

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
الدورة الاستدراكية 2016
- الموضوع -

RS44

ⵜⴰⴳⴷⴰⵏⵜ ⵏ ⵎⴰⴳⴷⴰⵢⵜ
ⵜⴰⵎⴰⴳⴷⴰⵢⵜ ⵏ ⵔⴰⵎⴰⴳⴷⴰⵢⵜ
ⵏ ⵔⴰⵎⴰⴳⴷⴰⵢⵜ



المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتكوين المهني

المركز الوطني للتقويم
والامتحانات والتوجيه

| | | | |
|---|-------------|---------------------|------------------|
| 3 | مدة الإنجاز | علوم المهندس | المادة |
| 3 | المعامل | العلوم الرياضية "ب" | الشعبة أو المسلك |

Constitution de l'épreuve

| | | |
|-----------|----------------------------|-----------------------------------|
| Volet 1 : | Présentation de l'épreuve | page 1. |
| Volet 2 : | Présentation du système | page 2. |
| Volet 3 : | Substrat du sujet | pages 2, 3, 4. |
| | Documents réponse D.Rep | pages 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. |
| | Documents ressources D.Res | pages 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18. |

Volet 1 : Présentation de l'épreuve



Frontière de l'étude

| | |
|------------------------------|--|
| Système à étudier : | Système d'aide au pédalage (S.A.P). |
| Durée de l'épreuve : | 3 h. |
| Coefficient : | 3. |
| Moyens de calcul autorisés : | Calculatrices scientifiques non programmables. |
| Documents autorisés : | Aucun. |

- Vérifier que vous disposez bien de tous les documents (1/18 à 18/18)
- Faire une lecture attentive afin de vous imprégner du sujet.
- Rédiger les réponses aux questions posées sur les documents réponse D.Rep.

NB : Tous les documents réponse D.Rep sont à rendre obligatoirement.

Volet 2 : Présentation :

Le système objet de notre étude équipe un vélo dit à assistance électrique. Il est **appelé système d'aide au pédalage**. Les vélos équipés de ce système ne sont pas des vélos électriques, car sans la puissance musculaire développée par le cycliste, il n'y a pas d'assistance électrique.

Conditions de fonctionnement automatisé :

Lorsque le pédalage devient difficile (Démarrage, pente, vent de face ...), une batterie apporte la puissance d'aide nécessaire au cycliste. Cette puissance d'aide dépend du couple de pédalage et de la vitesse du vélo relevés par des **capteurs appropriés** qui délivrent au **calculateur** les informations nécessaires. Dès le démarrage et jusqu'à la vitesse de **15 km/h**, le système d'aide au pédalage fournit **50 %** de la puissance nécessaire au déplacement du vélo. A partir de **15 km/h**, le pourcentage d'apport de puissance diminue pour s'annuler à **24 km/h**.

Remarque : Un sélecteur à deux positions (**ON/OFF**) permet de mettre ou non en service le système d'aide au pédalage.

Principe de fonctionnement : (Voir **D.Res1, D.Res2, D.Res3, D.Res6** et **D.Res7**).

Le système d'aide au pédalage est un système de transmission mécanique à deux entrées et une sortie. La puissance motrice sur la roue est la somme de la puissance musculaire fournie par le cycliste et de la puissance électrique d'appoint fournie par un moteur à courant continu **11** à commande par hacheur. Cet apport complémentaire de puissance est fonction du couple de pédalage (mesuré par un capteur de couple) et de la fréquence de rotation de la couronne **7** (mesurée par un capteur de vitesse).

Lorsque l'assistance n'est pas en service toute la puissance est fournie par le cycliste à travers l'axe de pédalier **12**. Cette puissance est transmise par l'intermédiaire du train épicycloïdal (**5, 6, 7**) au pignon de sortie **8**. Un mécanisme roue libre complète la chaîne cinématique.

Lorsque l'assistance est en service, le moteur à courant continu fournit une puissance d'appoint à la couronne **7** par l'intermédiaire d'un pignon conique **13** et d'un réducteur épicycloïdal à galets monté à la sortie du moteur. Un mécanisme à roue libre **3** évite de détériorer le moteur et de le transformer en génératrice en le désaccouplant de la chaîne cinématique lorsque la fréquence de rotation devient trop importante.

Volet 3 : Substrat du sujet

Pour être convainquant et satisfaire la curiosité de la clientèle de bicyclettes menées par des systèmes d'aide au pédalage, vous êtes amenés à comprendre son fonctionnement à travers trois situations d'évaluation :

Situation d'évaluation 1

Utiliser les informations contenues dans le cahier des charges fonctionnel pour apercevoir le système en termes de fonctions répondant au besoin.

A partir de la présentation du système et des documents ressources : **D.Res4** et **D.Res5**, réaliser les tâches suivantes :

Tâche n°1 : Analyser le besoin.

➤ **Exprimer le besoin :** Sur le document réponse **D.Rep1**.

Q.01. A qui le système rend-il service ?

Q.02. Sur quoi agit-il ?

Q.03. Dans quel but ?

➤ **Valider le besoin :**

Q.04. Cocher parmi les expressions proposées, celle qui pourra faire disparaître ce besoin.

Tâche n°2 : Interpréter le diagramme des interactions.

Q.05. Le cadre et la roue font-ils partie du système étudié ?

Q.06. Compléter le tableau de classification des fonctions en mettant une croix (X) dans la case qui convient.

Tâche n°3 : Exploiter le tableau de caractérisation des fonctions de service.

Sur **D.Rep2**.

Q .07. Quelles sont les indications qui montrent que le constructeur a pensé à limiter les conséquences des agressions du milieu environnant sur le système d'aide au pédalage ?

Q .08. Pour un effort de **156 N** sur la pédale, aura-t-on une assistance d'aide au pédalage ou non ? (cocher la bonne réponse).

Q .09. Pourquoi le constructeur a limité la vitesse du cycliste sous assistance seule à **24 Km/h** ? Cocher la bonne réponse.

Tâche n°4 : Comprendre l'architecture fonctionnelle du système d'assistance.

Q.10. Compléter le diagramme de la chaîne fonctionnelle.

Situation d'évaluation 2

Utiliser une démarche technique pour étudier l'agencement, la performance et les mouvements des éléments du système d'aide au pédalage dans le but de valider les fonctions de service liées à la transmission de puissance.

Tâche n°1 : Lire le dessin d'ensemble du système en s'aidant du modèle cinématique proposé.

Sur **D.Rep3** et à partir des documents ressources **D.Res2, D.Res3, D.Res6** et **D.Res7**.

Q.11. Compléter la classe d'équivalence **E₇**.

Q.12. Donner le nom des pièces repérées **1,2** et **20**.

Q.13. Donner le nom de la liaison réalisée entre le couvercle **21** et le carter **15**.

Q.14. Donner le nom de la liaison réalisée par les éléments **1** et **2** entre l'ensemble **{15, 21}** et l'axe du pédalier **12**.

