

SESSION 2009

Épreuve : étude des constructions

Durée : 4 heures

Coefficient : 6

Moto électrique Quantya®

AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISÉ

MOYENS DE CALCUL AUTORISÉS

Calculatrice électronique de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (conformément à la circulaire N°99-018 du 1^{er} février 1999).

Ce sujet comprend 3 dossiers :

- **Dossier technique** (DT 1 à DT 5) **jaune**
- **Dossier « Travail demandé »** (TD 1 à TD 5) **vert**
- **Dossier « Documents réponses »** (DR 1 à DR 5) **blanc**

NOTE IMPORTANTE

Les candidats rédigeront leurs réponses sur feuille de copie.

Les documents réponses prévus dans le dossier seront utilisés lorsque cela est explicitement indiqué dans le sujet.

Tous les documents réponses, même vierges, sont à remettre en fin d'épreuve.

‘Dossier technique’

Ce dossier comporte 5 feuilles de présentation de la moto Quantya®.

Il est conseillé de consacrer environ 20 min à la lecture de ce dossier.

DT1 : mise en situation

DT2 : caractéristiques techniques de la moto

DT3 : caractéristiques techniques de la suspension arrière

DT4 : caractéristiques techniques de la transmission

DT5 : la propulsion électrique

DOSSIER TECHNIQUE

MISE EN SITUATION

MOTO ÉLECTRIQUE : DES MOTOS QUI ONT DU JUS.

La **STRADA EVO 1** est fabriquée par une société SUISSE, située à LUGANO.

Moyen de transport alternatif, peut-être la solution pour concilier contraintes environnementales et pratique sportive en pleine nature.

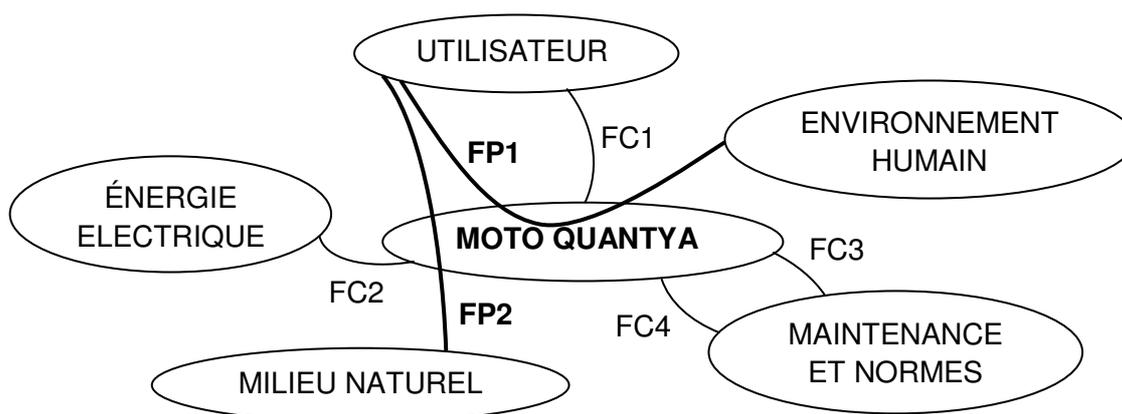
Absence de pollution atmosphérique (pas d'émission de CO²), et de pollution sonore.

Il s'agit d'un trail, utilisable dès 16 ans, pouvant atteindre une vitesse de pointe de 70 km/h, soit l'équivalent d'une moto conventionnelle de type 125 cm³.

Un modèle homologué (EVO 1) dont deux variantes « STRADA » et « TRACK » ont été mises sur le marché en 2008.



DIAGRAMME DES INTER-ACTEURS



FP1 : pratiquer la moto sans nuisance sonore.

FP2 : investir dans une énergie propre.

FC1 : recharger les batteries.

FC2 : s'adapter à la source d'énergie.

FC3 : fonctionner écologiquement.

FC4 : assurer un temps moyen de bon fonctionnement

FC5 : respecter les normes réglementaires.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA MOTO :

PROPULSION :



PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Moteur :

- Marque : Lynch Motor Company LTD.
- Type : Axial GAP D.C. brush, LEM 200-127Q 48 V.

Batteries :

- Polymère au lithium rechargeable.
- Autonomie selon utilisation : 30 à 180 minutes.
- Recharge : environ 75 minutes.

Performances :

- Puissance moteur maxi : 12 kW soit 16 ch.
- Couple moteur maxi : 35 N.m.
- Vitesse maxi de la moto: 70 km/h.

DIMENSIONS :

Empattement :

- 1310 mm.

Masse :

- 95 kg.

Hauteur de selle :

- 915 mm.



FREINS :



Frein avant :

- Simple disque avant \varnothing 260 mm à étrier.

Frein arrière :

- Simple disque \varnothing 200 mm à étrier.

Spécificité :

- Les freins sont commandés à partir de leviers au guidon comme ceux d'un vélo.

TRANSMISSION :

Primaire :

- Par courroie.

Embrayage :

- Sans.

Boîte de vitesse :

- Sans.

Secondaire :

- Par chaîne.



PARTIE CYCLE :



Cadre :

- Double berceau tube acier.

Suspension avant :

- Fourche télescopique inversée.

