

SESSION 2010

**AGREGATION
CONCOURS INTERNE
ET CAER**

Section : MÉCANIQUE

ÉPREUVE PRENANT APPUI SUR UN SYSTÈME INDUSTRIEL

Durée : 8 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

Le candidat est invité à formuler toutes les hypothèses et à choisir les données qui lui seraient nécessaires et qui ne seraient pas fournies dans le sujet.

Déroulement de l'épreuve :

Après la distribution des sujets, le candidat dispose de 8 heures d'épreuve pour traiter l'épreuve **mécanique** et l'**exercice pédagogique**.

Les auteurs du sujet recommandent de répartir le temps de travail de la façon suivante :

- **étude mécanique** : 6 heures ;
- **exercice pédagogique** : 2 heures.

Variateur de Scooter Questionnaire

Variateur de Scooter

I. ETUDE DES PERFORMANCES DU VARIATEUR	3
I.1. FT OPTIMISER L'ACCELERATION DU SCOOTER	3
I.1.1 Objectifs	3
I.1.2 Paramètres et hypothèses	3
I.1.3 Questions	4
II. DIMENSIONNEMENT DU VARIATEUR	6
II.1. FT ADAPTER LE RAPPORT DE REDUCTION DU VARIATEUR	6
II.1.1 Objectifs	6
II.1.2 Paramètres et hypothèses	6
II.1.3 Questions	7
II.2. FT TRANSMETTRE LA PUISSANCE ENTRE L'ENTREE ET LA SORTIE DU VARIATEUR	7
II.2.1 Objectifs	7
II.2.2 Paramètres et hypothèses	7
II.2.3 Questions	8
II.3. FT ASSURER UN EFFORT AXIAL PROPORTIONNEL AU COUPLE A TRANSMETTRE	9
II.3.1 Objectifs	9
II.3.2 Paramètres et hypothèses	9
II.3.3 Questions	9
II.4. FT COMMANDER LE CHANGEMENT DE RAPPORT DE REDUCTION	11
II.4.1 Objectifs	11
II.4.2 Paramètres et hypothèses	11
II.4.3 Questions	11
II.5. FT TRANSMETTRE UN COUPLE PAR LA PIECE 39	11
II.5.1 Objectifs	11
II.5.2 Paramètres et hypothèses	11
II.5.3 Questions	12
III. APPLICATION PEDAGOGIQUE	14
III.1. OBJECTIF	14
III.2. TRAVAIL A REALISER	14

I. Etude des performances du variateur

Le deux-roues Burgman 650 de Suzuki comporte une transmission variable continue commandée électriquement désignée par SECVT (Voir DT1 à DT9). Ce contrôleur mesure la vitesse de rotation du moteur et ajuste le rapport de réduction de la transmission à la vitesse du scooter suivant trois modes de commande de puissance :

- le mode « normal ou économie » (ME) qui optimise le rapport de transmission pour réduire la consommation de carburant ;
- le mode « puissance » (MP) qui calcule le rapport de transmission permettant de faire fonctionner le moteur au régime de puissance maximum ;
- le mode « séquentiel ou manuel » (MS) qui permet de simuler le fonctionnement d'une boîte séquentielle.

La transmission entre le moteur et la roue comprend un réducteur primaire Red1, le variateur continu de la transmission CVT, ainsi que deux réducteurs désignés par Red2 et Red3. Les caractéristiques de la transmission sont données DT9.

I.1. FT Optimiser l'accélération du scooter

I.1.1 Objectifs

L'objectif de cette partie est de déterminer la vitesse maximale du scooter et le mode de commande de transmission qui permet d'atteindre cette vitesse avec une accélération optimisée.

I.1.2 Paramètres et hypothèses

Les deux modes de commande de la transmission étudiées sont les modes « puissance » et « séquentiel ».

En mode « puissance », la commande agit sur la transmission CVT pour atteindre la vitesse maximale du véhicule de la manière suivante :

Au démarrage, le rapport de la transmission CVT est maintenu égal à la valeur $K_{CVT,mini}$ jusqu'à ce que la puissance P_{max} du moteur soit atteinte. La vitesse du deux-roues est alors égale à $V_{MP,mini}$. Le régime moteur est ensuite maintenu constant pour que le moteur fonctionne à la puissance maximale et c'est donc le rapport de la transmission CVT K_{CVT} qui varie de manière continue pour que le véhicule puisse atteindre sa vitesse maximale $V_{MP,maxi}$. A la vitesse maximale, le rapport de la transmission CVT est $K_{CVT,maxi}$.

En mode « séquentiel », la commande agit sur la transmission CVT pour obtenir le fonctionnement d'une boîte de vitesse traditionnelle :

Le démarrage s'effectue en première. La seconde vitesse est actionnée par le pilote (ou imposée par la commande CVT pour ne pas imposer un surrégime au moteur) au régime moteur correspondant à la puissance maximale délivrée. Pendant le changement de vitesse, on suppose que la vitesse du deux-roues est conservée et par conséquent, le régime moteur s'adapte au nouveau rapport de transmission. Sur ce rapport de transmission, la vitesse du deux-roues croît avec le régime moteur. La troisième vitesse est actionnée lorsque le régime moteur correspond à nouveau à la puissance maxi délivrée. Ce cycle est enchaîné jusqu'à la vitesse maximale du véhicule obtenue sur le cinquième rapport.

La puissance du moteur, le couple moteur, la puissance simplifiée à l'entrée du variateur et le couple à l'entrée du variateur sont fournis par le document DT10.

La puissance consommée par le véhicule est principalement due au rendement de la transmission de puissance entre le moteur et la roue, aux actions aérodynamiques et à la résistance au roulement. La résistance aérodynamique R_a dépend de la masse volumique ρ de l'air, la surface de traînée $S.C_x$ déterminée expérimentalement et la vitesse V du véhicule. La résistance au roulement R_r est la conséquence des divers frottements qui apparaissent pendant le mouvement du véhicule.

Les valeurs numériques des paramètres sont données en document technique DT10.

Pour estimer la vitesse maximale du véhicule, la pente de la route est supposée nulle.

1.1.3 Questions

Question 1 : Déterminer la relation donnant le rapport de transmission entre la vitesse de rotation de la roue arrière et celle du moteur défini par $K_T = N_R / N_M$

Question 2 : Exprimer la vitesse V du deux-roues en fonction de la vitesse de rotation du moteur N_M .

Etude de la gestion de la puissance moteur en mode « puissance » (MP)

Question 3 : Calculer les rapports de réduction mini et maxi $K_{T\text{mini}}$ et $K_{T\text{maxi}}$ de la transmission complète en mode puissance.

Question 4 : Déterminer les vitesses minimale et maximale du deux roues $V_{MP,\text{mini}}$ et $V_{MP,\text{maxi}}$ (en km/h), à partir de l'expression obtenue question 2.

Question 5 : Tracer en trait fort sur la figure 1 du document réponse DR1, l'évolution de la vitesse V du deux-roues en fonction de la vitesse de rotation du moteur N_M et ceci pour atteindre la vitesse $V_{MP,\text{maxi}}$ en mode puissance.

Question 6 : Dédire du graphique précédent l'évolution en mode puissance de la puissance à la roue (en prenant en compte le rendement de la transmission) en fonction de la vitesse du véhicule. **Tracer** cette évolution en trait fort sur la figure 2 du document réponse DR1.

Etude de la gestion de la puissance moteur en mode Séquentiel (MS)

Question 7 : Calculer les 5 rapports de la transmission K_T dans le cas de fonctionnement en mode séquentiel.

Question 8 : A partir de l'expression obtenue question 2, **déterminer** les vitesses maximales V_i (en km/h) obtenue sur chaque rapport i , lorsque la vitesse de rotation du moteur atteint $N_M = 5700$ tr/min.

Question 9 : Tracer en trait mixte sur la figure 1 du document réponse DR1, l'évolution de la vitesse V du deux-roues en fonction de la vitesse de rotation du moteur N_M et ceci pour atteindre la vitesse maximale en mode séquentiel. On suppose que le pilote change de vitesse lorsque le moteur atteint sa puissance

maximale et que la vitesse du véhicule reste constante pendant ce changement de vitesse.

Question 10 : Déduire du graphique précédent l'évolution de la puissance à la roue en mode séquentiel (en prenant en compte le rendement de la transmission) en fonction de la vitesse du véhicule dans le cas de l'utilisation du mode séquentiel. **Tracez** cette évolution en trait mixte fin sur la figure 2 du document réponse DR1.

Etude de la puissance consommée

Question 11 : Déterminer la puissance consommée due au rendement de la transmission de puissance, à la résistance aérodynamique et à la résistance au roulement (en fonction de η , ρ , $S.C_x$, mg , k et V).

Question 12 : Tracer en pointillés sur la figure 2 du document réponse DR 1 l'évolution de la puissance consommée en fonction de la vitesse V du scooter.

Etude de l'accélération et de la vitesse maximale

Question 13 : Déterminer l'accélération γ du scooter par le théorème de l'énergie cinétique.

Question 14 : Déduire des résultats précédents la vitesse maximale du scooter (les résultats tracés sur le document réponse pourront être exploités graphiquement).

Question 15 : Calculer le temps nécessaire pour passer de 0 à 100 km/h en mode « puissance ». Afin de simplifier les calculs on négligera les effets aérodynamiques et la résistance au roulement.

Question 16 : Calculer le temps nécessaire pour passer de 0 à 100 km/h en mode « séquentiel ». Afin de simplifier les calculs on négligera les effets aérodynamiques et la résistance au roulement.

Question 17 : Déduire des résultats précédents le mode de transmission « séquentiel » ou « puissance » le plus performant pour accélérer de 0 à 100 km/h. Vous argumenterez votre réponse en vous exploitant la figure 2 du document réponse DR 1.

II. Dimensionnement du variateur

Cette partie s'appuie fortement sur l'exploitation des documents techniques DT1 à DT8 qui définissent le fonctionnement, une coupe longitudinale et la nomenclature du variateur SECVT.

II.1. FT Adapter le rapport de réduction du variateur

II.1.1 Objectifs

L'objectif de cette partie est d'établir les relations entre les grandeurs géométriques utiles à la réduction de vitesse entre les arbres d'entrée et de sortie du variateur.