Q.15. On donne une vue en coupe **A-A** du couvercle **21** seul et on demande de compléter cette vue par :

- La représentation normalisée de ce qui manque dans la zone encadrée ;
- Le tracé des hachures.

Sur **D.Rep4** :

Q.16. Etant donné le dessin de l'axe du pédalier **12** en perspective. On demande de :

- Préciser le rôle des gorges indiquées sur le dessin ;
- Placer convenablement les noms des formes suivants : **Filetage – épaulement – chanfrein** et **méplat**.

Q.17. Pour le montage correct de la pièce **20**, on utilise la pièce appelée butée dont la perspective et la vue de face sont données. On demande de compléter la vue de droite et la vue de gauche en coupe **B-B**.

Tâche n°2 : Valider le niveau du critère d'appréciation de la fonction contrainte **FC4** donné par le constructeur sur **D.Res5** et **D.Res6**.

Sur **D.Rep5** :

Q.18. On donne le tableau englobant les rapports de transmission du système et on demande de le compléter par les expressions et les calculs qui manquent.

Remarque : Tous les mouvements de rotation sont considérés par rapport au cadre et sont notés ω_i où i est le repère de la pièce.

Q.19. Compléter la chaîne cinématique de transmission de mouvement du moteur vers la roue arrière par les expressions et le calcul des vitesses demandées.

Sur **D.Rep6 :**

Q.20. Préciser si la fonction **FC4** est validée ou non, sachant que la vitesse maximale du moteur est de **3000 tr/min**.

Tâche n°3 : Etudier la transmission du pédalier **12** vers la roue arrière en vue de tracer $N_{12} = f(V)$. (N_{12} est la vitesse de rotation du pédalier en **tr/min** et V est la vitesse de translation du vélo en **km/h**).

Q.21. Exprimer $\omega_{nex} / \omega_{12}$ en fonction des nombres de dents des roues intervenant dans la transmission.

Q.22. Exprimer V en fonction de la vitesse de rotation du pignon ω_{nex} et du rapport R_i de la boîte de vitesse nexus en tenant compte de l'expression de V en fonction de d_{RA} vue en **Q.19**.

Q.23. Donner finalement l'expression de ω_{12} en fonction V , d_{RA} , R_i , Z_6 , Z_7 , Z_8 et Z_{nex} .

Q.24. L'expression trouvée en **Q.23** nous permet d'écrire la relation suivante : $N_{12} = 5 V / R_i$

N_{12} (vitesse de rotation du pédalier en **tr/min**), V (vitesse de translation du vélo en **Km/h**) et R_i (rapport de transmission de la boîte de vitesse Nexus). Représenter $N_{12} = f(V)$ pour chacun des rapports de transmission.

Situation d'évaluation 3

Le traitement des informations issues des capteurs de vitesse et du couple doit générer un signal de commande du moteur. Pour connaître le principe de cette commande on vous propose de réaliser la tâche suivante :

Tâche n° 1 : Appréhender les caractéristiques du signal de commande fourni et leur effet sur la vitesse du moteur. Sur **D.Rep7** et en se référant au schéma de principe de la commande du moteur **D.Res7**.

Q.25. U_h doit varier entre une valeur minimale U_{h0} et une valeur maximale U_{h1} . Calculer ces deux valeurs.

Q.26. Pour quelle valeur de U_h aura-t-on $\alpha = 0,75$?

Q.27. Pour $\alpha = 0,75$, tracer la courbe de la tension aux bornes du moteur (échelle : **1 cm** \longrightarrow **8 V**) et calculer sa valeur moyenne.

Q.28. Sachant que la résistance du moteur est négligeable, on demande de calculer la vitesse N (**tr/min**). On donne $K_e = 8.10^{-3} V/tr/min$.

D.Rep3

0,25 pt Q.11. Classe d'équivalence E_7 .

$$E_7 = \{7, \dots\}$$

0,25 pt Q.12. Nom des pièces 1, 2 et 20.

| |
|--|
| |
|--|

0,25 pt Q.13. Nom de la liaison entre 21 et 15.

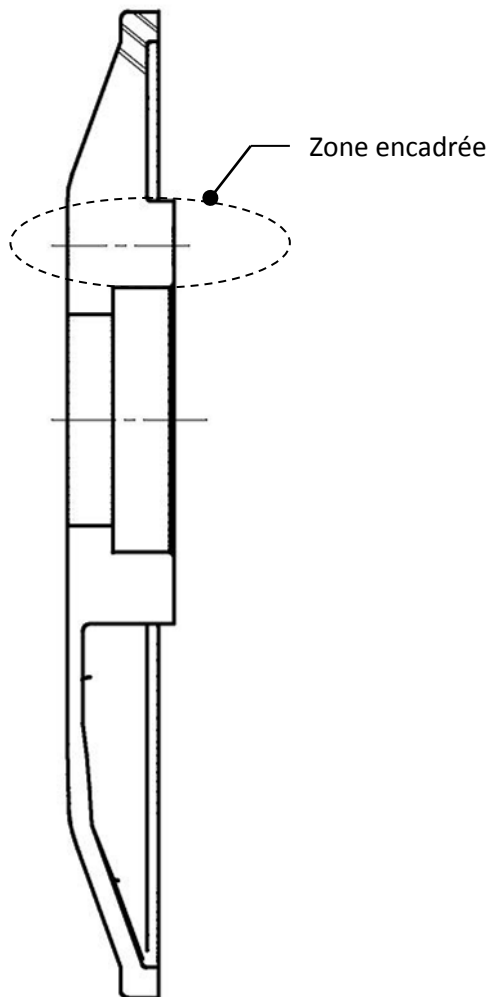
| |
|--|
| |
|--|

0,25 pt Q.14. Nom de la liaison réalisée par les éléments 1 et 2 entre l'ensemble {15, 21} et l'axe du pédalier 12.

| |
|--|
| |
|--|

1 pt Q.15. Couvercle 21 en coupe A-A à compléter.