Suspension arrière :

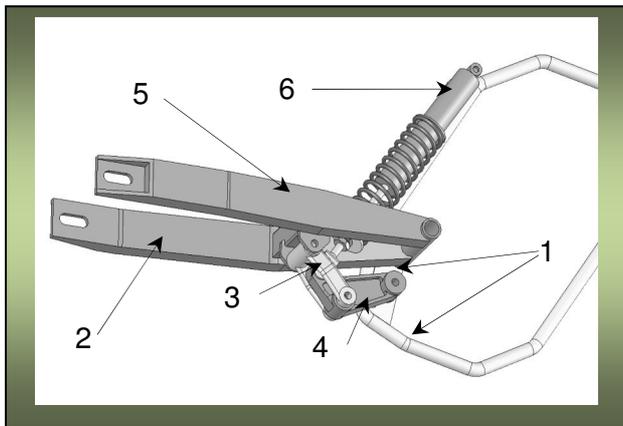
- Bras oscillant bilatéral tube acier à section rectangulaire.
- Amortisseur central à biellettes de démultiplication.

Débattement avant / arrière :

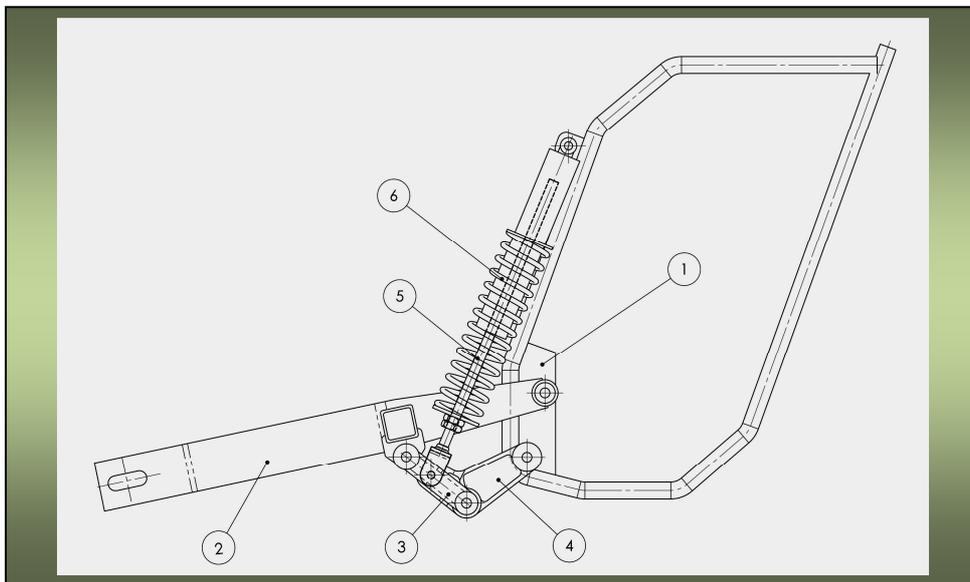
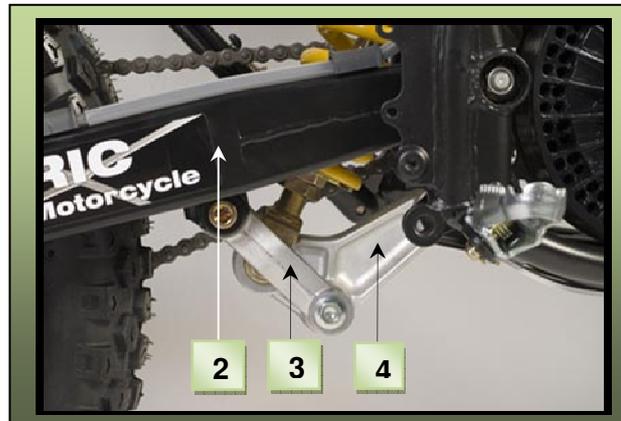
- 200 mm / 280 mm.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUE DE SUSPENSION ARRIÈRE :