II.1.2 Paramètres et hypothèses

On note :

θ_{43} : l'angle d'enroulement de la courroie autour de la poulie motrice

θ_{20} : l'angle d'enroulement de la courroie autour de la poulie réceptrice

R_{43} : le rayon d'enroulement de la courroie autour de la poulie motrice

R_{20} : le rayon d'enroulement de la courroie autour de la poulie réceptrice

$a = 147\text{mm}$: l'entraxe entre les deux poulies

α : l'angle d'inclinaison de la courroie par rapport à la droite $O_{43}O_{20}$

L : la longueur de la courroie

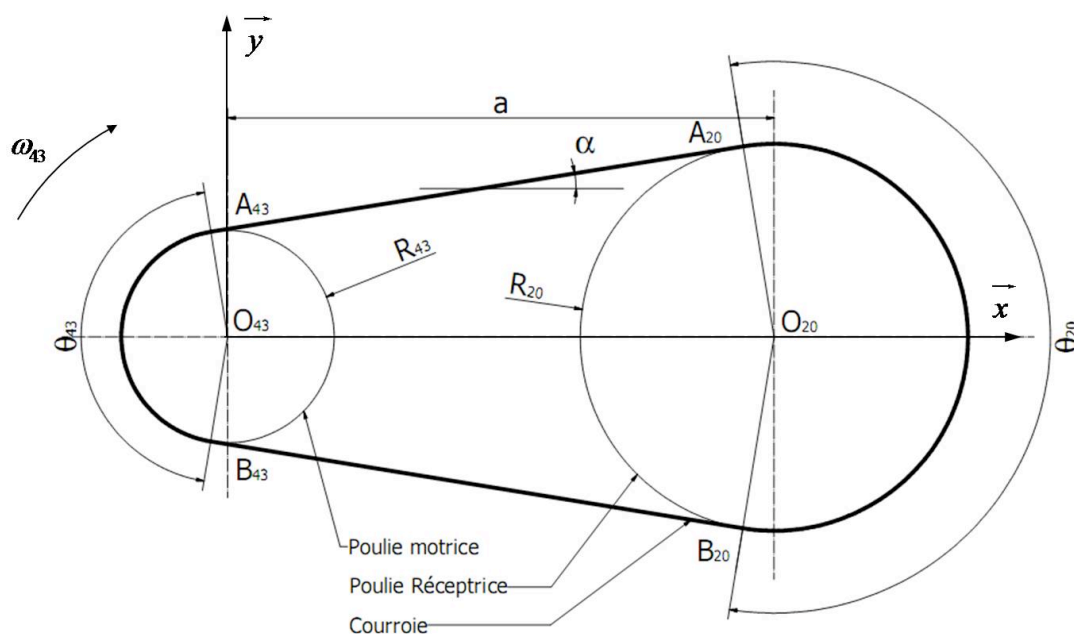
$\delta = 14^\circ$: l'angle de gorge de la poulie

$R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$: le repère associé au carter 8 du variateur

$\vec{\Omega}_{43/8} = -\omega_{43} \vec{z}$: La vitesse de rotation de la poulie motrice 43 par rapport au référentiel R_0

$\vec{\Omega}_{20/8} = -\omega_{20} \vec{z}$: la vitesse de rotation de la poulie réceptrice 20 par rapport au repère R_0

On suppose que la courroie épouse parfaitement les poulies le long des arcs d'enroulement et que les brins $A_{43}A_{20}$ et $B_{43}B_{20}$ sont rectilignes.



II.1.3 Questions

Question 18 : Calculer le rapport de réduction $K_{CVT} = \frac{\omega_{20}}{\omega_{43}}$ entre l'entrée et la sortie du variateur en fonction des rayons primitifs R_{43} et R_{20} .

Question 19 : Déterminer l'angle d'inclinaison des brins α et les angles d'enroulement θ_{43} et θ_{20} de la courroie autour des poulies en fonction des paramètres géométriques R_{43} , R_{20} et a .

Question 20 : Calculer la longueur de la courroie L en fonction des paramètres géométriques R_{43} , R_{20} , θ_{43} , θ_{20} , a et α .

Question 21 : Exprimer la longueur L de la courroie du rapport de réduction K_{CVT} et du rayon primitif R_{20} .

Le document DT11 donne l'évolution de rayon primitif R_{20} en fonction du rapport de réduction K_{CVT} et de la longueur de la courroie L .

Question 22 : A partir du document DT11, **déterminer**, pour les 5 rapports de réduction du mode « séquentiel » définis dans le document DT9 et pour une longueur de courroie de 625 mm, les rayons primitifs R_{20} et R_{43} . **Compléter** le tableau 1 du document réponse DR2 avec les valeurs obtenues.

Question 23 : Calculer les angles manquants dans le document réponse (angles d'enroulement θ_{43} et θ_{20} , l'angle d'inclinaison des brins α). **Compléter** le tableau 1 du document réponse DR2 avec ces angles.

Question 24 : Sur la poulie motrice, **calculer** le déplacement d de la flasque mobile 3 par rapport à l'arbre flasque primaire 43 en fonction du rayon d'enroulement de la courroie R_{43} . Les références sont prises telle que $d = 0$ pour $R_{43} = R_{43\text{mini}}$.

Question 25 : Calculer le déplacement d pour obtenir un rapport de réduction $K_{CVT} = 1.03$ ($V_{\text{scooter}} = 100\text{km/h}$)

II.2. FT Transmettre la puissance entre l'entrée et la sortie du variateur

II.2.1 Objectifs

L'objectif de cette partie est de déterminer les couples à transmettre, les efforts dans la courroie, ainsi que les conditions du contact entre la courroie et les poulies.

II.2.2 Paramètres et hypothèses

On garde les notations définies précédemment et on note :

P_{43} : la puissance développée par le réducteur primaire

P_{20} : la puissance développée par le réducteur secondaire

$\vec{C}_{43} = -C_{43}\vec{z}$: le couple exercé par le réducteur primaire sur l'arbre 43

$\vec{C}_{20} = C_{20} \vec{z}$: le couple exercé par le réducteur secondaire sur l'arbre 20

T_A : la tension de la courroie dans le brin $A_{43}A_{20}$

T_B : la tension de la courroie dans le brin $B_{43}B_{20}$

$\mu = 0.6 \text{ kg/m}$: la masse volumique de la courroie

a_{43} : le coefficient d'adhérence entre la courroie et la poulie 43

a_{20} : le coefficient d'adhérence entre la courroie et la poulie 20

$f = 0.2$: le coefficient de frottement entre la courroie et les poulies. Il est supposé identique sur les deux poulies.

V : la vitesse linéaire de la courroie

On supposera en première approximation que le rendement est égal à 1. Cela suppose que l'on néglige le glissement fonctionnel, l'énergie dissipée par la déformation de la courroie, le frottement parasite lors de l'engagement et du déengagement de la courroie sur les poulies ...

On se place dans le mode puissance en régime établi et constant.

On rappelle la formule d'Euler appliquée à la poulie i tenant compte des effets dynamiques :

$$\frac{T_A - \mu V^2}{T_B - \mu V^2} = e^{\frac{a_i \theta_i}{\sin \delta}} \text{ ou } e^{-\frac{a_i \theta_i}{\sin \delta}}$$

II.2.3 Questions

Question 26 : Isoler la poulie motrice 43 et **déterminer** la relation entre le couple C_{43} exercé sur la poulie motrice 43 et les tensions T_A et T_B dans les brins rectilignes de la courroie.

Question 27 : Isoler la poulie réceptrice 20 et **déterminer** la relation entre le couple C_{20} exercé sur la poulie réceptrice et les tensions T_A et T_B dans les brins rectilignes de la courroie.

Question 28 : Appliquer la formule d'Euler sur les deux poulies en prenant en compte les effets d'inertie sur la courroie et **déterminer** la relation entre les coefficients d'adhérence a_{43} et a_{20} respectivement entre la courroie et les poulies 43 et 20.

Question 29 : On se place à la limite du glissement. **Donner ou calculer** les coefficients d'adhérence a_{43} et a_{20} en fonction du rapport de réduction. **Compléter** le tableau 1 document réponse DR2.

Question 30 : Donner l'expression des efforts T_A et T_B en fonction de C_{43} , R_{43} , θ_{43} et a_{43} .

Question 31 : Compléter le tableau 1 du document réponse DR2 avec les valeurs manquantes

II.3. FT Assurer un effort axial proportionnel au couple à transmettre

II.3.1 Objectifs

L'objectif de cette partie est de déterminer le pas de l'hélice de la came couple permettant d'exercer un effort presseur sur la courroie proportionnel au couple à transmettre.

II.3.2 Paramètres et hypothèses

On conserve les notations précédentes et on définit un tronçon de courroie de centre M et limité par deux sections droites repérées par les angles θ et $\theta + d\theta$.

On note :

\vec{dF} : la résultante des efforts exercés par une flasque de poulie sur le tronçon de courroie

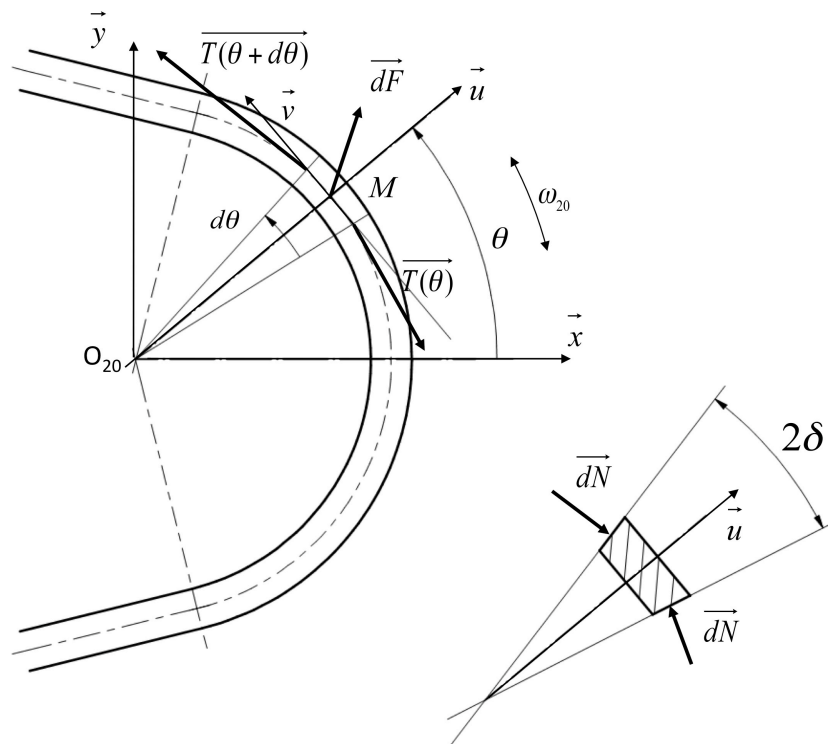
\vec{dN} : la composante normale au contact de \vec{dF}

\vec{dT} : la composante tangentielle au contact de \vec{dF}

M : un point courant de la courroie

$\vec{T}(\theta + d\theta)$: la tension dans la section repérée par l'angle $\theta + d\theta$

$\vec{T}(\theta)$: la tension dans la section repérée par l'angle θ



On négligera l'action du ressort et les liaisons sont supposées parfaites dans cette partie.

II.3.3 Questions

Question 32 : Isoler le tronçon de courroie défini sur la figure précédente. Appliquer le principe fondamental de la dynamique au tronçon de courroie et déterminer la relation entre \vec{dN} et \vec{dT}

Question 33 : Déterminer l'action axiale exercée par la courroie sur la flasque mobile 1 de la poulie réceptrice $\vec{F}a_{\text{Courroie} \rightarrow 1}$

Question 34 : **Isoler** la flasque mobile 1 de la poulie réceptrice et **déterminer** l'expression du pas de la liaison hélicoïdale entre la flasque mobile 1 et l'arbre secondaire 20 de la poulie réceptrice. Un soin particulier sera apporté à la mise en place du schéma de calcul (modélisation, figure, paramétrage, ...)

Question 35 : **Compléter** le tableau 1 du document réponse DR2 avec les applications numériques de l'effort axial manquant et du pas pour les 5 rapports

Question 36 : **Justifier** l'utilisation de deux hélices de pas inverse constant sur la came couple

Question 37 : **Donner** une valeur probable du pas des hélices

Question 38 : **Expliquer** le rôle du ressort situé entre la flasque mobile et la came couple.

II.4. FT Commander le changement de rapport de réduction

II.4.1 Objectifs

L'objectif de cette partie est de dimensionner le moteur électrique permettant de piloter le changement de rapport de réduction

II.4.2 Paramètres et hypothèses

Cette partie s'appuie fortement sur le schéma cinématique et les caractéristiques de la commande de rapport de réduction présentés sur le document technique DT12.