A-A



D.Rep4

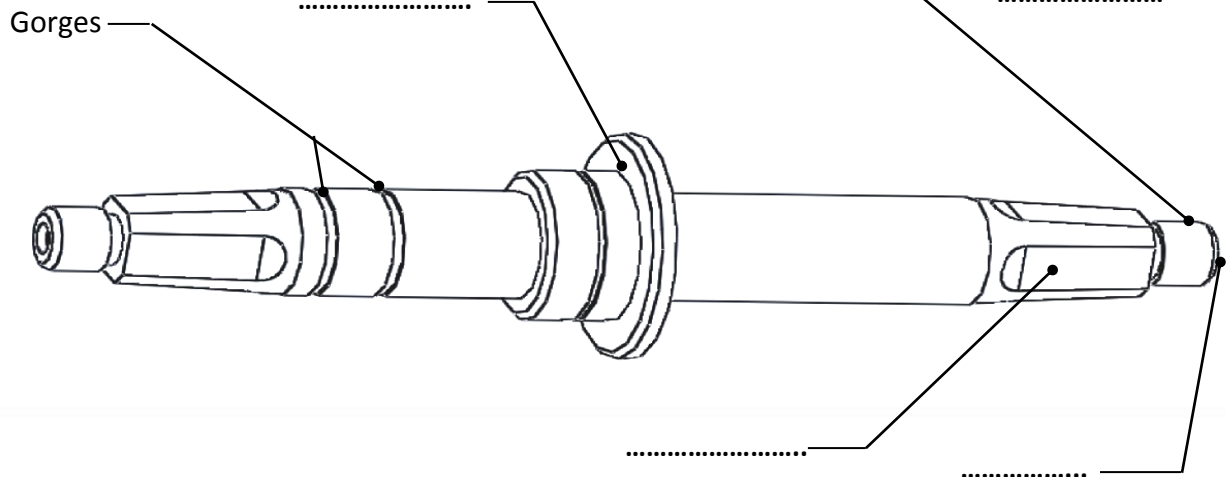
Q.16. Le dessin de l'axe du pédalier 12 en perspective.

0,25 pt

a. Le rôle des gorges :

4 x 0,25 pt

b. Les noms des formes :



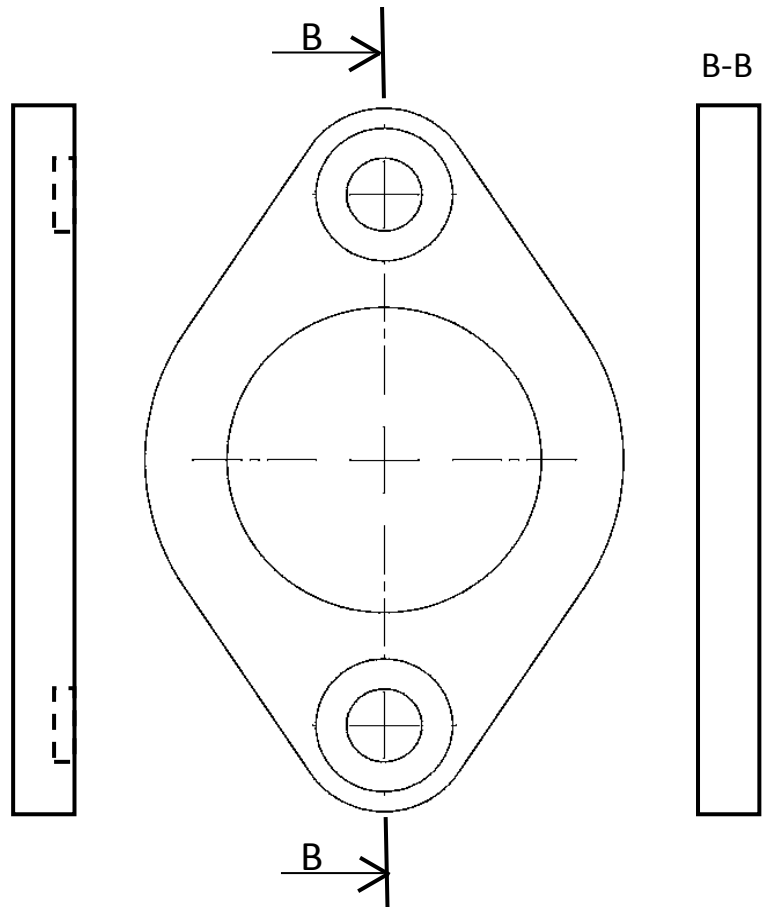
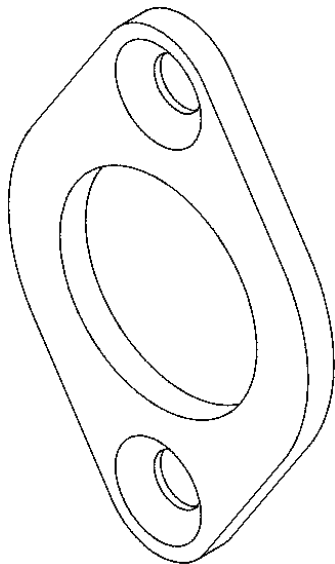
Q.17. Dessin de la butée.

1 pt

Vue de droite.

1 pt

Vue de gauche coupe B-B.

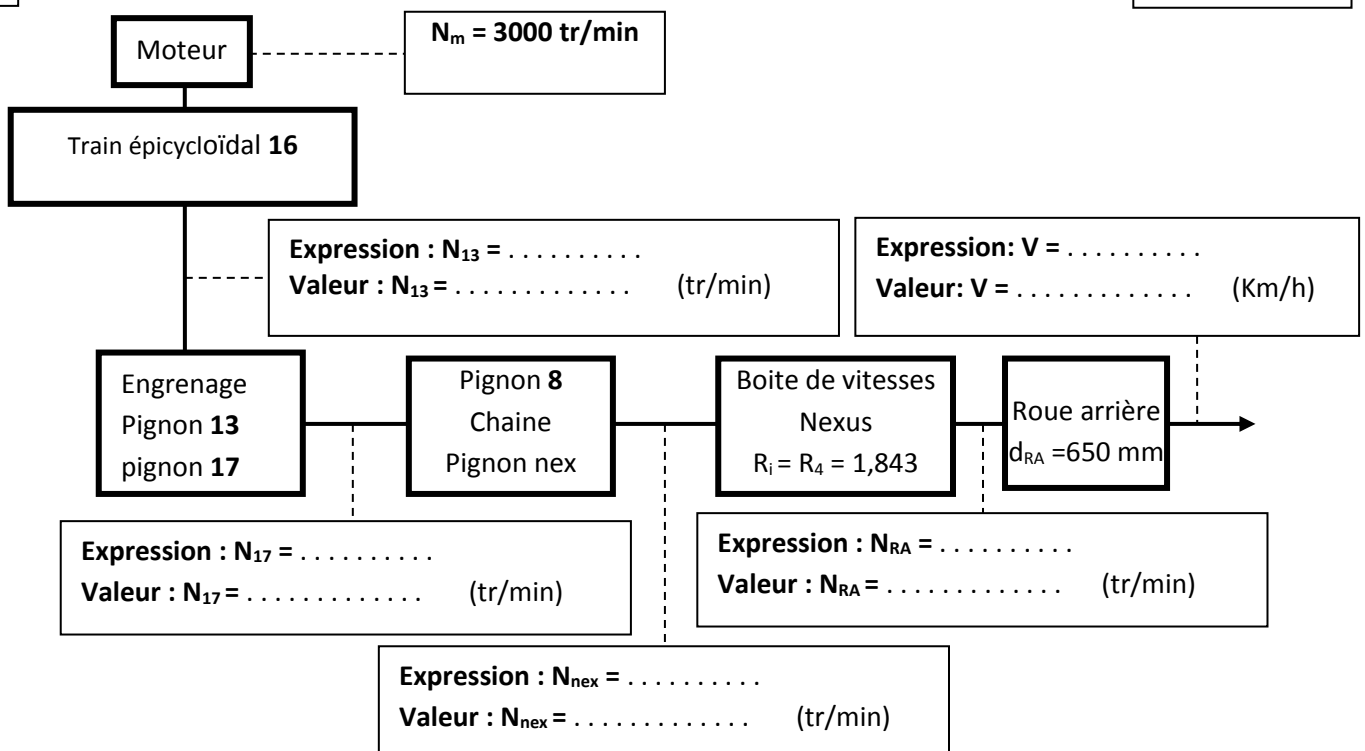


D.Rep5

0,5 pt Q.18. Tableau englobant les rapports de transmission du système. 2 x 0,25 pt