Modélisation 3D

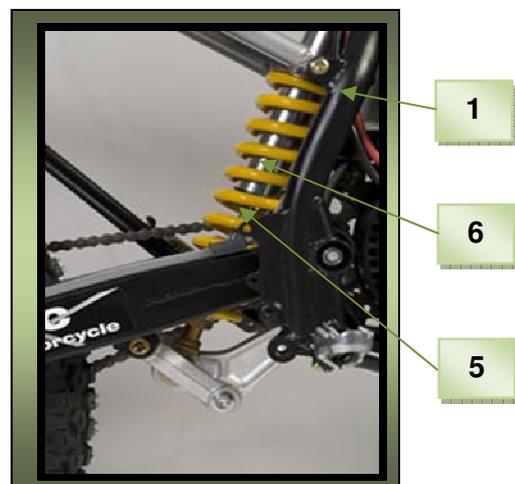


PRÉSENTATION DÉTAILLÉE



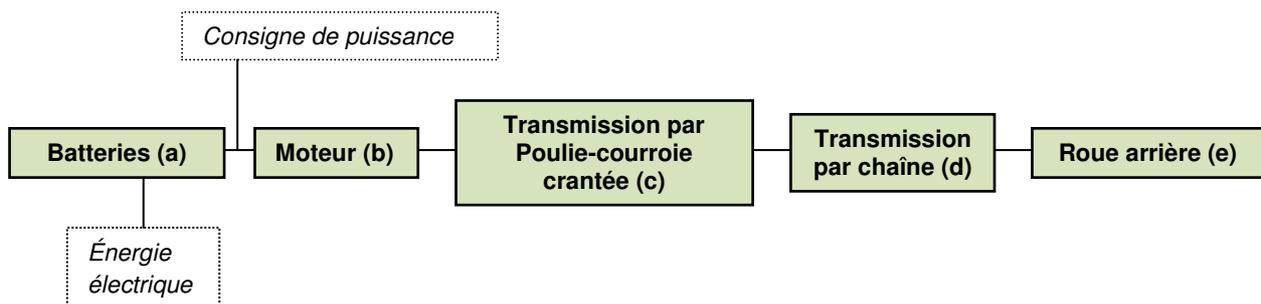
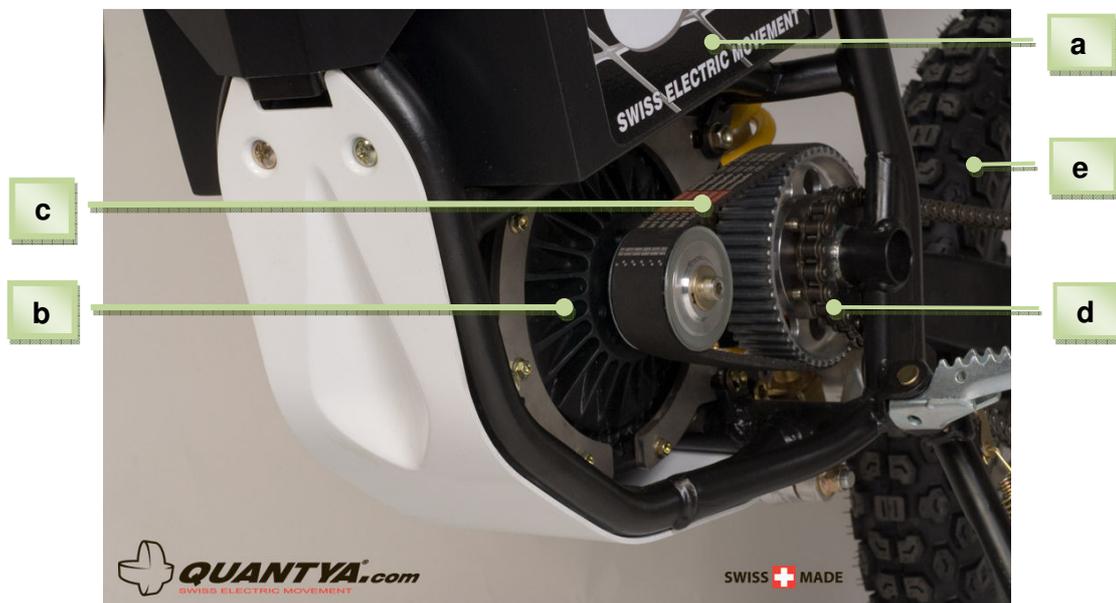
Modélisation 2D

REPÈRE	DÉSIGNATION
1	Cadre
2	Bras oscillant
3	Biellette
4	Biellette coudée
5	Tige amortisseur
6	Corps amortisseur



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA TRANSMISSION :

PRÉSENTATION DÉTAILLÉE



NOMENCLATURE

Désignation éléments	Rep	Caractéristiques
Batterie	a	
Moteur	b	
Pignon cranté sortie moteur	c	$Z_c = 30$
Courroie crantée		
Roue crantée		$Z_{c'} = 50$
Pignon denté	d	$Z_d = 17$
Chaîne		
Couronne sur roue		$Z_{d'} = 56$
Roue arrière	e	$\varnothing 570 \text{ mm}$