La force axiale maximale F_{\max} exercée sur la flasque mobile 3 est de 5800N.

II.4.3 Questions

Question 39 : Déterminer le rapport de réduction $K_{9/34} = N_{9/0} / N_{34/0}$ entre le pignon 34 de l'arbre moteur et la roue dentée 9. Faire l'application numérique.

Question 40 : Déterminer la relation entre la vitesse de rotation $N_{34/0}$ (en tr/min) du moteur électrique en fonction du module de la vitesse de déplacement $\|\vec{v}(I \in 9/0)\|$ (en mm/min) de la roue dentée 9 (suivant son axe lx).

Question 41 : Déterminer la vitesse moyenne $\|\vec{v}(I \in 9/0)\|$ lorsque le scooter accélère de 0 à 100 km/h à partir des questions 16 et 24 et la vitesse de rotation $N_{34/0}$ correspondante du moteur.

Question 42 : Déterminer la relation entre la force axiale à exercer sur la flasque mobile 3 et le couple C du moteur électrique. Les frottements, les masses et les effets inertiels seront négligés. Calculer le couple maximal C_{\max} moteur en fonction de F_{\max} .

II.5. FT Transmettre un couple par la pièce 39

II.5.1 Objectifs

L'objectif de cette partie est de dimensionner la pièce 39.

II.5.2 Paramètres et hypothèses

La pièce 39 en nylon est montée sur un arbre métallique 46, lui-même en liaison pivot avec le carter par l'intermédiaire de deux roulements. On considère que l'arbre métallique 46 reprend les sollicitations de flexion et que la pièce 39 reprend intégralement les sollicitations de torsion. L'ensemble des calculs sera effectué en statique. Cette partie s'appuie fortement sur le schéma cinématique présenté sur le document technique DT13.

Par convention, le torseur des actions mécaniques d'une pièce 1 sur une pièce 0 au point A devra être écrit sous la forme :

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{T}_{1 \rightarrow 0} \\ \vec{M}_{A, 1 \rightarrow 0} \end{array} \right\}_A = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{1 \rightarrow 0} = X_A \cdot \vec{x} + Y_A \cdot \vec{y} + Z_A \cdot \vec{z} \\ \vec{M}_{A, 1 \rightarrow 0} = L_A \cdot \vec{x} + M_A \cdot \vec{y} + N_A \cdot \vec{z} \end{array} \right\}_A$$

Par exemple, le torseur des actions mécaniques du pignon 37 sur le pignon 39b au point C s'écrit dans le repère $(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{37 \rightarrow 39b} \\ \end{array} \right\}_C = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{37 \rightarrow 39b} = -Y_C \cdot \vec{y} - Z_C \cdot \vec{z} \\ \vec{M}_{C,37 \rightarrow 39b} = \vec{0} \end{array} \right\}_C$$

Les applications numériques seront effectuées en imposant une force axiale maximale F_{\max} sur la flasque mobile 3 de 5800N.

Afin de déterminer la tenue mécanique de la pièce 39, un premier calcul est réalisé en appliquant la théorie des poutres. Le risque de rupture de la pièce est le plus élevé dans la partie [OO'] de la pièce (figure DT13). On considère donc cette partie de la pièce comme une poutre de longueur l_2 et dont la section circulaire S est caractérisée par un rayon extérieur R_e et un rayon intérieur R_i . Le centre de section est noté G et appartient à [OO'] (voir modèle simplifié de la pièce 39 en DT 14). Sa position est telle que $OG = x \cdot \vec{x}$

On garde les notations classiques :

M_t : couple de torsion

τ_M : contrainte tangentielle en un point M appartenant à la section S

γ_M : déviation en un point M

θ : angle unitaire de torsion

G : module de Coulomb

Le matériau de la pièce 39 est un polyamide dont les caractéristiques mécaniques sont données DT14.

II.5.3 Questions

Question 43 : Proposer un schéma technologique pour la liaison pivot réalisée entre l'ensemble (39+46) et le carter. **Comparer** votre schéma à celui proposé sur le document technique DT13.

Pour la suite des questions, les calculs s'appuieront sur le schéma proposé sur le document DT13.

Question 44 : Faire le bilan des actions mécaniques appliquées sur l'ensemble (39+46)

Question 45 : Déterminer les relations entre les composantes du torseur des actions mécaniques $\left\{ T_{9 \rightarrow 39} \right\}_D$ et les composantes Y_C et Z_C du torseur $\left\{ T_{37 \rightarrow 39b} \right\}_C$

Question 46 : Déterminer les actions mécaniques transmises aux roulements en A et B en fonction des composantes Y_C et Z_C du torseur $\left\{ T_{37 \rightarrow 39b} \right\}_C$

Question 47 : Déterminer Z_C (la composante suivant \vec{z} de la force du torseur des efforts $\left\{ T_{37 \rightarrow 39b} \right\}_C$ appliqués en C sur 39 par le pignon de la pièce 37 en fonction de la force axiale F exercée sur la flasque mobile 3.

Question 48 : Déterminer le torseur des efforts intérieurs en G en fonction des composantes des torseurs des actions mécaniques en A et C.

Question 49 : Déterminer le couple de torsion M_t appliqué sur le tronçon [OO'] en fonction de la force axiale F exercée sur la flasque mobile 3.

Question 50 : Calculer la contrainte de cisaillement maximale τ_{Max} dans la section S en fonction du couple de torsion M_t .

Question 51 : Indiquer le moment maximal admissible élastiquement par le tronçon [OO'] en fonction des caractéristiques du matériau de la pièce (39) (voir document DT 14).

Question 52 : Déterminer le moment maximal admissible en prenant en compte la concentration de contraintes due au changement de diamètre en O' (fiche de calcul fournie DT15).

Question 53 : Déterminer le moment maximal admissible en prenant en compte la concentration de contraintes due au changement de diamètre en O (fiche de calcul fournie DT15). Des essais mécaniques ont montré que la rupture était initiée en O'. **Commenter** ces résultats par rapport aux concentrations de contraintes calculées en O et O'.

III. Application pédagogique

III.1. Objectif

Vous développerez une séquence d'enseignement dont le but est d'apporter aux étudiants des compétences minimales dans la définition de pièces par un procédé de « moulage et surmoulage d'une pièce en matière plastique ».

Niveau d'enseignement concerné: BTS Conception de Produits Industriels

Compétences concernées en TS CPI : Elles se situent en phase de constitution du dossier d'étude et en phase de conception préliminaire (voir DT16-DT19)

III.2. Travail à réaliser

Il vous est demandé de détailler une séance pédagogique dont l'objectif général est de faire acquérir aux étudiants les méthodes d'analyse conduisant au choix d'une solution constructive de réalisation d'une pièce par moulage. La séance décrite, réalisée sous la forme d'un travail dirigé, s'appuiera sur la modification de la pièce 39 : il est proposé de surmouler directement les deux pignons en matière plastique sur l'arbre métallique.

Le but de la première question est d'établir un document de travail, distribué aux élèves pendant le TD, présentant le procédé industriel de surmoulage et montrant l'intérêt de ce procédé dans le cadre de la pièce étudiée.

L'objectif de la deuxième question est de définir un document de travail présentant les règles de conception en surmoulage. Pour ces questions, on pourra s'aider du document technique DT20 qui est une copie de l'article suivant :

Nom de l'auteur : Patricia Sandré

Titre et numéro : Surmoulage ou surinjection, AM 3699

Nom de l'éditeur : Techniques de l'Ingénieur

Date de publication : 10 Octobre 2006

<http://www.techniques-ingenieur.fr>

Question 54 : Etablir un document de synthèse qui présente l'intérêt du procédé de surmoulage pour la réalisation de pièces complexes. Ce document doit constituer un guide pour l'étudiant et devra inciter les étudiants à évaluer la pertinence du choix de ce procédé pour la réalisation de la pièce 39. La réponse à cette question se fera sur copie. Le document proposé doit être organisé dans un format A3 maximum. On pourra utiliser deux pages contiguës d'une copie.

Question 55 : Présenter une solution constructive aux étudiants à la fin de la séquence pédagogique. Il vous est demandé de rédiger un document (faisant office de correction) présentant une solution constructive pour la pièce 39. Vous rappellerez les règles de conception associées au procédé de surmoulage utilisées pour établir cette solution. Le document proposé devant tenir dans un format A3 maximum, vous pourrez utiliser le verso du document précédemment établi.

Question 56 : Décrire le déroulement de la séance, les objectifs visés pour cette séance, la problématique technique, les supports techniques utilisés, les outils et les moyens pédagogiques utilisés (matériels et/ou logiciels). On demande d'établir le questionnement proposé ainsi que le corrigé fait pendant la séance de TD. On pourra utiliser tout ou partie des illustrations qui se trouvent dans le dossier technique.

Variateur de Scooter

DOSSIER TECHNIQUE

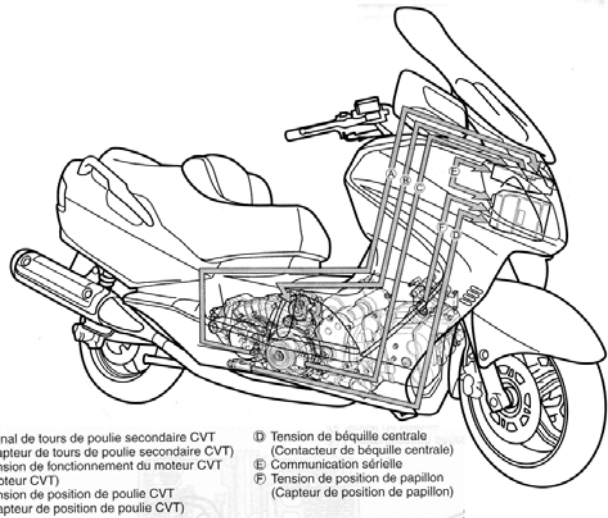
DT 1 :	Mise en situation du variateur	1
DT 2 :	Constitution du variateur	2
DT 3 :	Constitution du variateur	3
DT 4 :	Constitution du variateur	4
DT 5 :	Schéma général de la transmission de puissance du scooter	5
DT 6 :	Coupe du variateur SECVT du scooter	6
DT 7 :	Eclaté du variateur	7
DT 8 :	Nomenclature	8
DT 9 :	Caractéristiques de la transmission de puissance	9
DT 10 :	Puissance moteur et puissances consommées	10
DT 11 :	Détermination des rayons primitifs	11
DT 12 :	Schéma cinématique et caractéristiques de la commande de rapport de réduction	12
DT 13 :	Schéma technologique de la liaison de l'arbre (39 + 46) avec le carter	13
DT 14 :	Dimensionnement de la pièce 39	14
DT 15 :	Fiche de calcul du coefficient de concentration de contrainte K_t dans un arbre épaulé soumis à une sollicitation de torsion	15
DT 16 :	Compétences concernées en BTS CPI	16
DT 17 :	Savoirs associés	18
DT 18 :	Modalités de certification	19
DT 19 :	Rappel des horaires	20
DT 20 :	Support pédagogique	21

Mise en situation du variateur SECVT à sélection continue ou séquentielle

SECVT: Suzuki Electronically-controlled Continuously Variable Transmission

Le Burgman 650, scooter de Suzuki, est le premier deux-roues au monde à intégrer une transmission variable continue électriquement commandée (SECVT Suzuki).

À la différence des variateurs à courroie conventionnels (centrifuge) présents sur une grande majorité de scooter qui ajuste le rapport de transmission uniquement en fonction de la vitesse de rotation du moteur, le système SECVT calcule le rapport de transmission en prenant en compte différents mode de commande de puissance.