| Dispositif | Entrée | Sortie | Expression littérale du rapport de transmission | Valeur numérique |
|---|----------------|----------------|---|------------------|
| Train épicycloïdal 16 | ω_{11} | ω_{13} | $K_1 = \frac{d_1}{d_1 + d_0}$ | 0.194 |
| Engrenage (13,17) | ω_{13} | ω_{17} | $K_2 = \dots$ | |
| Train épicycloïdal 5, 6, 7 | ω_{12} | ω_7 | $K_3 = \frac{Z_6 + Z_7}{Z_7}$ | 1,478 |
| Pignon de sortie pédalier 8 et pignon nex | ω_8 | ω_{nex} | $K_4 = \dots$ | |
| Boite de vitesse Nexus. | ω_{nex} | ω_{RA} | $R_1 = 1$ | 1 |
| | | | $R_2 = 1 + \frac{Z_{a'}}{Z_m} \times \frac{Z_b}{Z_a}$ | 1,25 |
| | | | $R_3 = 1 + \frac{Z_{b'}}{Z_m}$ | 1,5 |
| | | | $R_4 = 1 + \frac{Z_{c'}}{Z_m} \times \frac{Z_b}{Z_c}$ | 1,843 |

2,5 Pts Q.19. Chaîne cinématique de transmission de mouvement du moteur vers la roue arrière. 0,25 X 10 Pts



D.Rep6

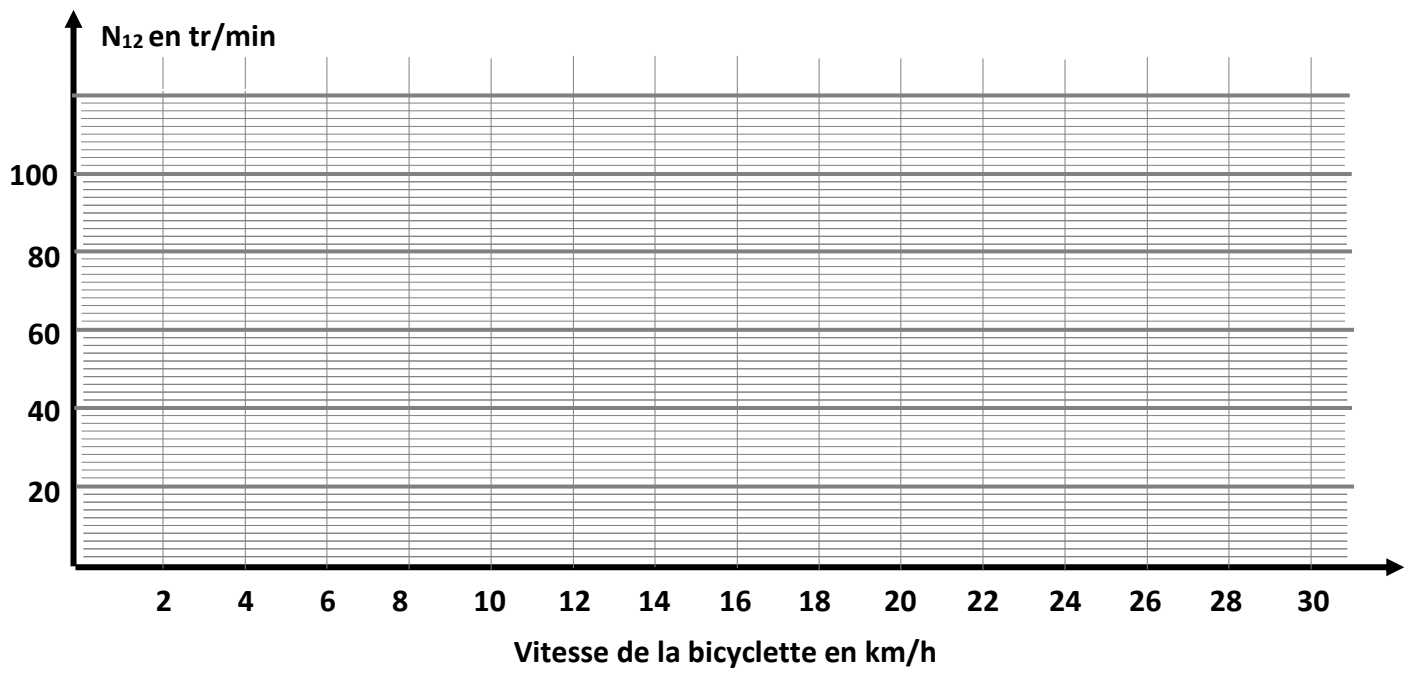
0,5 pt Q.20. Validation de la fonction FC4.

0,75 pt Q.21. L'expression de $\omega_{n\text{ex}}/\omega_{12}$.

0,75 pt Q.22 : Expression de V en fonction de la vitesse de rotation du pignon nex ($\omega_{n\text{ex}}$) et du rapport R_i de la boite de vitesse Nexus.

0,75 pt Q.23 : Expression de ω_{12} en fonction $V, d_{\text{RA}}, R_i, Z_6, Z_7, Z_8$ et $Z_{n\text{ex}}$.

