

EPREUVE E4

AVANT PROJET DE PRODUIT INDUSTRIEL

Durée totale : 8 heures

Notation sur 100 points (coefficient 5)

Motos VOXAN

Sous épreuve U41

Etudes d'avant projet — Choix des composants

Durée : 3 h 30

Notation sur 50 points

AUCUN DOCUMENT AUTORISE



Toutes les calculatrices 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, sont autorisées.

Documents remis au candidat au début de la sous - épreuve U 41**Dossier technique**

Présentation des motos Voxan	Page 1
Fiche technique Voxan 1000 V2 Roadster	Page 2
Présentation de la suspension arrière	Pages 3 et 4
Constitution de l'amortisseur de la suspension arrière	Page 5

Dossier travail demandé

1 ^{ère} Partie	Etude de la suspension arrière et de la transmission par chaîne	Page 1
2 ^{ème} Partie	Etude du comportement de la suspension en statique	Pages 2 et 3
3 ^{ème} Partie	Optimisation des formes du culbuteur	Page 4
4 ^{ème} Partie	Optimisation du bras oscillant	Page 5

Dossier réponse : documents à remettre par le candidat à l'issue de l'épreuve

Document réponse n°1	Associé aux questions :	1.3 et 1.41
Document réponse n°2	Associé à la question :	1.42
Document réponse n°3	Associé à la question :	2.1
Document réponse n°4	Associé aux questions :	2.21 et 2.22
Document réponse n°5	Associé à la question :	3.2
Document réponse n°6	Associé à la question :	3.3

Dossier ressource

Modèle géométrique de la suspension arrière.	Page 1
Visualisation des résultats de deux études, du comportement sous charge du culbuteur.	Page 2

DOSSIER TECHNIQUE

Ce dossier comporte :

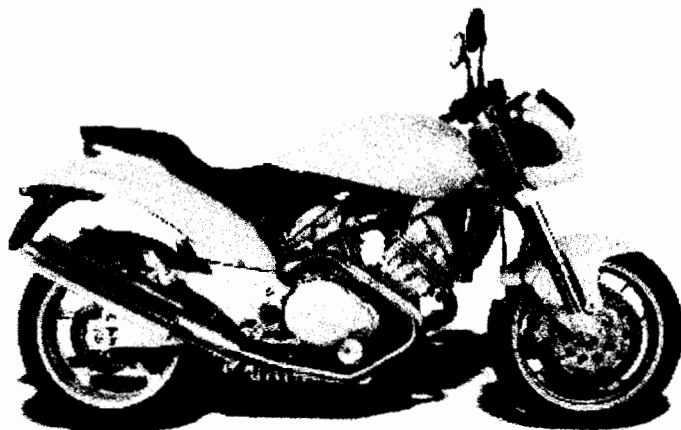
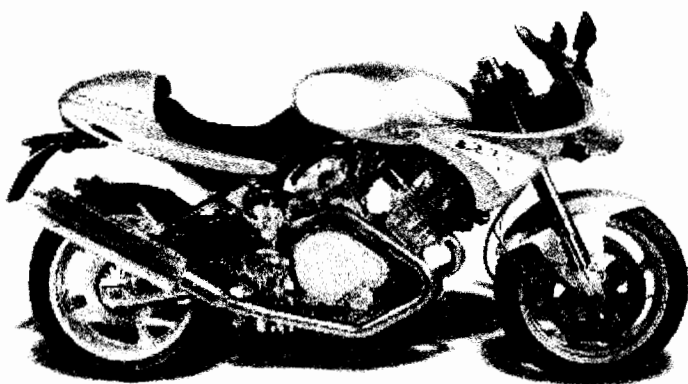
Présentation des motos Voxan.	Page 1
Fiche technique Voxan 1000 V2 Roadster.	Page 2
Présentation de la suspension arrière.	Pages 3 et 4
Constitution de l'amortisseur de la suspension arrière.	Page 5

Sous - Epreuve U 41

Présentation des motos VOXAN

Dans le monde de la moto, le changement de siècle a été salué par l'arrivée sur le marché du produit tant attendu par tous les connaisseurs : la moto française VOXAN, entièrement conçue, développée et assemblée dans l'usine d'Issoire (63).

Première de la série, la version "Roadster" qui s'adresse à un public averti, s'est vite imposée comme une machine de caractère. Ses performances ont été soulignées par toute la presse spécialisée.



Le "Café Racer", à l'allure plus sportive est venu rejoindre son aînée quelques mois plus tard.

La gamme complète devrait ainsi comporter 5 modèles.

Déclinés autour d'une même architecture générale (deux motorisations de 1000 et 1400 cm³ associées à un châssis de conception identique), ces différents modèles sont personnalisés en fonction de l'utilisation ou du public visé.

Le développement complet d'un tel produit a ainsi nécessité la constitution d'une équipe homogène et soudée répartie en quatre secteurs :

- motorisation
- partie cycle
- design
- achats

Cette production, actuellement parfaitement stabilisée, n'exclut pas une volonté d'optimisation par exemple en vue de la modification ou de l'évolution du design, en fonction de la détection d'un équipement spécifique plus performant, mais également dans la perspective d'apparaître le plus rapidement dans le milieu de la compétition.