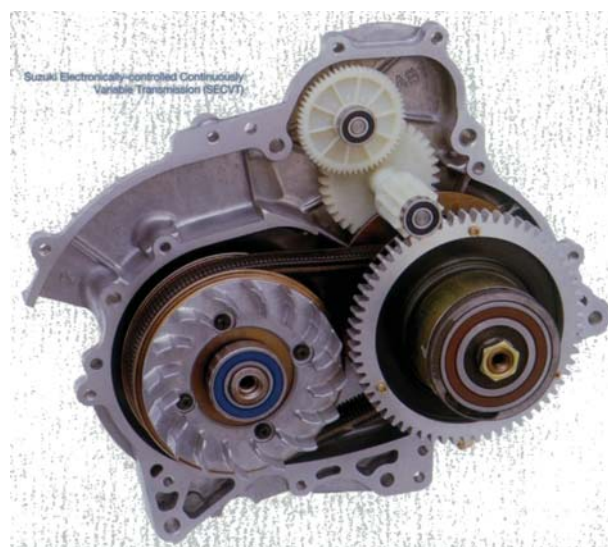
Le contrôleur de SECVT calcule et pilote la vitesse de rotation du moteur en fonction de la vitesse du véhicule et de la position de commande de puissance, et ajuste automatiquement le rapport du variateur CVT en changeant le diamètre de la poulie motrice à l'aide d'un moteur électrique.

Le calculateur du SECVT, propose deux modes entièrement automatiques :

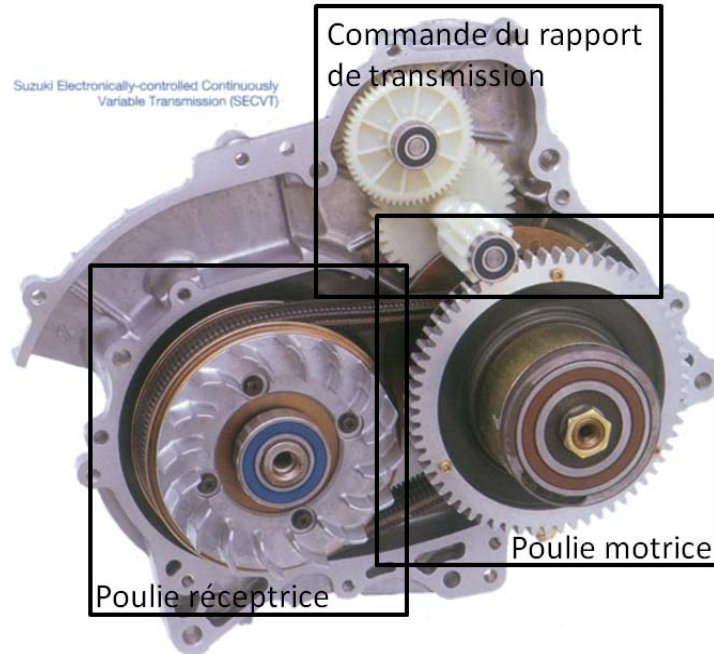
- "**le mode normal ou économie (ME)**" qui fournit le rapport de l'optimum CVT pour la consommation de carburant minimum,

- "**le mode puissance (MP)**" qui calcule le rapport permettant de faire fonctionner le moteur au régime de puissance maximum afin de maximiser les performances s du scooter.

Un **mode** de fonctionnement **manuel ou séquentiel (MS)** est également proposé permettant de simuler une boîte séquentielle.

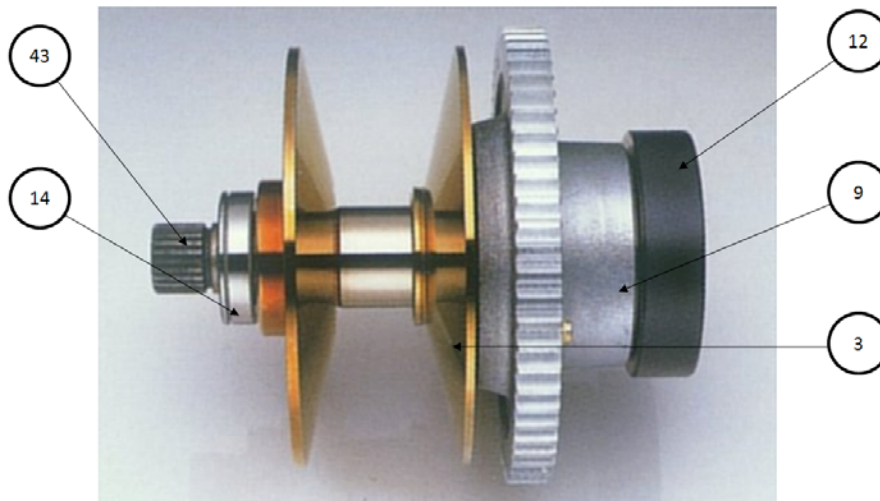


Constitution du variateur SECVT à sélection continue ou séquentielle



Le variateur SECVT est constitué d'une poulie motrice, d'une poulie réceptrice, d'une courroie et d'une commande électrique du rapport de transmission via un moteur électrique et de deux trains d'engrenages

La poulie motrice



La poulie motrice est constituée de la flasque mobile 3 et de l'arbre flasque primaire 43.

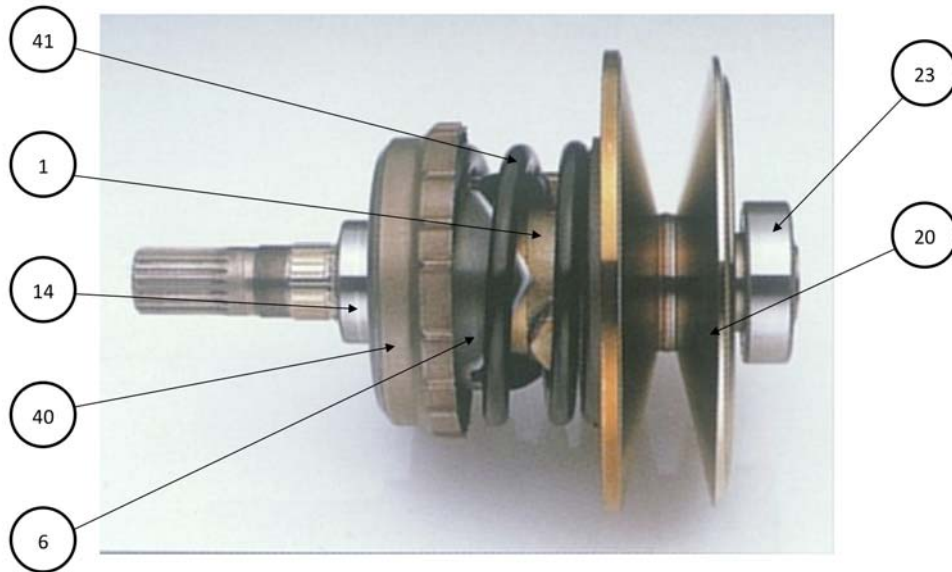
La flasque mobile 3 est en liaison glissière par rapport à l'arbre flasque primaire 43.

La roue dentée 9 est en liaison hélicoïdale par rapport à la vis de commande 47 qui est fixe par rapport au couvercle et en liaison pivot par rapport à la flasque mobile primaire 43.

La rotation de la roue 9 permet d'écarter ou rapprocher les deux flasques permettant ainsi de faire varier le diamètre d'enroulement de la courroie et donc le rapport de réduction.

DT 3 : Constitution du variateur

La poulie réceptrice

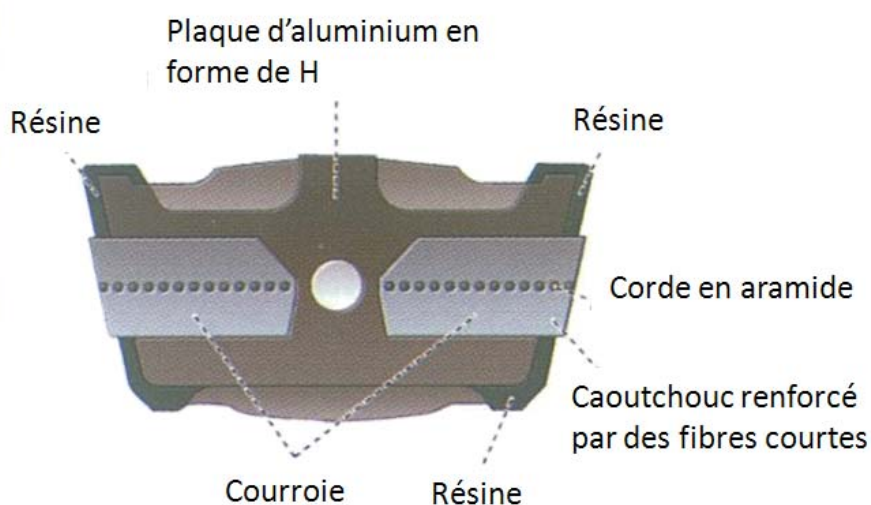


La poulie réceptrice est constituée de la flasque mobile 1 et de l'arbre flasque secondaire 20.

La flasque mobile 1 est en liaison pivot glissant par rapport à l'arbre flasque secondaire 20. La came couple 51 et la cible 40 sont fixes par rapport à l'arbre flasque secondaire 20. Quand la came couple 6 et la flasque mobile 1 sont en contact, la liaison correspondante peut être assimilée à une liaison hélicoïdale.

La vitesse de sortie du variateur est donnée par l'association du capteur 29 et de la cible 40.

La courroie

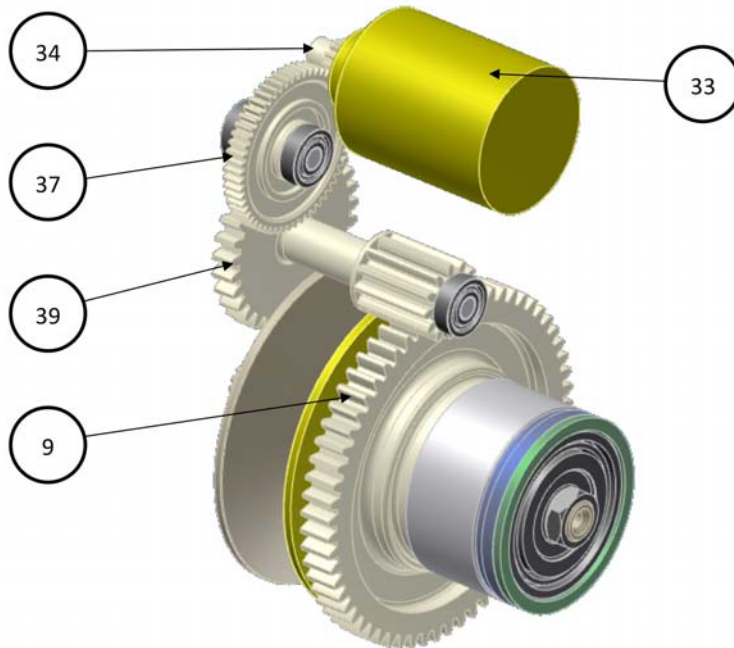


La courroie utilisée a été spécifiquement développée pour ce variateur. C'est une courroie composite hybride. Elle est constituée de 204 plaques d'aluminium reliées à deux courroies de caoutchouc renforcées par des fibres courtes et résistantes à la température. Le tout est recouvert de résine. Cette courroie permet d'assurer un rendement de 97%.