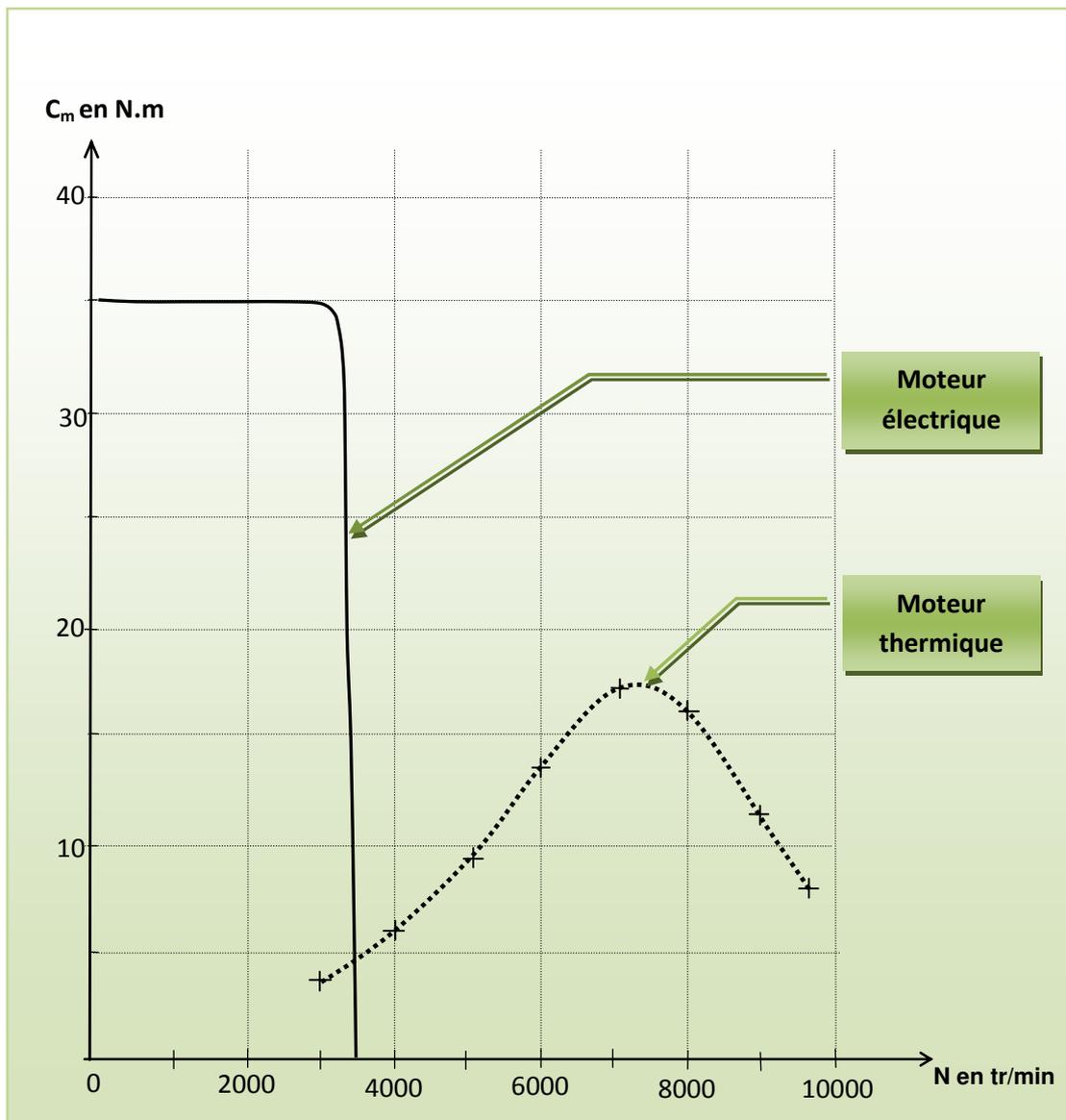
LA PROPULSION ÉLECTRIQUE

Le moteur à explosion alimenté en carburant d'une moto de type thermique est donc remplacé par un moteur électrique alimenté par une batterie.

La durée de recharge de cette batterie est de 90 min maximum, avec 1000 cycles de charge possible ; soit l'équivalent d'environ 60 000 km (selon utilisation).



COURBES COMPARATIVES : moteur électrique piloté / moteur thermique



'Travail Demandé'

Le sujet est composé de 4 parties indépendantes.

Il est conseillé de consacrer à chacune des parties la durée suivante :

Lecture du dossier et des documents techniques 20 min

- | | |
|--|---------------|
| 1. Spécificité de la moto Quantya® | 30 min |
| 2. Étude de la suspension | |
| <i>Débattement de la roue arrière</i> | <i>30 min</i> |
| <i>Vitesse de la tige de l'amortisseur</i> | <i>40 min</i> |
| <i>Effort sur la tige de l'amortisseur</i> | <i>40 min</i> |
| 3. Performances de la moto | |
| <i>Puissance maximale de la moto</i> | <i>50 min</i> |
| 4. Liaison arbre moteur / pignon | 30 min |

TRAVAIL DEMANDÉ

1. Spécificité de la moto Quantya®

La motorisation de la moto Quantya® est électrique. Cette particularité impose une conduite spécifique puisque les commandes ne sont pas parfaitement identiques à une moto à moteur thermique.

Sur les motos traditionnelles (moteur thermique), le rôle de l'embrayage est principalement de permettre le démarrage de la moto.

À partir de l'étude des courbes du couple en fonction de la vitesse de rotation (voir Document Technique DT5) et de vos propres observations :

Question 1.1 : expliquer pourquoi l'embrayage existant sur toutes les motos 'classiques' n'est pas utile pour ce type de motorisation électrique.

Pour pouvoir être exploitée dans les conditions optimales, la motorisation est utilisée dans une plage (ou étendue) de vitesse de rotation correspondant à un couple **d'au moins 60%** du couple maximum.

La motorisation électrique se caractérise par une plage d'utilisation d'environ 98% de la vitesse de rotation maximale.

À partir des courbes précédentes (DT5) :

Question 1.2 : déterminer le couple maximum : C_{therm} pour la motorisation thermique.

Question 1.3 : en déduire la vitesse de rotation minimale et maximale correspondant à 60% du couple maximum. Calculer l'étendue de vitesse de rotation : E_{therm} avec $E = N_{\text{maxi}} - N_{\text{mini}}$.

Question 1.4 : exprimer cette étendue en un pourcentage de la vitesse de rotation maximale pour la motorisation thermique. Que peut-on observer ?

Question 1.5 : le constructeur Quantya® n'a pas jugé bon d'équiper sa moto d'une boîte de vitesses. Argumenter en quelques lignes les raisons de ce choix.

2. Étude de la suspension arrière

Le confort du conducteur et sa sécurité imposent un système de roue arrière articulée. Le système de suspension **Cantilever**® par ressort et biellettes maintient la moto en hauteur et absorbe les irrégularités du sol. L'amortisseur, quant à lui, atténue les oscillations verticales de la moto (sorte de vérin hydraulique).

La documentation technique DT3 décrit l'ensemble et le repérage utilisé.

Dans les études à venir, le confort du passager étant la caractéristique importante, le cadre de la moto (repéré **1**) sert de **référence fixe** à tous les mouvements supposés plans.

Le système admet le plan (O, x, y) de symétrie : le problème est plan.

Les liaisons aux points A, B, C, D, E, F et H (voir DR1) sont des pivots supposés parfaits (sans frottement, ni adhérence, ni jeu).

Remarque : le point F est le centre de l'articulation entre la biellette coudée **4** et la tige d'amortisseur **5**.

On se propose de valider le choix du constructeur pour l'ensemble suspension – amortisseur arrière.

Débattement de la roue arrière

(Voir **DR1**)

Le débattement vertical de la roue arrière est limité par celui de l'amortisseur. Par construction, ce dernier a un débattement de 80 mm. Une fois cette limite atteinte, la suspension 'talonne' et se détériore.

Le document **DR1** présente le système avec la suspension détendue, lorsque la roue arrière ne touche plus le sol.

La rédaction des réponses et les résultats devront figurer clairement sur feuille de copie. Les constructions graphiques doivent apparaître sur les documents réponse.