L'étude suivante concernera le développement de la partie cycle et plus particulièrement de la suspension arrière, présentée sur les pages 3, 4 et 5.

La page 2 résume les principales caractéristiques de la « VOXAN Roadster ».

FICHE TECHNIQUE VOXAN 1000 V2 ROADSTER

MOTEUR

TYPE :	Bicylindre en V à 72°. Refroidissement liquide.
CYLINDREE :	995,67 cm ³ ALESAGE X COURSE : 98 X 66
PUISSANCE MAXIMUM :	Version France : 100 CV
COUPLE MAXIMUM :	105 N.m
EMBIELLAGE :	Vilebrequin monobloc avec 2 bielles à coussinets sur le même maneton. Tourillons sur coussinets minces.
DISTRIBUTION :	2 ACT par cylindre entraînés par chaîne Hyvo®- 4 soupapes par cylindre.
ALIMENTATION :	Injection électronique Magneti Marelli.
LUBRIFICATION :	A huile, par carter sec. Réservoir d'huile dans le cadre.
MISE EN ROUTE :	Démarrateur électrique.

TRANSMISSION

PRIMAIRE :	Par engrenage. Rapport 37 / 67.			
BOITE DE VITESSE :	Mécanique six rapports	Rapport	Démult.	%
	1	15/41	2,733	38
	2	19/39	2,053	50,6
	3	21/34	1,619	63,4
	4	24/32	1,333	76,4
	5	26/30	1,154	89,1
	6	28/29	1,036	100
SECONDAIRE :	Chaîne à joints toriques. Type : 525.	Rapport 17 / 40 (2,353)		
EMBRAYAGE :	Multidisques en bain d'huile.			

EQUIPEMENT ELECTRIQUE

GENERATEUR :	Alternateur Denso® de 360 W	ALLUMAGE : Electronique.
BOBINES :	Type " crayon inductives ".	
BATTERIE :	12 Volts - 18 Ah - sans entretien.	
ECLAIRAGE :	Double optique avant 55/60 W (Code lenticulaire)	

PARTIE CYCLE

CARROSSERIE :	Selle solo, biplace.
CADRE :	Double poutre. Moteur semi-porteur.
SUSPENSION AV :	White Power® inversée - Diamètre 40 mm - Débattement 120 mm.
SUSPENSION AR :	Amortisseur placé sous le moteur travaillant en compression - Déb. 120 mm
FREINS AV :	Double disque 320 mm - Etriers 4 pistons.
FREINS AR :	Simple disque 245 mm - Etriers 2 pistons.
JANTE AV :	3,5" x 17" PNEU : Michelin® Macadam 90 120/70 ZR 17.
JANTE AR :	5,5" x 17" PNEU : Michelin® Macadam 90 180/55 ZR 17.

CAPACITES

ESSENCE :	17 litres, dont réserve de 4 litres par témoin électrique.
HUILE MOTEUR :	3 litres.