DT 4 : Constitution du variateur

La commande du rapport de transmission

La rotation de la roue dentée 9 permettant de modifier le rayon d'enroulement de la courroie sur la poulie motrice est commandée par le moteur 23 via des trains d'engrenages constitués par le pignon 34, les arbres de transmissions 37 et 39 et la roue dentée 9.



La poignée de commande permet de sélectionner les modes de fonctionnement du variateur :

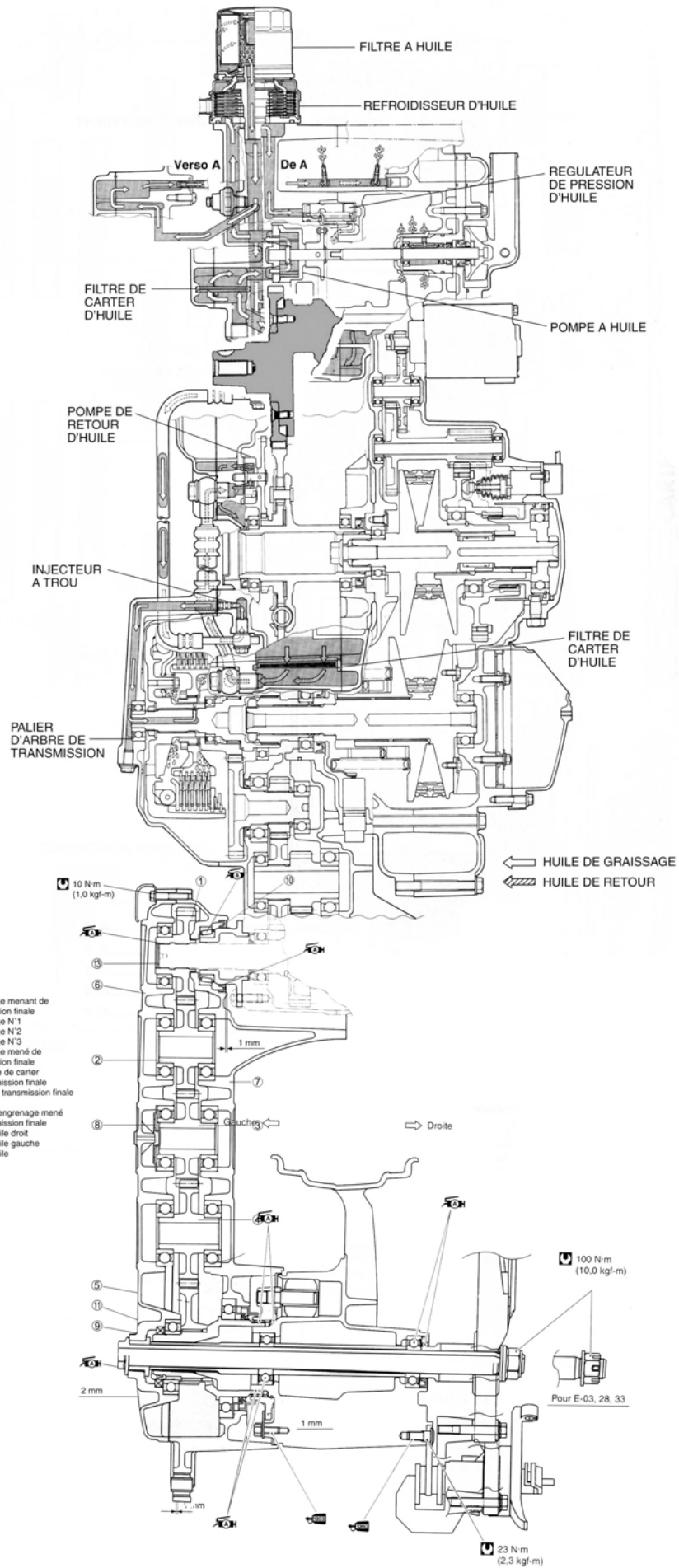
D-M : Mode automatique ou manuel

Power : Mode puissance

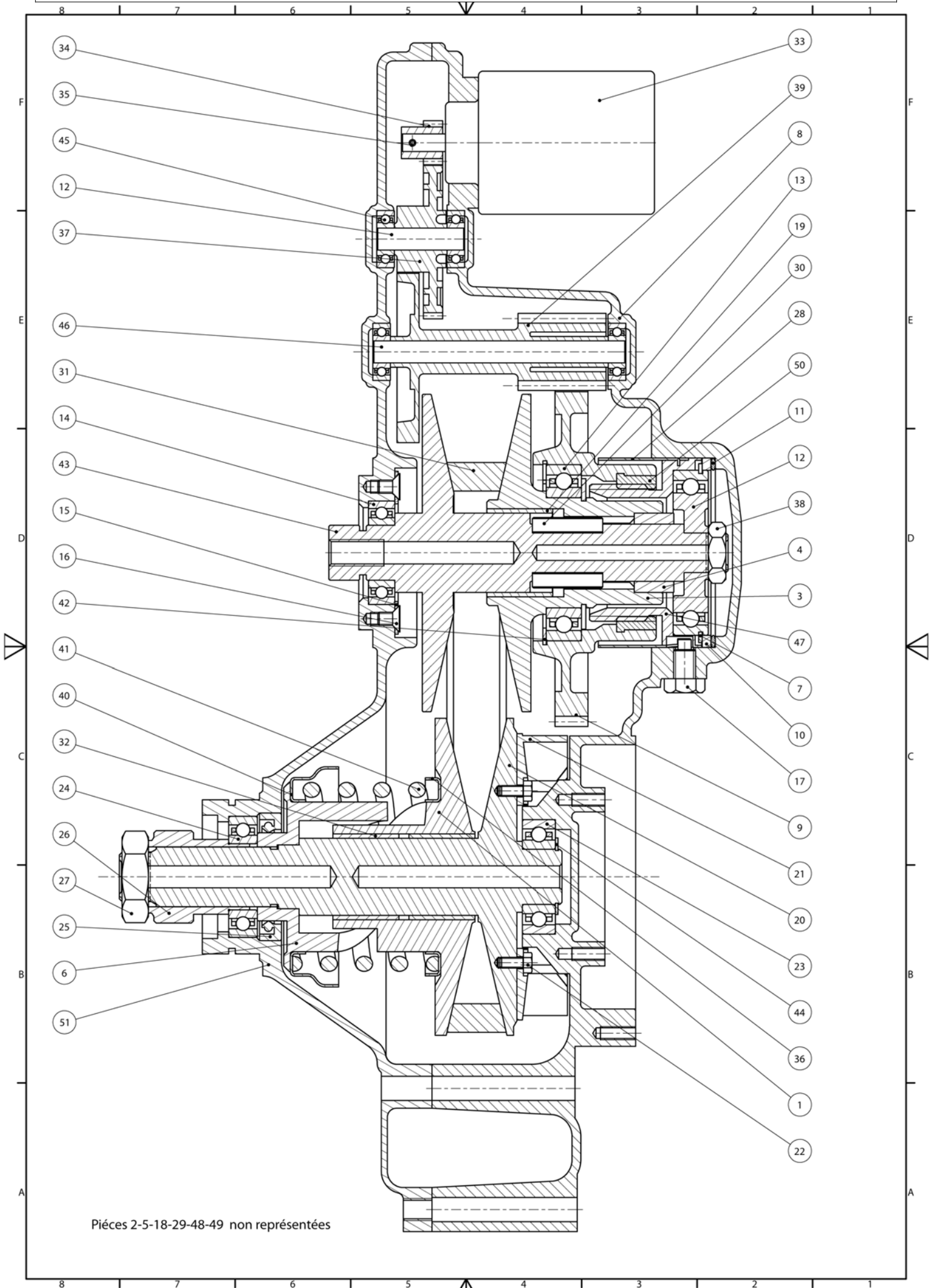
Up-Down : Montée et descente des vitesses en mode manuel