Question 2.1 : quels sont les mouvements par rapport au cadre **1**.

- du bras oscillant **2** : $M_{2/1}$,
- de la biellette **3** : $M_{3/1}$,
- de la biellette coudée **4** : $M_{4/1}$,
- de la tige d'amortisseur **5** : $M_{5/1}$,
- du corps de l'amortisseur **6** : $M_{6/1}$.

Question 2.2 : définir les trajectoires $T_{A_{2/1}}$; $T_{B_{2/1}}$; $T_{E_{3/1}}$ et $T_{F_{3/1}}$.

Question 2.3 : tracer sur le document **DR1** ces trajectoires.

Le point F' sur le document réponse **DR1** correspond au talonnement de la suspension, à savoir la fin de course de l'amortisseur en position rentrée.

Question 2.4 : déterminer les nouveaux points E' ; B' et finalement A' correspondant au talonnement de la suspension.

Question 2.5 : mesurer le déplacement vertical de la roue, représenté par celui du point A. Vérifier que cette valeur correspond approximativement à celle annoncée par le constructeur (voir **DT2**).

Vitesse de la tige de l'amortisseur

(Voir **DR2**)

Des essais de la moto en fonctionnement sur route et chemin ont permis de mettre en évidence une vitesse verticale de la roue arrière par rapport au cadre **1**, vitesse déterminée lors d'un saut ou lors du franchissement d'un obstacle (pierre, trottoir, ...).

Compte tenu de la cinématique du bras oscillant, cette vitesse de 1 m/s pour la roue arrière correspond à une vitesse $\vec{V}_{B_{2/1}}$ d'intensité 0,3 m/s au point B qui est tracée sur le document-réponse **DR2**. Cette vitesse conditionne la vitesse de rentrée de tige de l'amortisseur par l'intermédiaire des biellettes.

L'effort de l'amortisseur est fonction de la vitesse de rentrée de la tige.

La valeur maximale de rentrée de la tige que peut admettre l'amortisseur est de 0,4 m/s.

Question 2.6 : expliquer comment le support (direction) de cette vitesse $\vec{V}_{B_{2/1}}$ a été déterminée.

Question 2.7 : justifier l'égalité des vitesses $\vec{V}_{B_{2/1}} = \vec{V}_{B_{3/1}}$.

Question 2.8 : tracer sur **DR2** le support des vitesses $\vec{V}_{E_{3/1}} = \vec{V}_{E_{4/1}}$.

Question 2.9 : déterminer la norme (ou intensité) de la vitesse $\vec{V}_{E_{3/1}}$ par la méthode de l'équiprojectivité sur la biellette **3**.

Question 2.10 : en déduire la vitesse $\vec{V}_{F4/1} = \vec{V}_{F5/1}$.

Le fonctionnement de l'amortisseur comprend la translation de la tige d'amortisseur **5** par rapport au corps de l'amortisseur **6**, ce dernier étant en rotation autour du point H par rapport au cadre **1**.

Le support de la vitesse $\vec{V}_{F5/6}$ est portée par l'axe de la tige d'amortisseur **5** et le support de $\vec{V}_{F6/1}$ est perpendiculaire à l'axe précédent.

Question 2.11 : établir une relation entre la vitesse précédemment déterminée $\vec{V}_{F5/1}$, et les vitesses $\vec{V}_{F6/1}$ et $\vec{V}_{F5/6}$.

Question 2.12 : déterminer graphiquement la vitesse de rentrée de tige $\vec{V}_{F5/6}$.

Question 2.13 : comparer cette valeur avec la valeur admissible.

Effort sur la tige de l'amortisseur

(Voir **DR3**)

La moto est suspendue à l'arrière grâce à l'action du ressort monté autour de l'amortisseur. L'étude statique de la partie arrière, sollicitée par les poids de la moto et du conducteur, aboutit à l'effort de compression du ressort.

L'effort du ressort comprimé au maximum, correspondant à la fin de course, est de 10 000 N.

Hypothèses : La moto et son conducteur sont en équilibre statique.

Le problème est plan, il possède le plan (O, x, y) de symétrie.

L'action du sol sur la roue arrière est modélisée par une force verticale vers le haut de 1 500 N. Cette action est intégralement retransmise sur l'axe de la roue au point A.

L'action sur l'amortisseur est portée par son axe principal, soit la droite passant par les points F et H.

Les poids propres des pièces de la suspension sont négligés.

Le bilan des Actions Mécaniques Extérieures appliquées au bras oscillant **2** isolé s'établit comme suit :

A.M.E.	P ^t d'applic.	Direction et sens	Intensité
Action de l'axe de la roue $\vec{A}_{R/2}$	A	Verticale vers le haut	1500 N
Action de la biellette 3 $\vec{B}_{3/2}$	B	Droite BE	?
Action du cadre 1 $\vec{C}_{1/2}$	C	?	?

Question 2.14 : justifier que l'action de la biellette **3** est portée par la droite BE.

Question 2.15 : déterminer graphiquement sur le document réponse **DR3** l'action $\vec{B}_{3/2}$.

Question 2.16 : tracer sur la biellette isolée (document réponse **DR3**) les actions $\vec{B}_{2/3}$ et $\vec{E}_{4/3}$.

Question 2.17 : isoler la biellette coudée **4** et faire le bilan des Actions Mécaniques Extérieures qui lui sont appliquées.

Question 2.18 : déterminer l'action de la tige de l'amortisseur par la méthode de votre choix : la résolution graphique est la méthode la plus appropriée, sinon, les valeurs des distances peuvent être directement mesurées sur le document réponse **DR3** à l'échelle 1:5.