1 pt Q.24. Représentation de : $N_{12} = f(V)$. 4 x 0,25 pt



D.Rep7

0,5 pt Q.25. Calcul des deux valeurs U_{h0} et U_{h1} . **2x 0,25 pt**

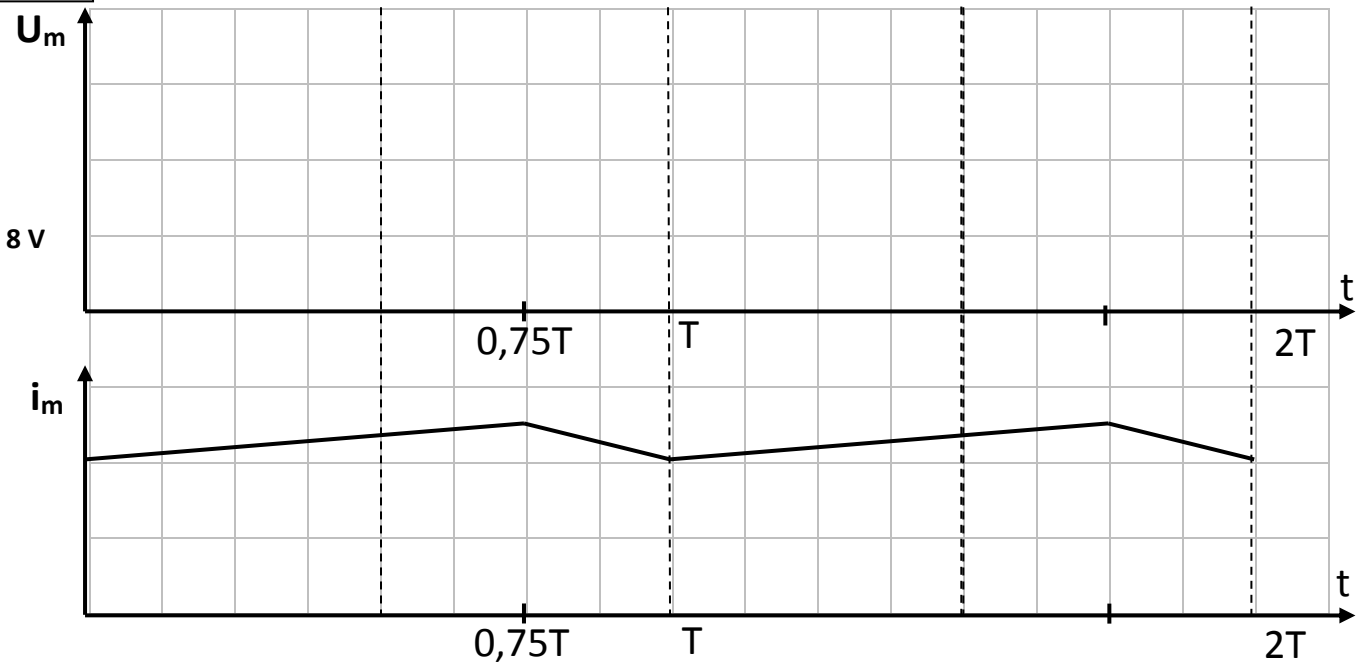
| |
|--|
| |
| |
| |
| |
| |

1 pt Q.26. La valeur de U_h qui donne $\alpha = 0,75$.

| |
|--|
| |
| |
| |
| |
| |

Q.27. Tracé de la courbe de la tension aux bornes du moteur pour $\alpha = 0,75$.

0,5 pt



0,75 pt Calcul de la valeur moyenne :

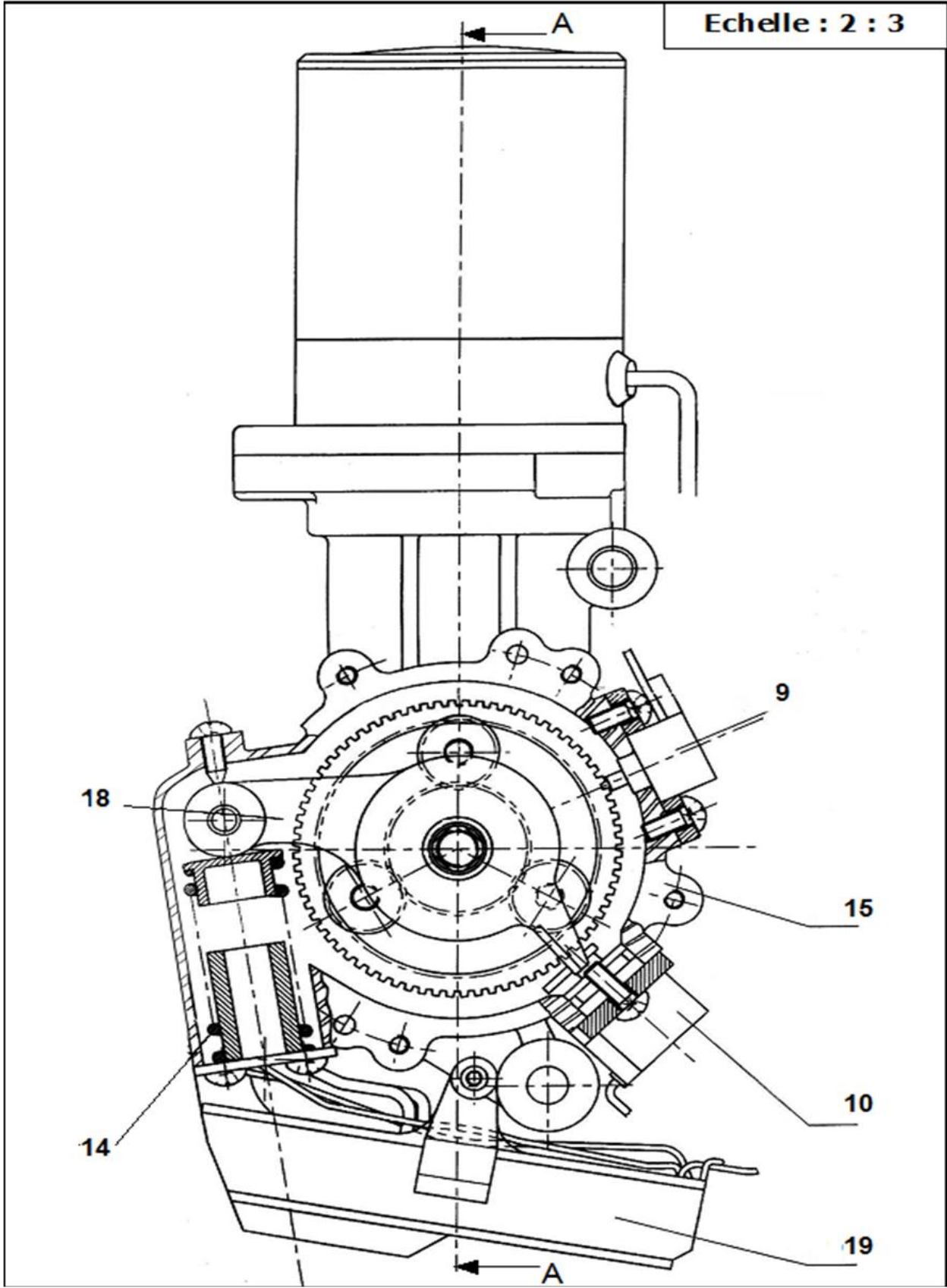
| |
|--|
| |
| |
| |
| |
| |

0,75 pt Q.28. Calcul de la vitesse du moteur.