DT 5 : Schéma général de la transmission de puissance du scooter

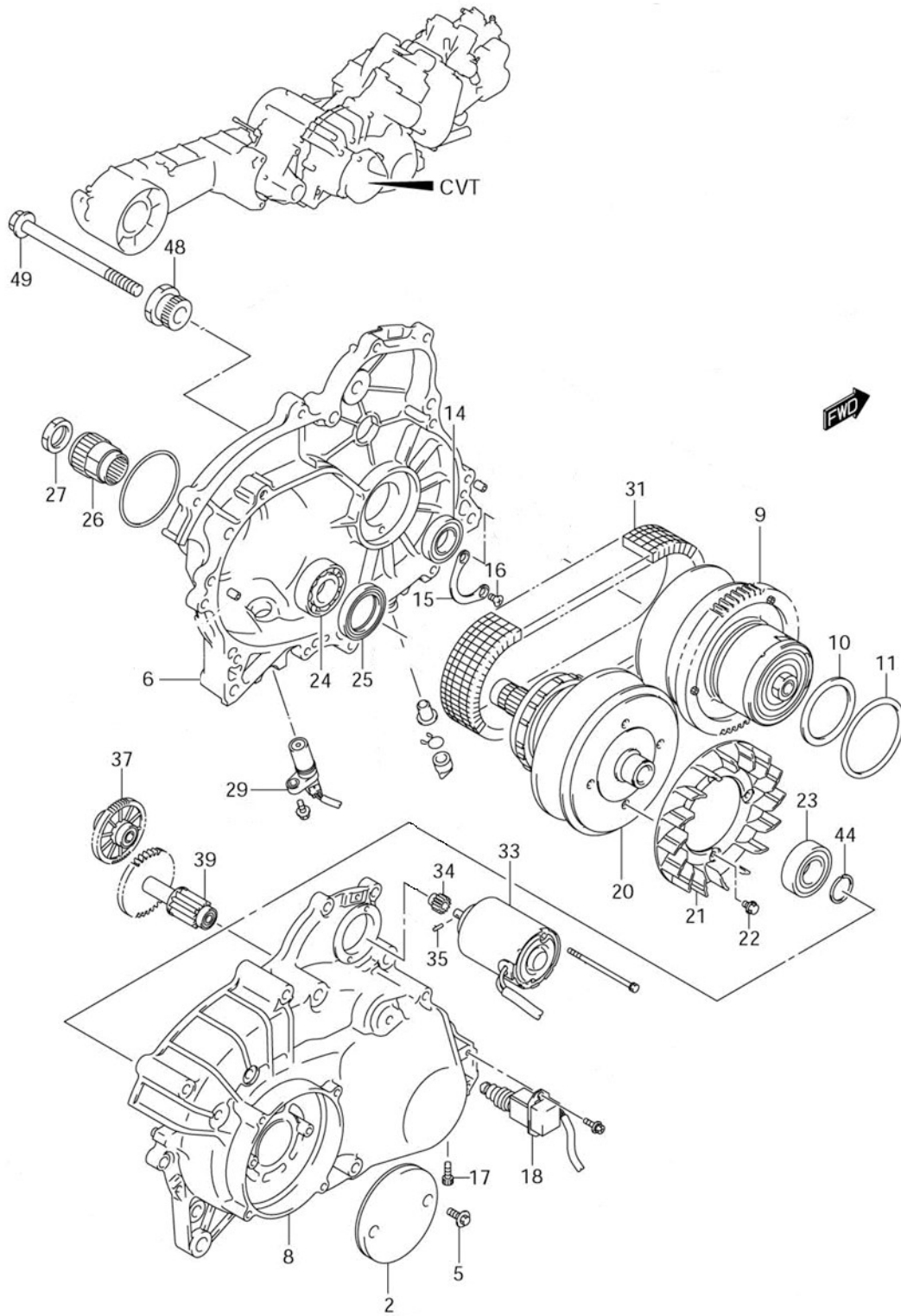


DT 6 : Coupe du variateur SECVT du scooter



Pièces 2-5-18-29-48-49 non représentées

DT 7 : Eclaté du variateur



DT 8 : Nomenclature

RP	NB	Désignation	Matières	Remarques
1	1	Flasque mobile	A-S 10 G	Poulie secondaire
2	1	Filtre CVT		
3	1	Flasque mobile	C35	Poulie primaire
4	1	Coussinet	Cu Sn 12 Pb	
5	2	Vis H M6-20		
6	1	Came couple	C35	
7	1	Circlips		
8	1	Couvercle CVT	A-S 10 G	
9	1	Roue dentée	A-S 10 G	pas =5mm , Z=61 m=2.5
10	1	Cale	S235	
11	1	Joint torique		
12	1	Roulement		
13	1	Roulement		50BC10
14	1	Roulement		25BC10
15	1	Plaque d'arrêt	S235	
16	1	Vis FHC M6-10		
17	1	Vis d'arrêt H M10-15 PY		
18	1	Capteur de position		
19	1	Coussinet	Cu Sn 12 Pb	
20	1	Arbre flasque secondaire	C35	
21	1	Ventilateur	A-S 10 G	
22	4	Vis M5-10		
23	1	Roulement		25BC02
24	1	Roulement		30BC10
25	1	Joint à lèvres		type A, 40x58x10
26	1	Adaptateur	C50	
27	1	Ecrou H, M24		
28	1	Tôle de protection	S235	
29	1	Capteur de vitesse		
30	1	Clavette	S235	
31	1	Courroie		
32	2	Coussinet	Cu Sn 12 Pb	
33	1	Moteur CVT		
34	1	Pignon	Nylon	Z=14 m=1.25
35	1	Goupille élastique		3x15
36	1	Centrage ressort	S235	
37	1	Arbre de transmission	Nylon	Z=10 m=2.5, Z=56 m=1.25
38	1	Ecrou H, M18		
39	1	Arbre intermédiaire	Nylon	Z=12 m=2.5, Z=31 m=1.25
40	1	Cible	S235	
41	1	Ressort		
42	1	Circlips		
43	1	Arbre flasque primaire	C35	
44	1	Circlips		
45	4	Roulement		10BC10
46	1	Arbre	C35	
47	1	Vis de commande	C35	pas=5 mm
48	1	Adaptateur arbre primaire	C35	
49	1	Vis		
50	1	Insert écrou	Cu Sn 12 Zn 1 P	
51	1	Carter	A-S 10 G	
52	1	Arbre	C35	

DT 9 : Caractéristiques de la transmission de puissance

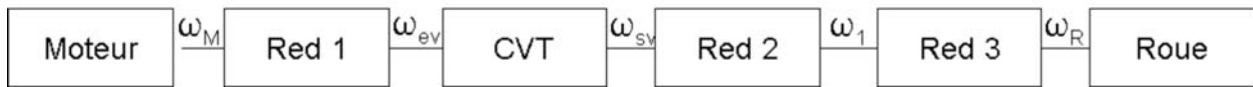


Schéma de la transmission

Caractéristiques de la transmission

Réducteur	Rapport
Red 1	$\frac{\omega_{ev}}{\omega_m} = 1/1.13$
Red 2	1/ 3,934
Red 3	1/1,58

Rapports du variateur continu

1 - En mode économie ou puissance

Rapport mini : 0,465

Rapport maxi : 1,8

2 - En mode séquentiel

Le variateur continu simule une boîte séquentielle 5 rapports

Vitesse	1	2	3	4	5
Rapport	0.465	0.652	0.914	1.283	1.8

Caractéristiques complémentaires du deux roues

Rayon de la roue arrière en prenant en compte l'écrasement du pneu : 315 mm

Masse du deux-roues et de son pilote : 320 kg

DT 10 : Puissance moteur et puissances consommées

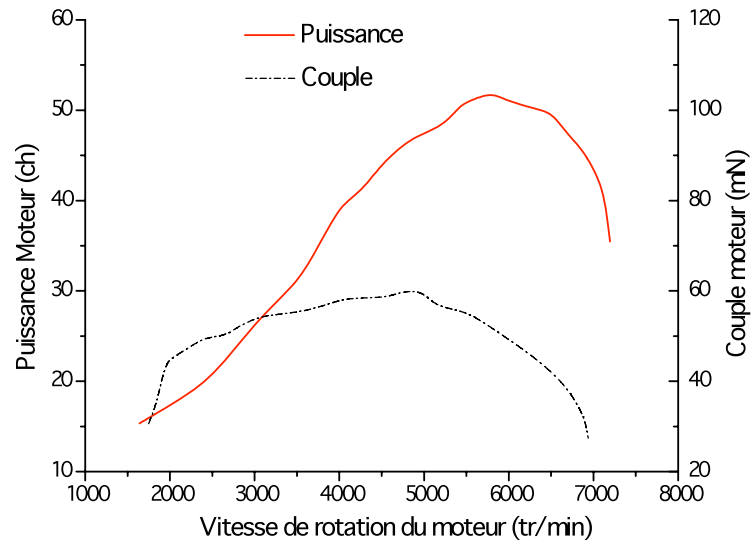
Puissance moteur :

La puissance et le couple ont été mesurés à la roue puis ramenés au niveau du vilebrequin du moteur.

$$P_M = 55cv (\approx 40.5 kW)$$

$$N_{\min} = 1500tr / \min$$

$$N_{P_{Max}} = 5700tr / \min$$

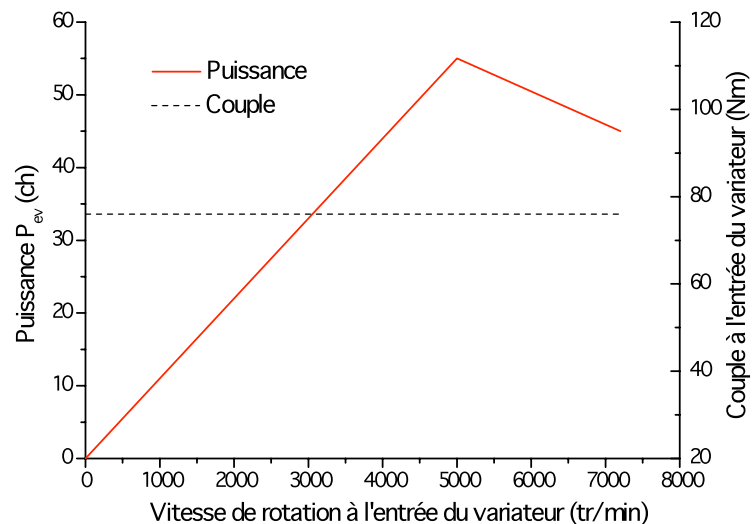


Compte tenu du fonctionnement de l'embrayage centrifuge situé entre le réducteur 1 et le variateur, les évolutions (simplifiées) de la puissance disponible et du couple à l'entrée du variateur en fonction de la vitesse de rotation de l'entrée du variateur sont modélisées par :

$$P_{EV} = P_M \cdot \frac{N_{ev}}{N_{Max}} \quad \text{avec}$$

$$N_{\max} = 5044 \text{ tr/mn}$$

$$C_{EV} = 76 \text{ Nm}$$



Evolutions (simplifiées) de la puissance et du couple à l'entrée du variateur en fonction de la vitesse de rotation de l'arbre d'entrée du variateur

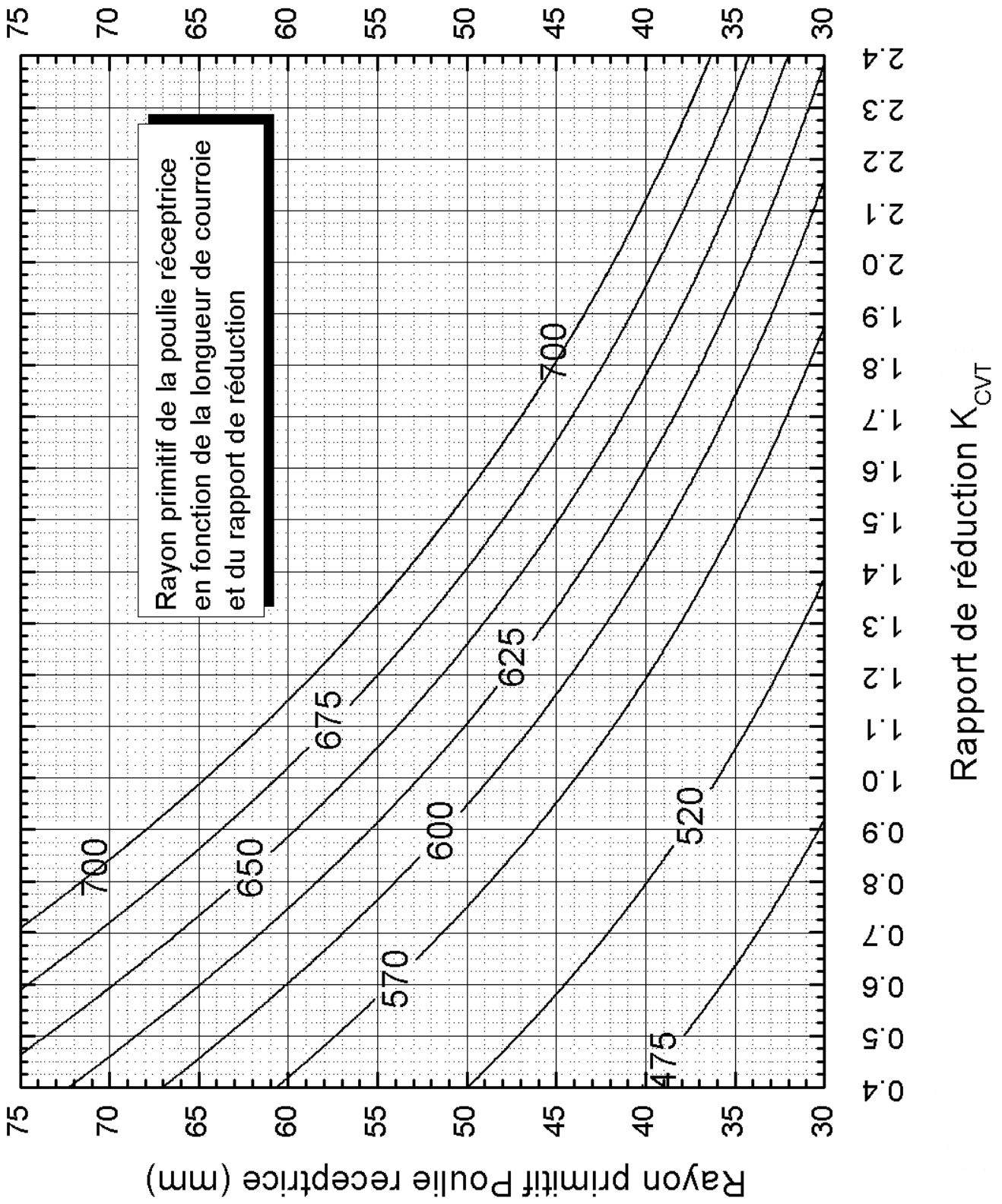
Puissance consommée :

Les puissances consommées sont dues au rendement de la transmission de puissance (de la sortie moteur à la roue arrière), à la résistance aérodynamique et à la résistance au roulement.