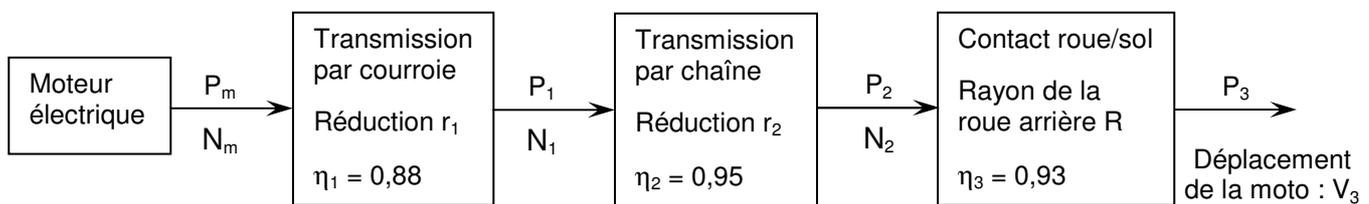
Question 2.19 : pour intégrer les phénomènes dynamiques issus des irrégularités des chemins (trous, bosses,...), la valeur précédente doit être multipliée par un coefficient de 2. Cette nouvelle valeur est-elle compatible avec le choix du constructeur ?

3. Performances de la moto

Le déplacement de la moto est réalisé par un moteur électrique, une transmission par courroie, une transmission par chaîne et le contact de la roue sur le sol.

On se propose de vérifier les performances de la moto et ses limites.

Puissance maximale de la moto



La vitesse maximale est obtenue pour la valeur maximale de la puissance moteur $P_m = 10 \text{ kW}$ à la vitesse de rotation $N_m = 3033 \text{ tr/min}$.

À partir des données détaillées dans le dossier technique (**DT4**):

Question 3.1 : calculer les rapports de réduction r_1 et r_2 des transmissions.

Question 3.2 : calculer les vitesses de rotation N_1 et N_2 .

Question 3.3 : à partir de la vitesse de rotation de la roue N_2 , en déduire la vitesse linéaire V_3 de la moto. La comparer avec les données constructeur (rappel : 60 km/h correspond à 16,7 m/s). Conclure.

Question 3.4 : calculer η_{glob} le rendement global de l'ensemble de la transmission du mouvement : $\eta_{\text{glob}} = P_3 / P_m$.

Question 3.5 : déterminer la puissance P_3 disponible à la roue arrière.

Question 3.6 : en déduire la force tangentielle transmise par la roue pour réaliser le déplacement de la moto et du conducteur (prendre en compte la vitesse donnée par le constructeur).

4. Liaison arbre moteur / pignon

La transmission est assurée par une courroie crantée, dont le pignon est monté directement sur le moteur électrique. La liaison complète est réalisée par un montage de clavette parallèle.

On cherche à étudier cette liaison complète entre le pignon et l'arbre moteur.

Le document réponse **DR4** montre la liaison éclatée. Les composants sont représentés sous deux directions d'observation différentes afin de voir toutes les surfaces.

Le tableau du document réponse **DR5** permet de synthétiser les résultats.

Question 4.1 : colorier les surfaces de contact entre deux pièces en utilisant la même couleur sur les différents composants et les reporter sur le document réponse **DR5**.

Nota : Le nombre de lignes du tableau ne correspond pas au nombre de contraintes à définir.

Les surfaces repérées sur le document réponse **DR4** ne sont pas toutes concernées par des contraintes.

Pour chaque couple de surfaces sur le document réponse **DR5** :

Question 4.2 : préciser la nature géométrique de ces contacts : point, ligne, plan, cylindre, sphère,...

Question 4.3 : définir la contrainte géométrique liant ces deux surfaces parmi :

- Parallèle
- Perpendiculaire
- Tangent
- Concentrique
- Coaxial
- Coïncident
- A distance imposée
- Incliné d'un angle imposé.
- Coïncident.

Question 4.4 : quel est le (ou les) composant(s) permettant la transmission du couple à travers la liaison.

Question 4.5 : quel est le (ou les) composant(s) réalisant le maintien en position du pignon sur l'arbre.