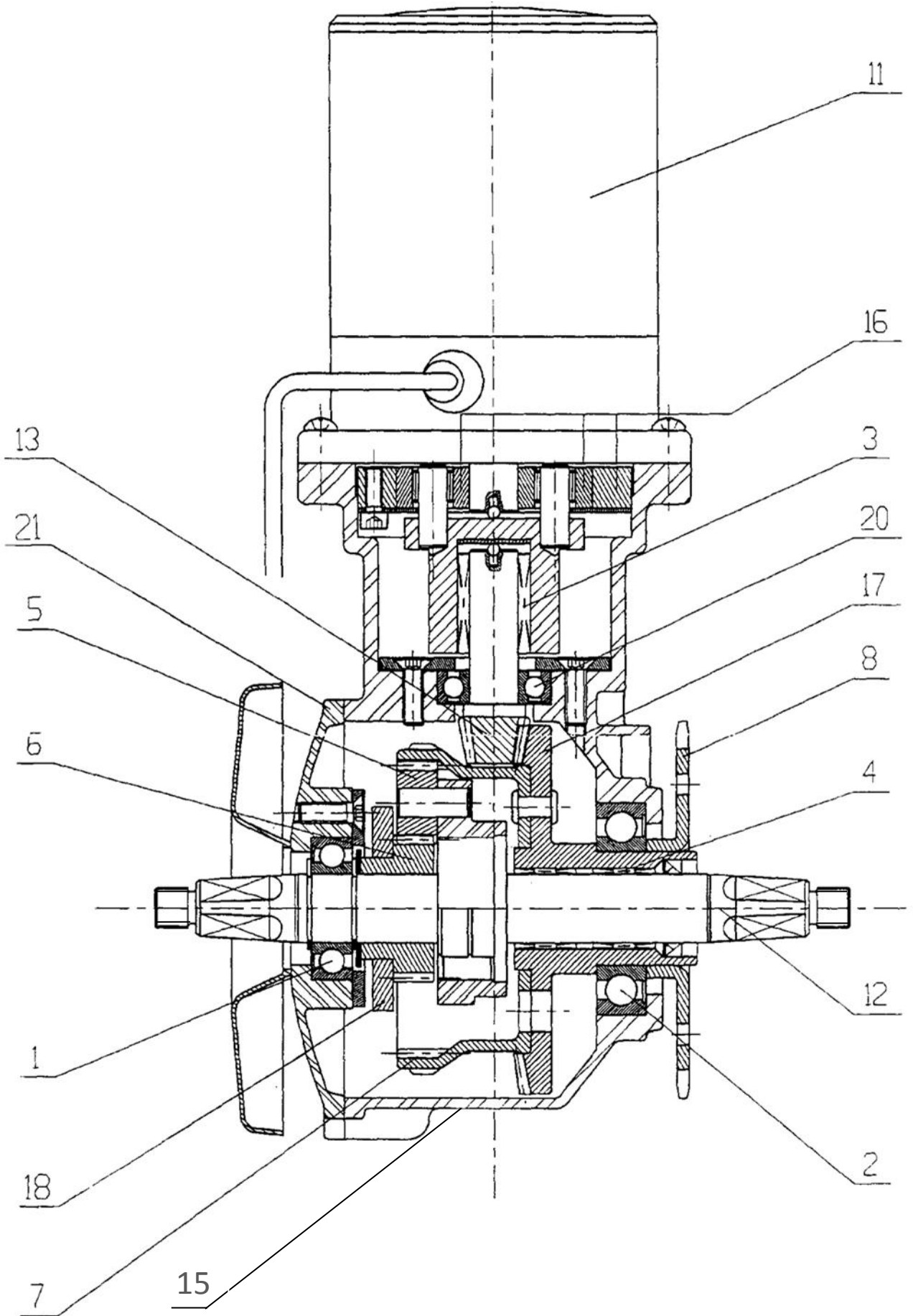
| |
|--|
| |
| |
| |
| |
| |

D.Res1

Echelle : 2 : 3



D.Res2



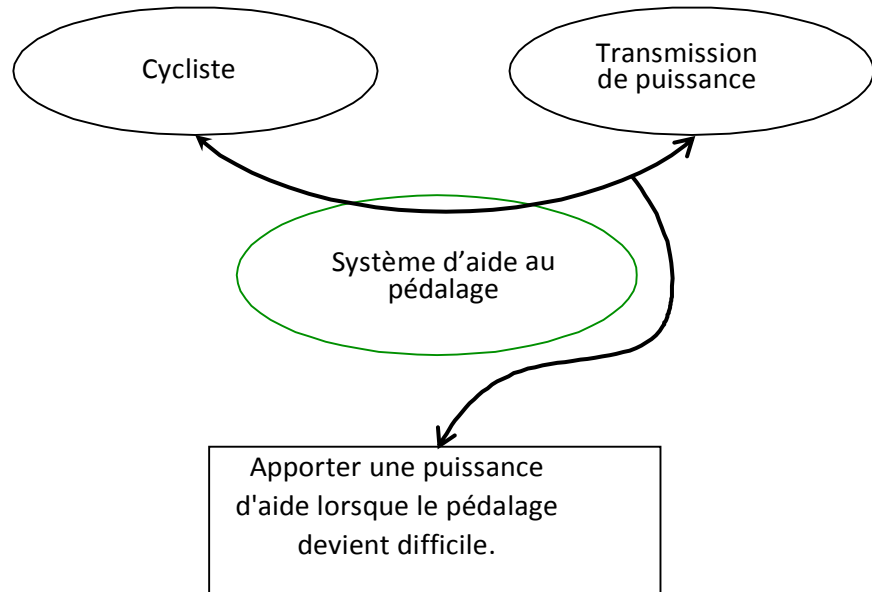
D.Res3

| | | | |
|-----------------------------|-----------|------------------------------|---|
| 21 | 1 | Couvercle | |
| 20 | 1 | | |
| 19 | 1 | Carter du contrôleur | |
| 18 | 1 | Levier | |
| 17 | 1 | Roue conique | Nombre de dents $Z_{17} = 153$ |
| 16 | 1 | Ensemble Planet Roller | Train épicycloïdal – transmission par adhérence |
| 15 | 1 | Carter | |
| 14 | 1 | Ressort de sensibilité | |
| 13 | 1 | Pignon conique | Nombre de dents $Z_{13} = 22$ |
| 12 | 1 | Axe pédalier | |
| 11 | 1 | Moteur à courant continu | 24 V – 235 W |
| 10 | 1 | Capteur d'effort | |
| 9 | 1 | Capteur de vitesse | |
| 8 | 1 | Pignon de sortie de pédalier | Nombre de dents $Z_8 = 24$ |
| 7 | 1 | Couronne | Nombre de dents $Z_7 = 69$ |
| 6 | 1 | Pignon (planétaire fixe) | Nombre de dents $Z_6 = 33$ – Module $m = 1$ |
| 5 | 3 | Pignon (satellite) | Nombre de dents $Z_5 = 18$ |
| 4 | 2 | Roue libre | |
| 3 | 1 | Roue libre | |
| 2 | 1 | | |
| 1 | 1 | | |
| Rep | Nb | Désignation | Observations |
| Système S.A.P YAMAHA | | | |

D.Res4

Extrait du cahier des charges :