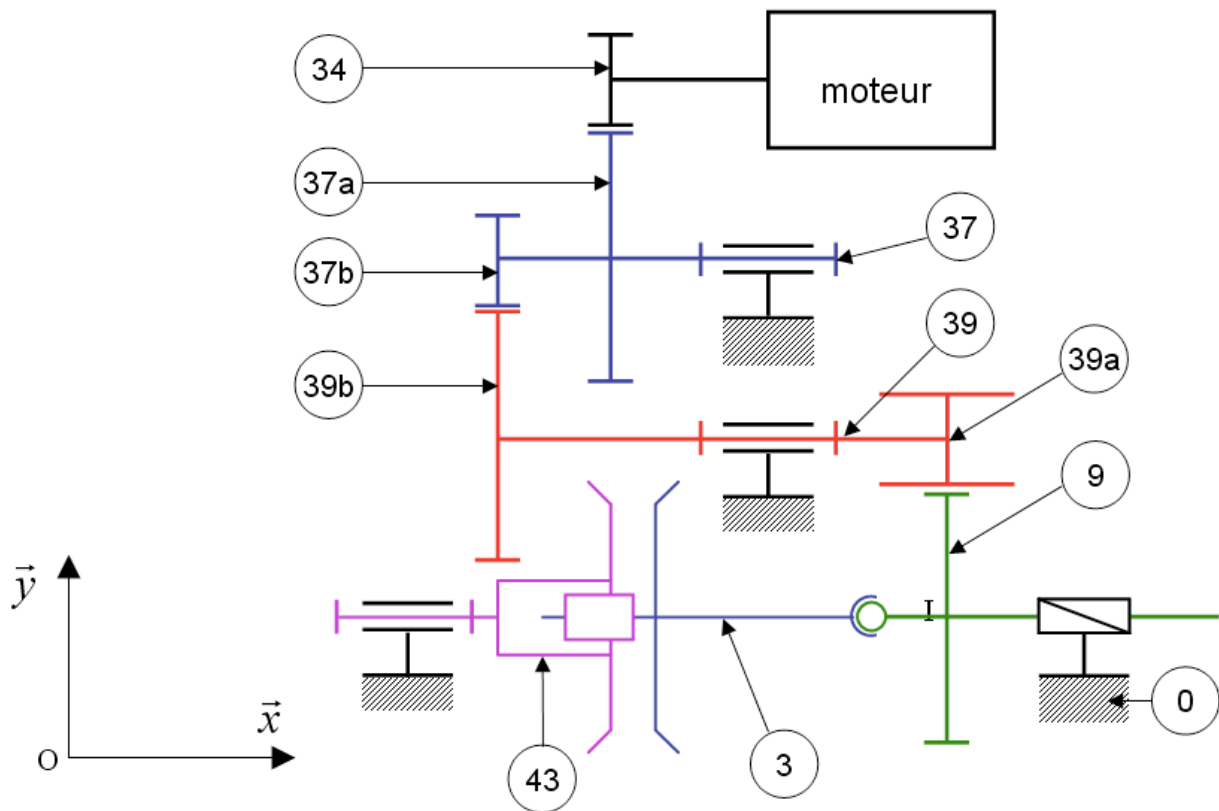
Les grandeurs caractéristiques nécessaires pour calculer ces pertes sont :

- Rendement de la transmission : 0.9
- Masse volumique de l'air $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$
- Le coefficient $SC_x = 0,5 \text{ m}^2$
- Coefficient de résistance au roulement $k = 0.02$
- Masse du deux-roues et de son pilote : $m = 320 \text{ kg}$

DT 11 : Détermination des rayons primitifs



DT 12 : Schéma cinématique et caractéristiques de la commande de rapport de réduction

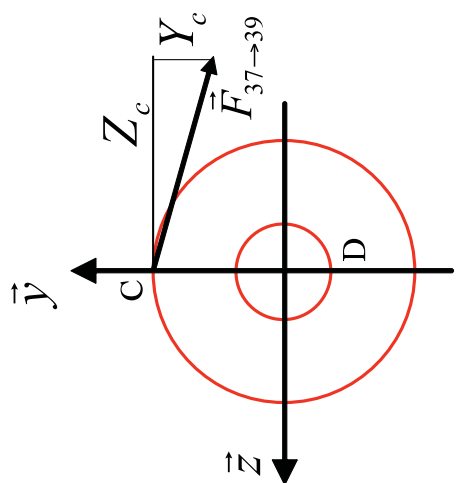
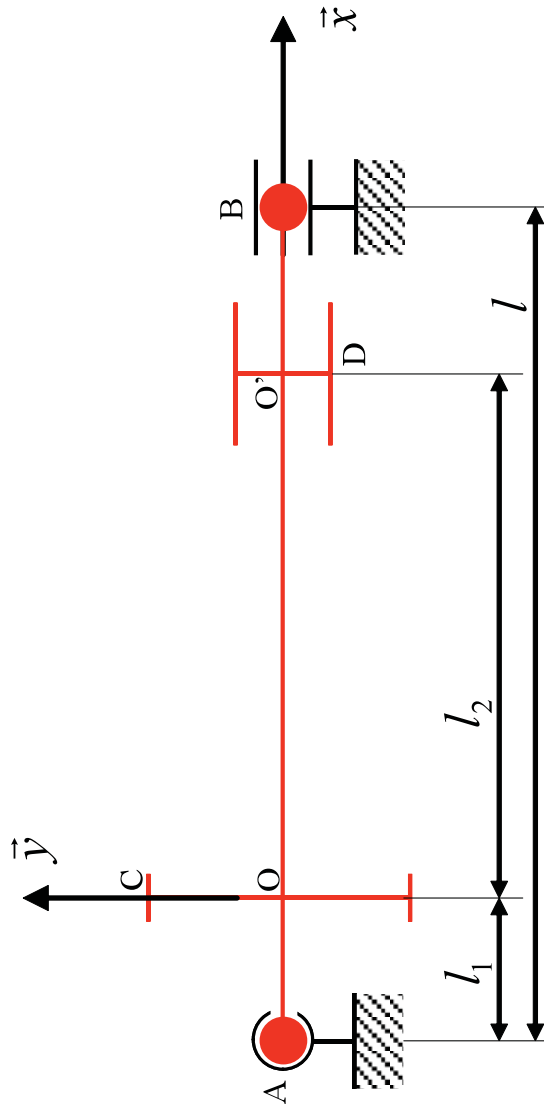


Caractéristiques

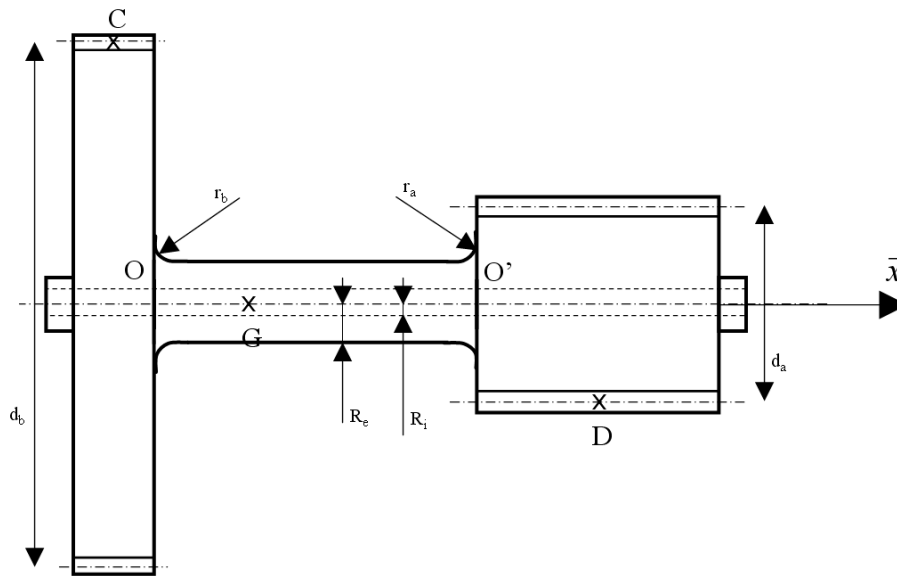
Arbre	Réf. du pignon	Nbe de dents Z	Module m
34	34	$Z_{34} = 14$	$m_{34} = 1,25$
37	37a	$Z_{37a} = 56$	$m_{37a} = 1,25$
	37b	$Z_{37b} = 10$	$m_{37b} = 2,5$
39	39a	$Z_{39a} = 12$	$m_{39a} = 2,5$
	39b	$Z_{39b} = 31$	$m_{39b} = 1,25$
9	9	$Z_9 = 61$	$m_{34} = 2,5$

Pour tous ces pignons, l'angle de pression est $\alpha = 20^\circ$.

DT 13 : Schéma technologique de la liaison de l'arbre (39 + 46) avec le carter



DT 14 : Dimensionnement de la pièce 39



Modèle simplifié de la pièce 39

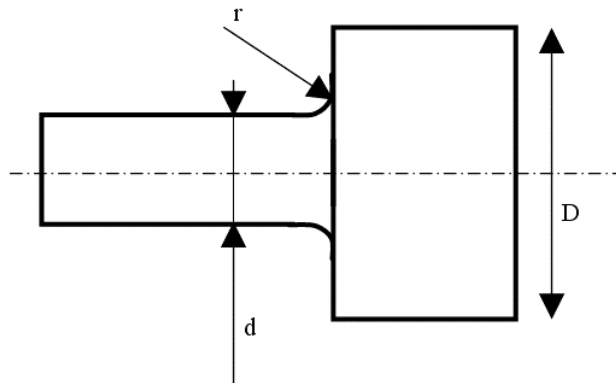
Caractéristiques géométriques de la pièce 39 (en mm)

$R_e = 8,5$
 $R_i = 4$
 $d_a = 30$
 $d_b = 38,75$
 $r_a = 0,2$
 $r_b = 0,1$

Caractéristiques du matériau Polyamide constituant la pièce 39 :

Module d'Young $E = 3,3 \text{ GPa}$
Coefficient de Poisson $\nu = 0,4$
Contrainte limite élastique en torsion $\tau_{\max} = 42 \text{ MPa}$

DT 15 : Fiche de calcul du coefficient de concentration de contrainte K_t dans un arbre épaulé soumis à une sollicitation de torsion



Arbre à épaulement soumis à une sollicitation de torsion

Le coefficient de concentration de contrainte K_t est obtenu par la relation :

$$K_t = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{0,26.K_p}\right)^2 + \left(\frac{1}{0,85.K_q}\right)^2}} + 1$$

$$\text{Avec } K_p = \left[\frac{t}{r} \cdot \frac{\frac{d}{D}}{1 - \frac{d}{D}} + 1 \right]^{-1} \quad K_q = \frac{1}{\sqrt{\frac{r}{t}}} \quad \text{et} \quad t = \frac{D-d}{2}$$

DT 16 : Compétences concernées en BTS CPI

Elles se situent en phase de constitution du dossier d'étude et en phase de conception préliminaire

Activités professionnelles	Compétences
1. Définition des limites de l'étude	C01. Décoder un cahier des charges fonctionnel (CdCf).
	C02. Recenser les contraintes de l'étude.
	C03. Reformuler et synthétiser un cahier des charges fonctionnel résultant d'une verbalisation écrite ou orale.
2. Constitution du dossier d'étude	C04. Analyser, comparer des solutions techniques et argumenter.
	C05. Dégager les principes qui régissent les solutions techniques.
	C06. Rechercher une information dans une documentation technique, dans un réseau local ou à distance.
	C07. Identifier les moyens techniques de production disponibles.
3. Conception préliminaire	C08. Intégrer les contraintes de la propriété industrielle.
	C09. Rechercher et expliciter un principe de solution.
	C10. Proposer ou expliciter sous forme de croquis ou de schéma, commenté, légendé, une solution constructive.
	C11. Élaborer la maquette numérique de conception préliminaire à l'aide d'un modeleur volumique, paramétrable, variationnel.
	C12. Argumenter, au sein d'un groupe projet, les solutions techniques et économiques proposées en exploitant les outils adaptés.
	C13. Valider une géométrie ou une architecture, par simulation informatique ou calcul élémentaire des comportements mécaniques.
C14. Estimer la durée d'étude attendue en phase avec le jalonnement d'un projet et recenser les éléments du coût.	