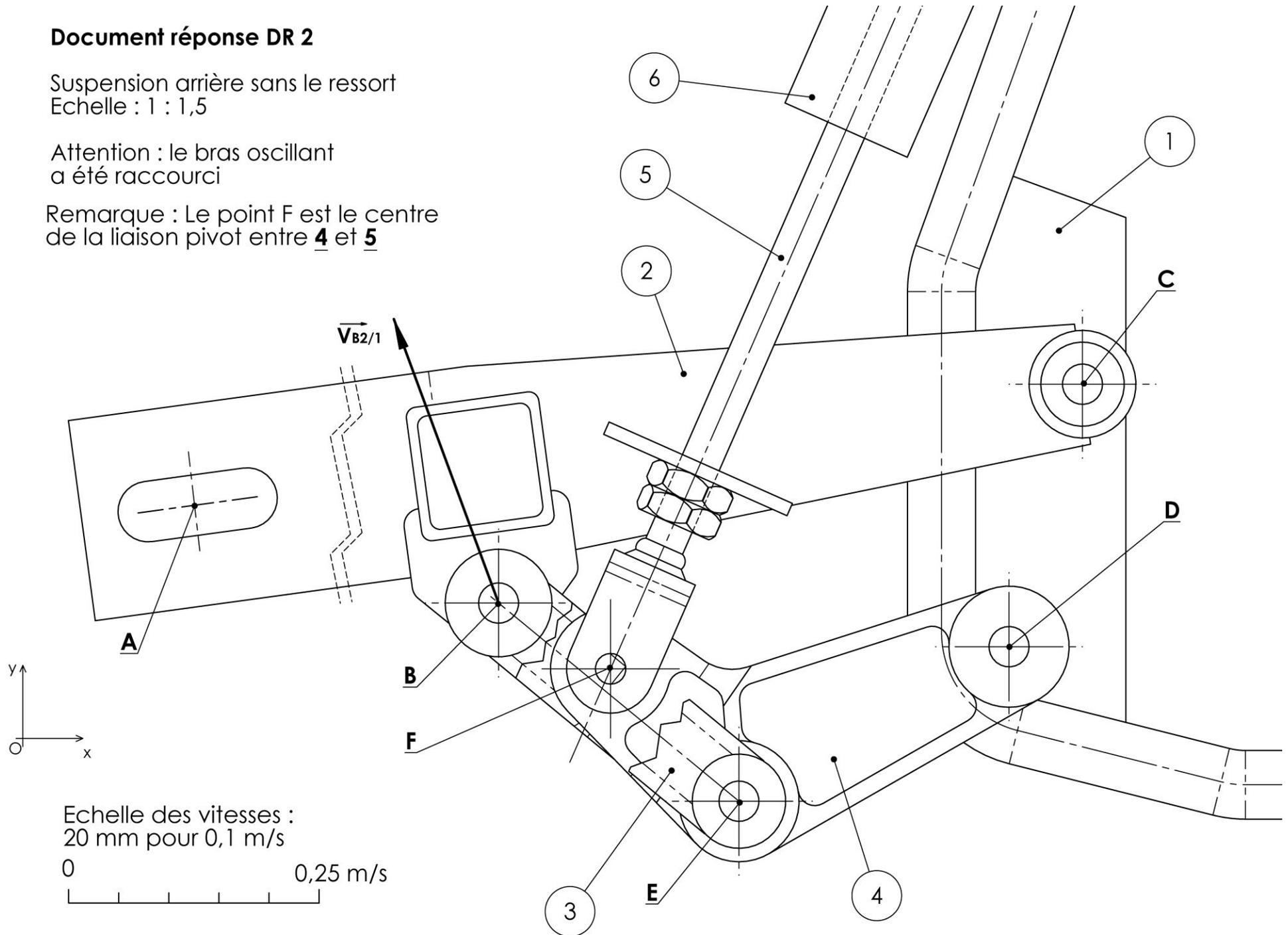
Question 4.6 : quel est le rôle principal de la rondelle.

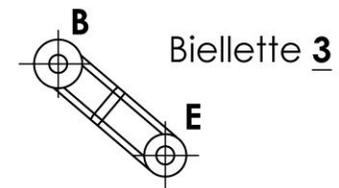
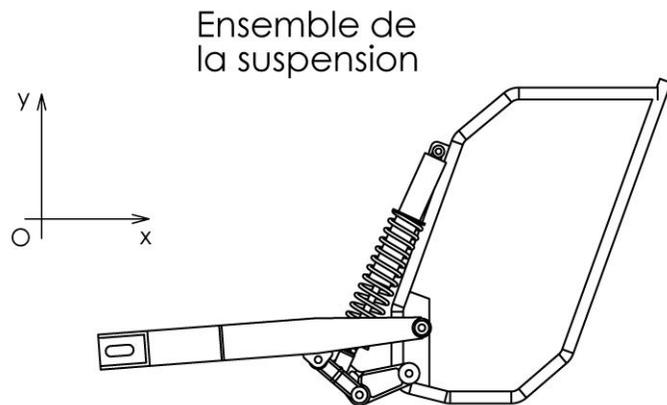
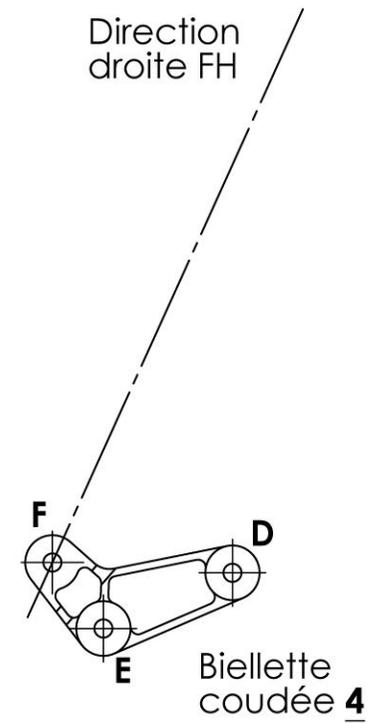
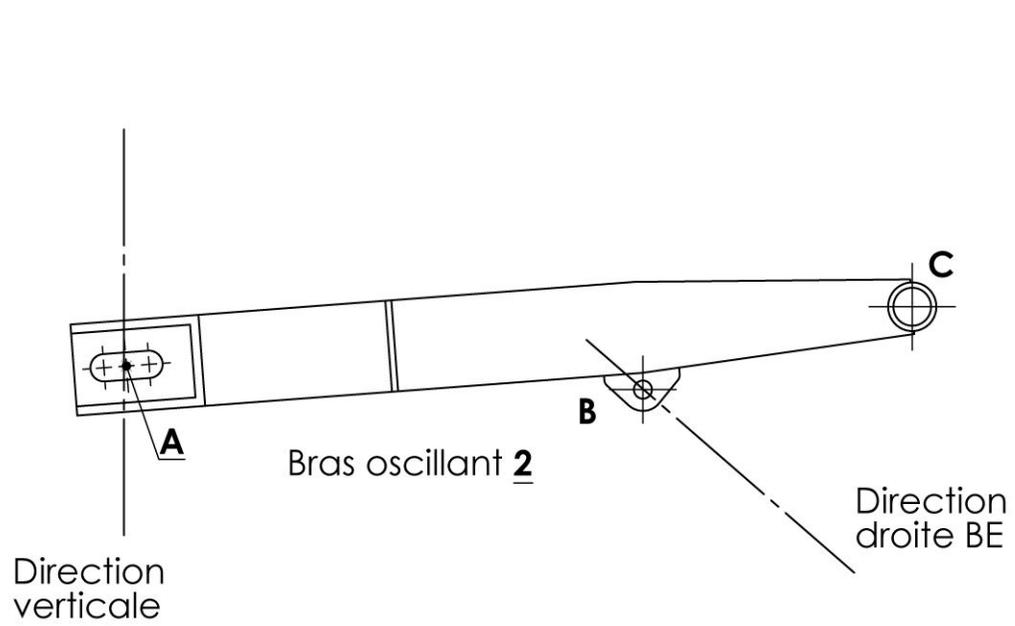
Document réponse DR 2

