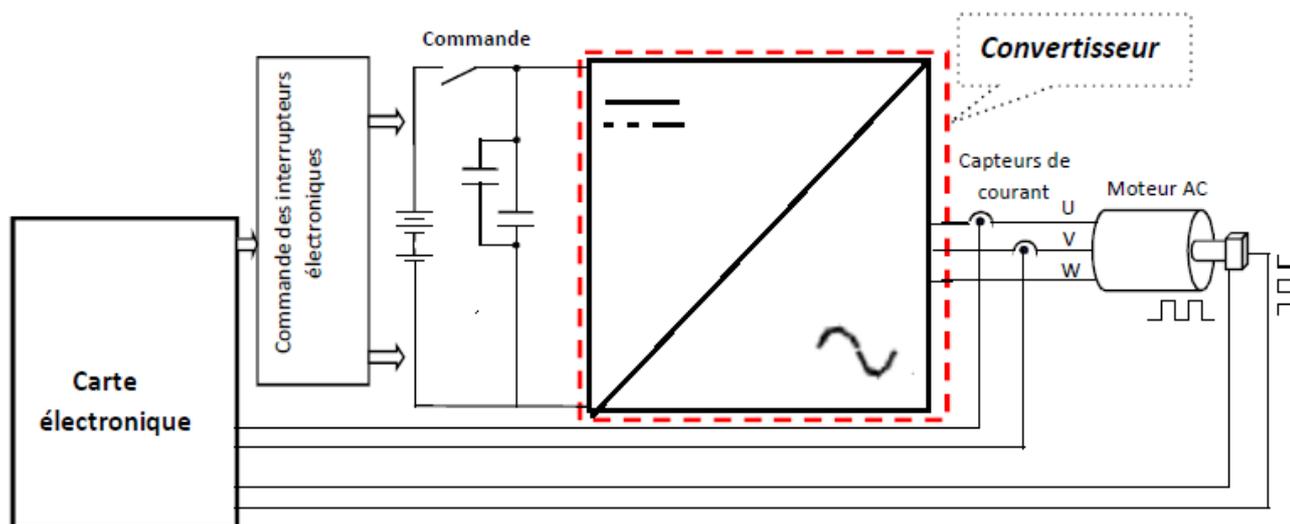


Schéma structurel du variateur de vitesse

Figure 9

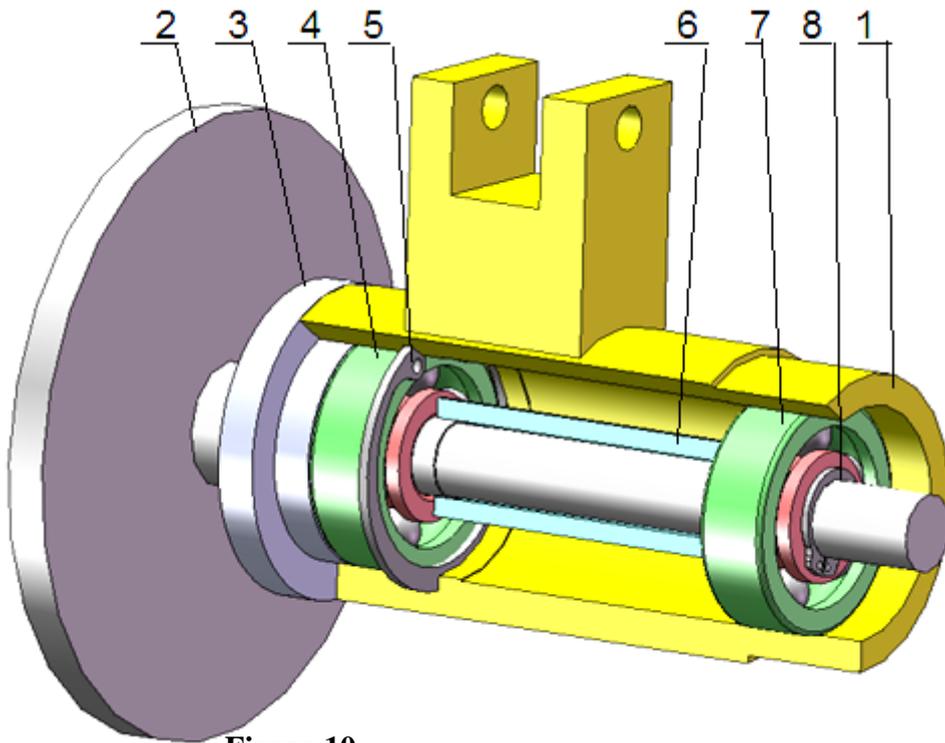


Figure 10

| | | | |
|-----|-------------|-----|-------------|
| 4 | Roulement | 8 | Circlips |
| 3 | Couvercle | 7 | Roulement |
| 2 | Moyeu | 6 | Entretoise |
| 1 | Support | 5 | Circlips |
| Rep | Désignation | Rep | Désignation |