Les deux compétences principales sont détaillées ci-dessous:

C04. Analyser, comparer des solutions techniques et argumenter.		
<i>Données</i>	<i>Compétence détaillée</i>	<i>Critères et/ou indicateur de performance</i>
Des solutions techniques en réponse à une fonction technique donnée sous forme de : <ul style="list-style-type: none"> - plans, schémas, croquis, - modèles virtuels, - mécanismes réels. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dégager des paramètres, des critères de comparaison des solutions techniques en regard du cahier des charges fonctionnel. - Pondérer chacun des critères. - Classer les différentes solutions techniques. - Communiquer oralement ou par écrit à propos du système technique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exhaustivité des paramètres à prendre en compte. - Exactitude du classement. - Pertinence des commentaires et de l'analyse.

C09. Rechercher un principe de solution.		
<i>Données</i>	<i>Compétence détaillée</i>	<i>Critères et/ou indicateur de performance</i>
<ul style="list-style-type: none"> -Une fonction technique étant identifiée et spécifiée dans le cahier des charges. -Des principes de solutions relatifs à des fonctions techniques similaires sont éventuellement disponibles. -Des méthodes de créativité, éventuellement en appui sur des logiciels spécifiques. 	<ul style="list-style-type: none"> -Rechercher le ou les principes, existants ou innovants qui satisfont la fonction étudiée 	<ul style="list-style-type: none"> -Exactitude du principe retenu.

S7 Construction des systèmes techniques

S72	Étude des solutions constructives associées aux liaisons :	Niveaux			
		1	2	3	4
	<ul style="list-style-type: none"> • Nature des liaisons obtenues. • Solutions classiques avec éléments standard éventuels. • Conditions et surfaces fonctionnelles (mise en position, maintien en position), influence sur la précision, la tenue aux efforts, la rigidité, ... • Lubrification éventuelle. • Étanchéité éventuelle. • Adéquation pièce-matériau-procédé d'obtention. • Détermination du prédimensionnement et/ou validation du choix à l'aide de bases de données de constructeurs et de logiciels spécialisés. • Données technico-économiques comparatives (prix du composant, coûts d'installation, de maintenance, etc....) <p>Pour les solutions constructives suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>assemblage démontable,</i> ○ <i>assemblage permanent,</i> ○ <i>guidage en rotation par glissement,</i> ○ <i>guidage en rotation par éléments roulants,</i> ○ <i>guidage en translation par glissement,</i> ○ <i>guidage en translation par éléments roulants,</i> ○ <i>rotulage.</i> 				

S8	Industrialisation des produits	Niveaux			
		1	2	3	4
S83	Les procédés d'obtention des produits				
	<ul style="list-style-type: none"> • Principes du procédé. • Capabilité du procédé : matériau, géométrie, précision. • Influences sur les propriétés du matériau. • Outillages associés. • Coût estimatif. <p>Pour les procédés suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>moulage : par gravité, sous pression, injection, (centrifugation, rotomoulage, hydroformage...)</i> ○ <i>déformation : forgeage, estampage, matriçage, extrusion, (soufflage), emboutissage, pliage</i> ○ <i>forme ébauche coulée (FEC)</i> ○ <i>découpage : (oxycoupage, laser, jet d'eau, poinçonnage,)</i> ○ <i>enlèvement de matière : usinage, UGV, électroérosion...</i> ○ <i>soudage,</i> ○ <i>collage,</i> ○ <i>assemblages divers : clipsage...</i> ○ <i>élaboration des pièces en matériaux composites.</i> 				

DT 18 : Modalités de certification

<i>Les cases grisées correspondent, pour chacune des 4 unités aux compétences à évaluer lors de la certification (examen ou validation des acquis). Seules les compétences désignées par des cases grisées seront évaluées. Si les autres peuvent être mobilisées elles ne donneront pas lieu à évaluation. Dans le cas où elles ne seraient pas maîtrisées, les tâches correspondantes seront réalisées avec assistance.</i>		U2	U4	U51	U52	U61	U62
		Anglais	Motorisation des systèmes	Modélisation et comportement des produits industriels	Analyse et spécification de produits	Présentation du rapport de stage industriel	Présentation du dossier de projet
C01	Décoder un cahier des charges fonctionnel.						
C02	Recenser les contraintes de l'étude.						
C03	Reformuler et synthétiser un cahier des charges fonctionnel résultant d'une verbalisation écrite ou orale.						
C04	Analyser, comparer des solutions techniques et argumenter.				GM		
C05	Dégager les principes qui régissent les solutions techniques.		GE				GM
C06	Rechercher une information dans une documentation technique, dans un réseau local ou à distance.						
C07	Identifier les moyens techniques de production disponibles.						
C08	Intégrer les contraintes de la propriété industrielle.						
C09	Rechercher et expliciter un principe de solution.		GE				GM
C10	Proposer, ou expliciter, sous forme de croquis ou de schéma, commenté, légendé, une solution constructive.		GE				GM
C11	Élaborer la maquette numérique de conception préliminaire à l'aide d'un modèleur volumique, paramétrable, variationnel.						
C12	Argumenter, au sein d'un groupe projet, les solutions techniques et économiques proposées en exploitant les outils adaptés.						
C13	Valider une géométrie ou une architecture, par simulation informatique ou calcul élémentaire des comportements mécaniques.						
C14	Estimer la durée d'étude attendue en phase avec le jalonnement d'un projet et recenser les éléments du coût.						

DT 19 : Rappel des horaires

	Horaire de 1ère année(1)			Horaire de 2ème année		
	Semaine	a + b + c (2)	Année (3)	Semaine	a + b + c (2)	Année (3)
1. Français	3	2+1+0	90	3(4)	2+1+0	108
2. Langue vivante : Anglais	2	0+2+0	60	2	0+2+0	72
3. Mathématiques	4	2+2+0	120	4	2+2+0	144
4. Physique appliquée	1,5	0+0+1,5	45	1,5	0+0+1,5	54
5. Électrotechnique	1,5	0+0+1,5	45	1,5	0+0+1,5	54
6. Comportement des systèmes techniques	6	4+0+2	180	4	2+0+2	144
7. Construction mécanique	10	2+2+6	300	12	2+2+8	432
8. Industrialisation des produits	4	2+0+2	120	4	2+0+2	144
Total	32 h	12+7+13	960 h	32 h	10+7+15	1152 h

1) Les horaires de première année ne tiennent pas compte des 6 semaines de stage en milieu professionnel.

2) **a** : cours en division entière, **b** : travaux dirigés ou pratiques de laboratoire, **c** : travaux pratiques d'atelier.

3) L'horaire annuel est donné à titre indicatif.

Le support utilisé pour la partie pédagogique était un article des Techniques de l'Ingénieur portant sur le surmoulage.

Nom de l'auteur : Patricia Sandré

Titre et numéro : Surmoulage ou surinjection, AM 3699
(<http://www.techniques-ingenieur.fr/book/am3699/surmoulage-ou-surinjection.html>)

Nom de l'éditeur : Techniques de l'Ingénieur

Date de publication : 10 Octobre 2006

<http://www.techniques-ingenieur.fr>

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

Prénoms : _____ N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

EAI MEC 1

Document réponse DR1

Figure 1 : Réponses aux questions 5 et 9

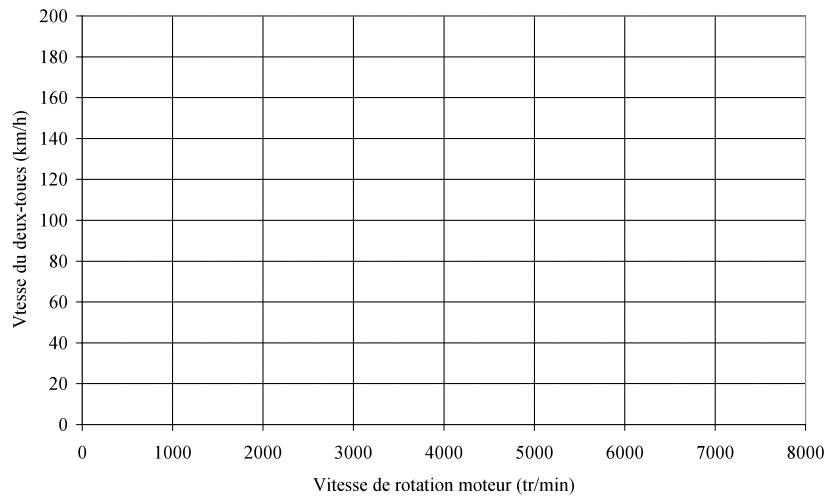
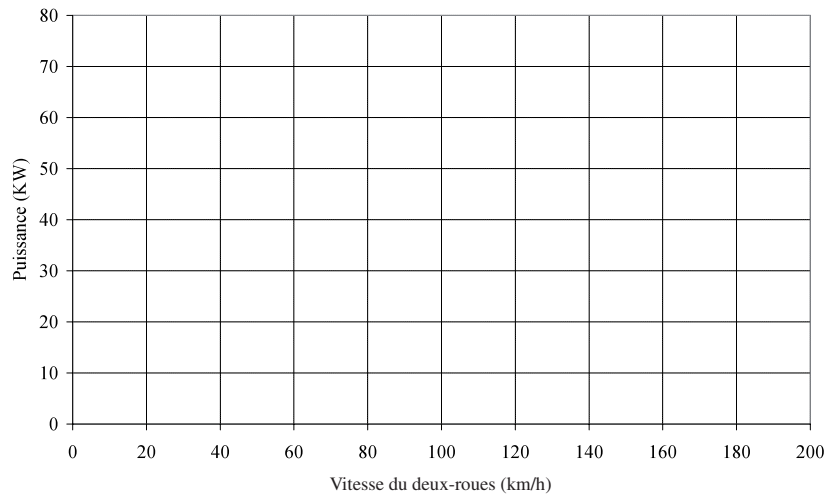


Figure 2 : Réponses aux questions 6, 10 et 12



Ⓚ

Tournez la page S.V.P.

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

Document réponse DR2

Tableau 1 : Réponses aux questions 20, 21, 25, 27 et 32

K_{CVT}	0,465	0,652	0,914	1,283	1,8
R_{43} (mm)					
R_{20} (mm)					
α (rd)					
θ_{43}					
θ_{20}					
a_{43}					
a_{20}					
T_B (N)	2840		2063	2004	2027
T_A (N)	480		540	706	874
Fa sur flasque mobile de la poulie motrice (N)	5724	4514	3548	3527	3622
Fa sur flasque mobile de la poulie réceptrice (N)	7963		3694	3150	2795
pas hélicoïdal					