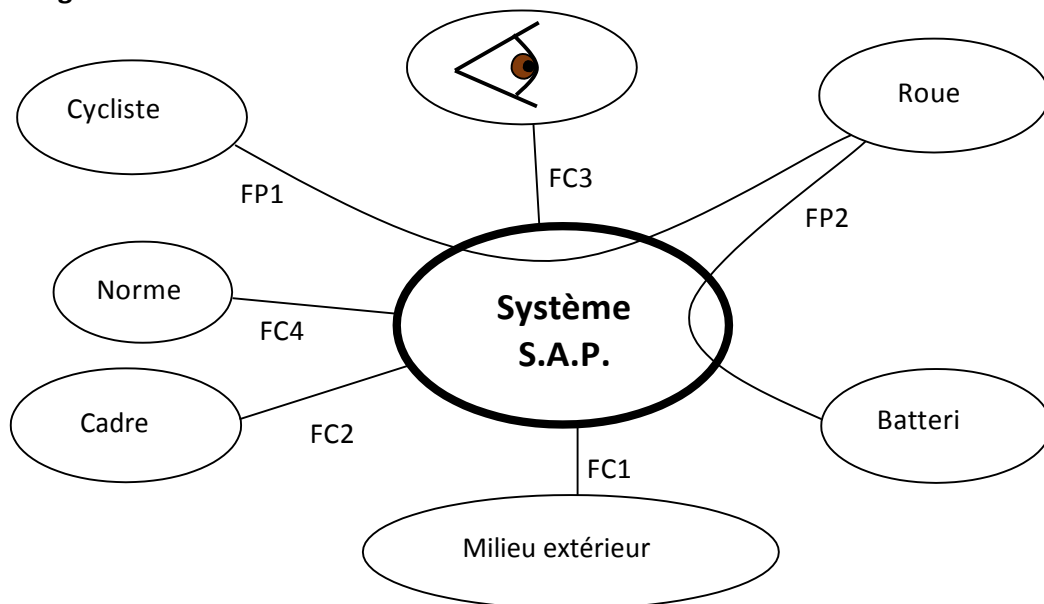
2.1 Bête à cornes



2.2 FONCTION DE SERVICE : ASSISTER UN CYCLISTE AU PEDALAGE

2.3.1 Les milieux extérieurs en phase de vie « assistance »

• Diagramme des inter-acteurs



D.Res5

• Les milieux extérieurs

| | |
|------------------|---|
| Le cycliste | Personne normalement constituée d'un âge supérieur à 16 ans Public visé : toute personne |
| Roue | Equipée d'un pneu gonflé sur un vélo classique |
| Cadre | Cadre d'un vélo classique |
| Batterie | 24 V, autonomie permettant de parcourir 30 Km à moyenne puissance |
| Milieu extérieur | Pluie, poussière, boue |

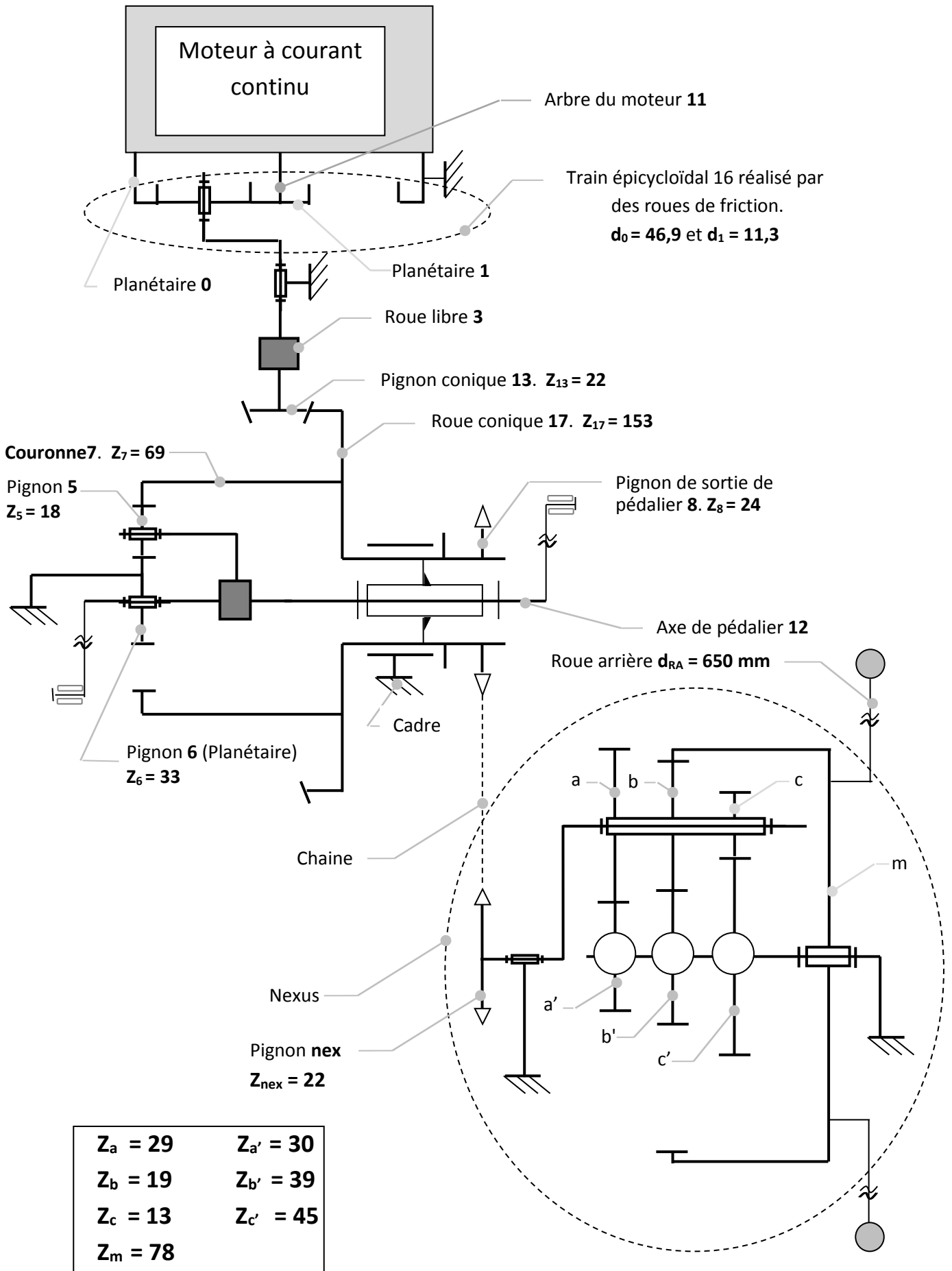
2.3.2 Les fonctions de service

| | |
|-----|--|
| FP1 | Transmettre la puissance du cycliste à la roue. |
| FP2 | Fournir une puissance d'appoint en fonction du couple de pédalage et de la vitesse |
| FC1 | Résister à la corrosion et aux agressions du milieu extérieur. |
| FC2 | S'adapter au cadre de la bicyclette |
| FC3 | Plaire au client |
| FC4 | Respecter les normes de sécurité |