G.S.A

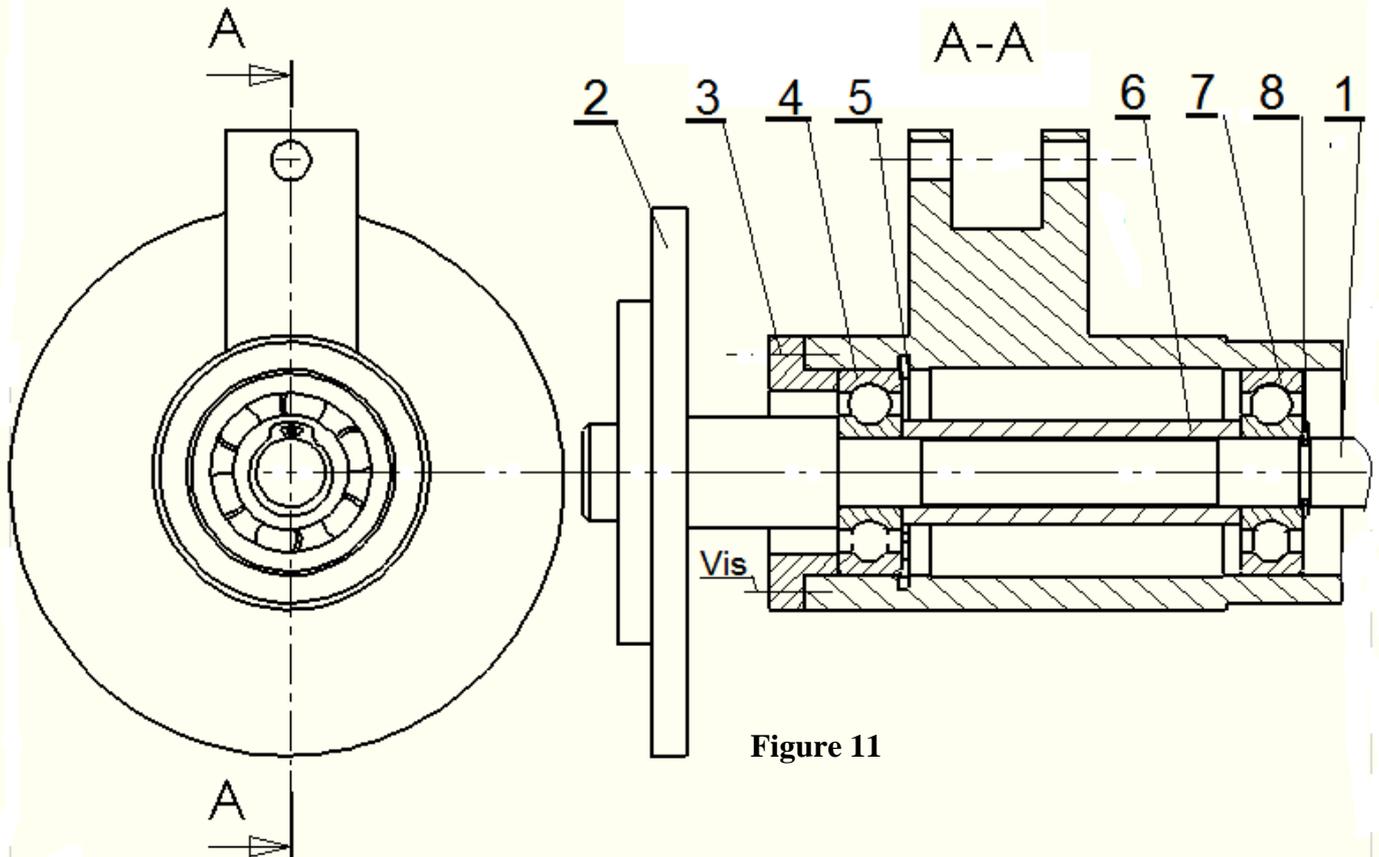


Figure 11

Question :4.

[0.25pt]

Question :5.

[0.25pt]

Question :6.

[0.25pt]

Question :7.

[0.25pt]

Question :8

a- MIP

[0.5pt]

b MAP

[0.5pt]

Question :9.

[0.25pt]

a-

b-

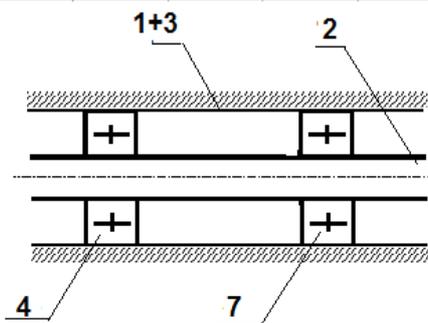
[0.25pt]

c-

[0.25pt]

d-

[1pt]



e-

Les bagues extérieures sont montées :.....

[0.25pt]

Les bagues intérieures sont montées :.....

[0.25pt]

G.S.A