Suspension arrière sans le ressort
Echelle : 1 : 1,5

Attention : le bras oscillant
a été raccourci

Remarque : Le point F est le centre
de la liaison pivot entre 4 et 5

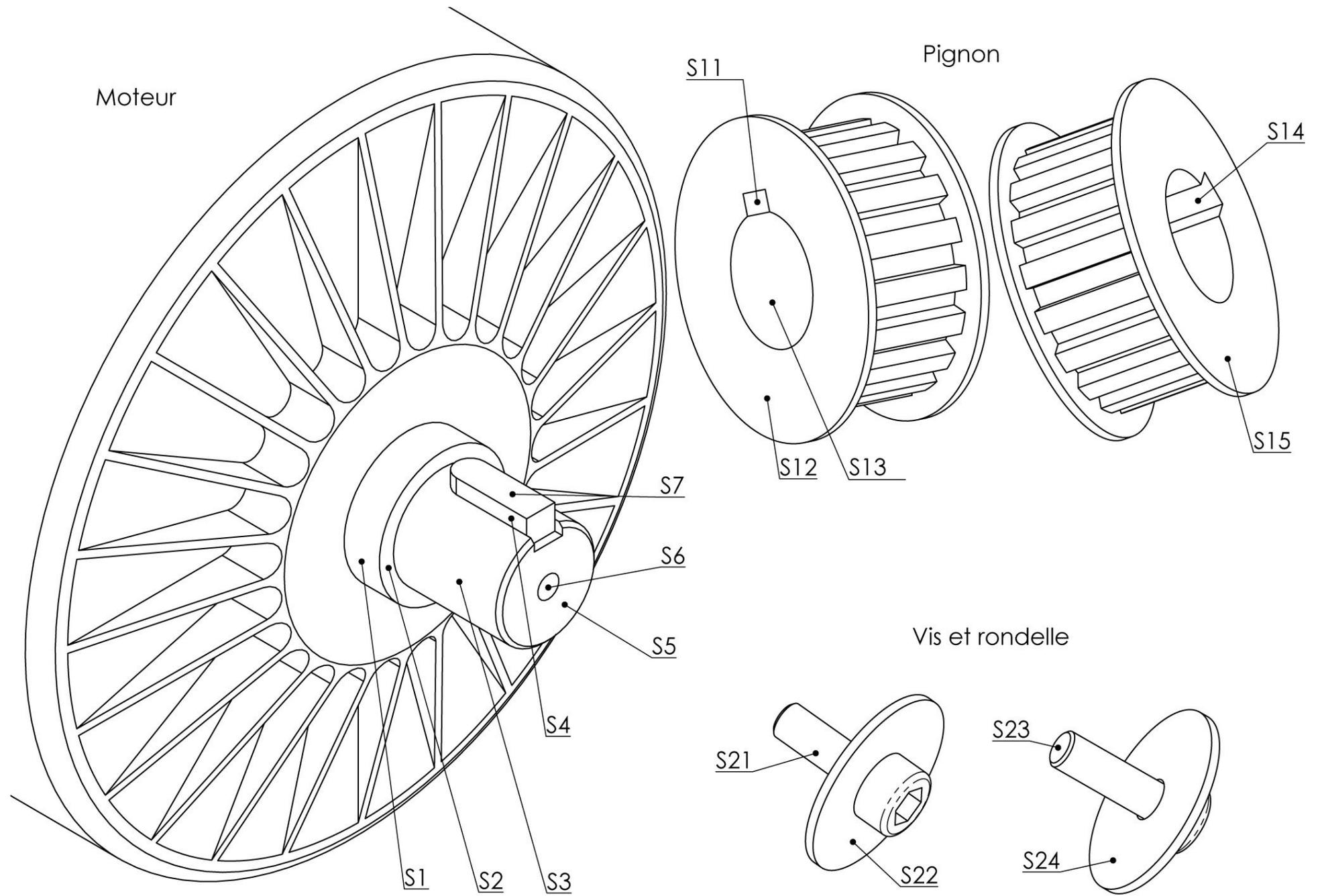




Document réponse DR3

Echelle des composants 1:5

Echelle des forces :
10 mm pour 1000 N



Document réponse DR5

Montage du pignon sur l'arbre moteur				
Entre les éléments :	Repérage des surfaces : S.. / S..	Couleur	Nature des entités géométriques	Contrainte géométrique
Pignon sur l'ensemble arbre moteur avec la clavette				
Vis et rondelle sur l'ensemble arbre moteur - clavette - pignon				

*Nota : Le nombre de lignes ne correspond pas au nombre de contraintes à définir.
Les surfaces repérées sur le document réponse DR4 ne sont pas toutes concernées par des contraintes.*