2.3.3 Critères d'appréciation des fonctions de service

| | | |
|---|--|---|
| Transmettre la puissance du cycliste à la roue. | Capacité d'un cycliste peu entraîné Effort sur une pédale pour obtenir l'assistance Vitesse de croisière en fonction du relief | 100 W en régime de croisière, 150 W maxi < 150 Newtons 10 km/h en pente de 2°/horizontale 15 km/h sur le plat |
| Fournir une puissance d'appoint en fonction du couple de pédalage et de la vitesse du cycliste. | Puissance du moteur Loi d'assistance Autonomie sur terrain plat | 235 W (24 Volts) Conforme à la réglementation 30 km minimum |
| Résister à la corrosion et aux agressions du milieu extérieur. | Etanchéité à la pluie Etanchéité aux poussières Corrosion | Protégé contre les projections d'eau Pas de pénétration de corps étrangers ($\varnothing=5\mu\text{m}$) Pas d'amorce de corrosion avant 7000 km |
| S'adapter au cadre de la bicyclette. | Masse du système PAS Encombrement Localisation des points d'encrage | < 7 kg Longueur, largeur, hauteur : < 320, 150, 100 Doit s'adapter à la bicyclette Yamaha |
| Plaire au client | Mener une enquête auprès des consommateurs | |
| Respecter les normes de sécurité. | Vitesse maxi du cycliste sous assistance seule | 24 km.h ⁻¹ |

D.Res6



D.Res7

Schéma synoptique de la chaîne cinématique montrant les deux flux de puissance.

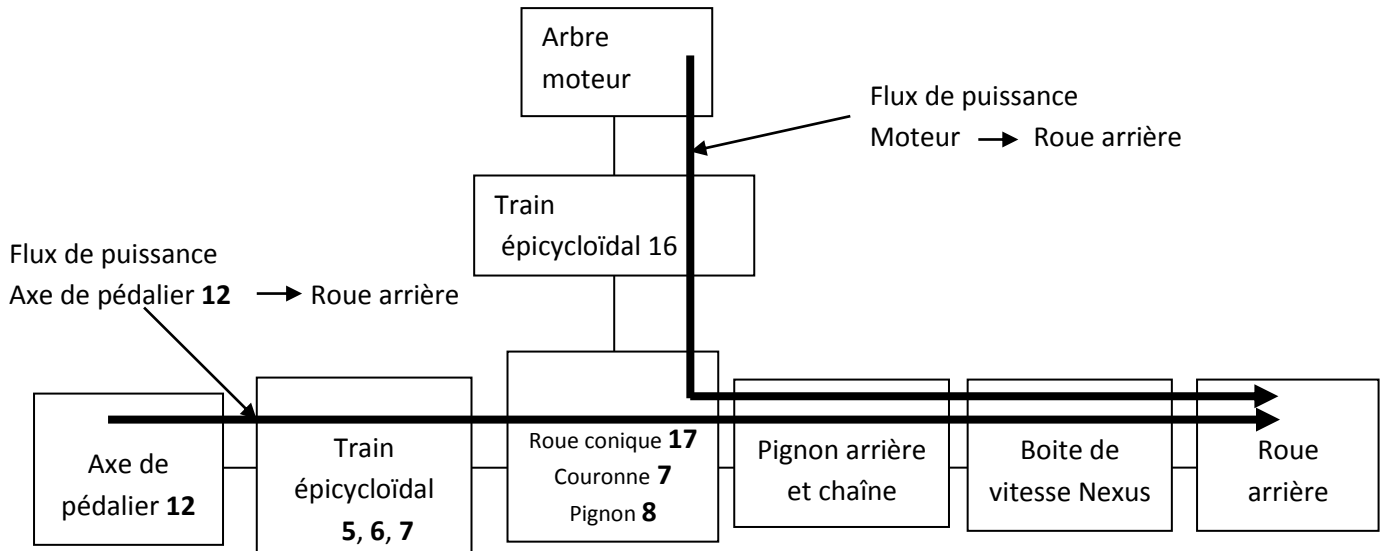
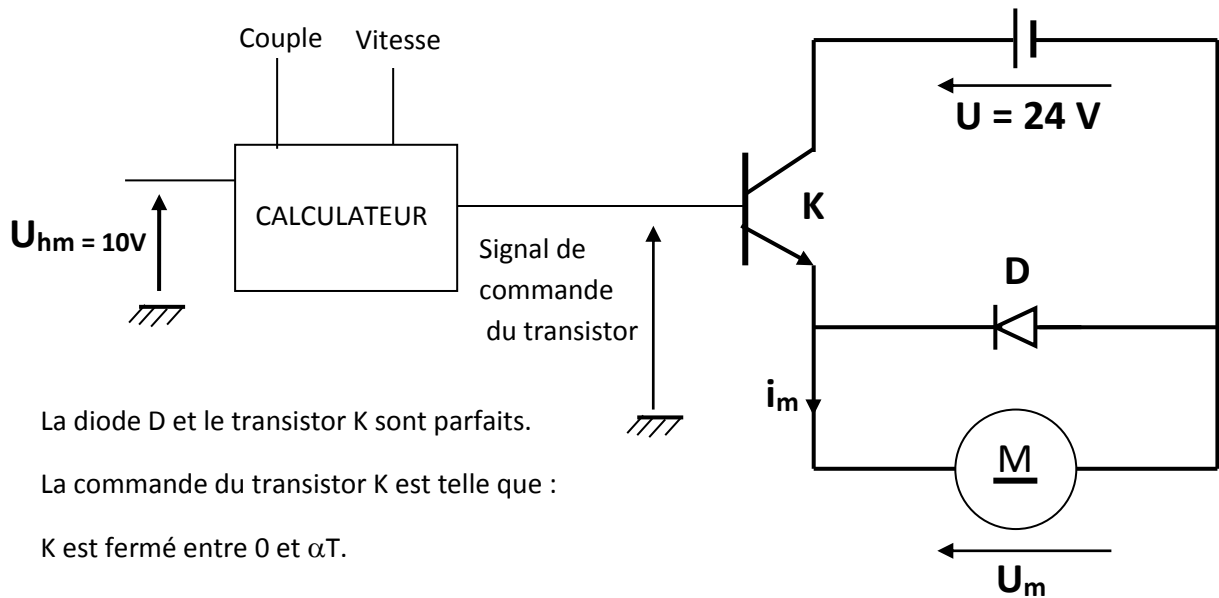


Schéma de principe de la commande du moteur :



La diode D et le transistor K sont parfaits.

La commande du transistor K est telle que :

K est fermé entre 0 et αT .

K est ouvert entre αT et T.

T étant la période du signal de commande du transistor.

Le rapport cyclique α est obtenu à partir d'une tension notée U_h tel que $\alpha = U_h / U_{hm}$ avec $U_{hm} = 10 \text{ v}$