DIMENSIONS ET MASSE

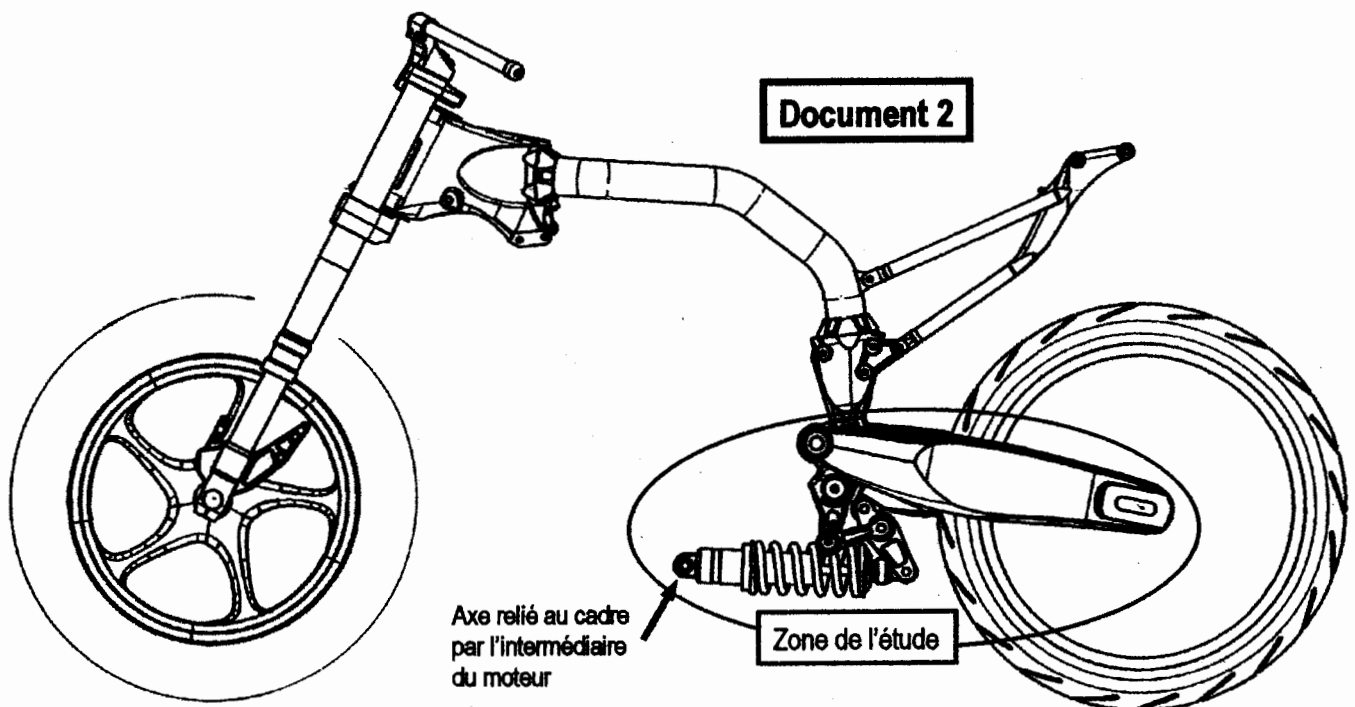
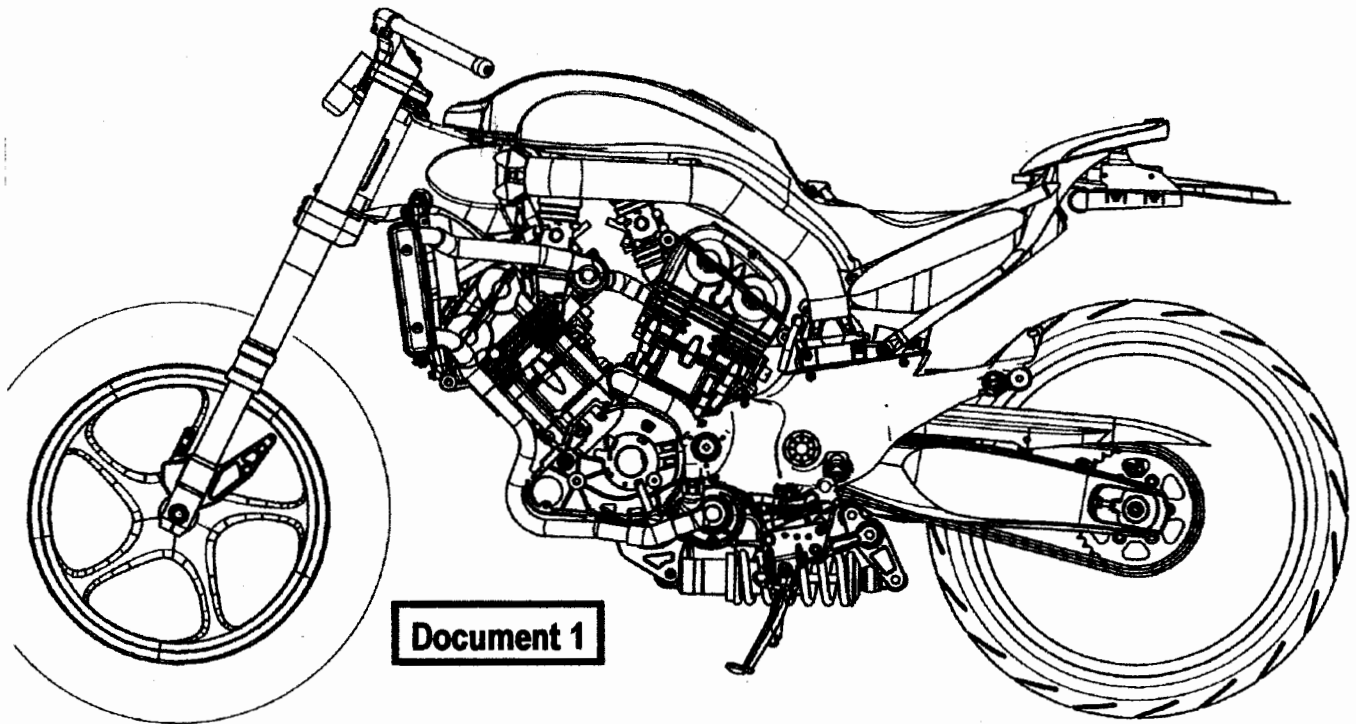
EMPATTEMENT :	1455 mm	MASSE (avec huile et plein essence) :	210 Kg
LONGUEUR HORS TOUT :	2100 mm	REPARTITION DES MASSES :	AV : 47% - AR : 53%
LARGEUR HORS TOUT :	740 mm	ANGLE DE CHASSE :	25°
HAUTEUR DE SELLE :	800 mm	GARDE AU SOL :	154 mm

CPE4ECP

Présentation de la suspension arrière

La suspension arrière de ces motos constitue un ensemble particulièrement innovant. Cet ensemble est présenté dans les différents documents suivants.

On peut voir sur le document 2, où le moteur est enlevé, comment la suspension est reliée au cadre par l'intermédiaire du moteur.



La suspension arrière, représentée sur les deux dessins ci-dessous, est constituée :

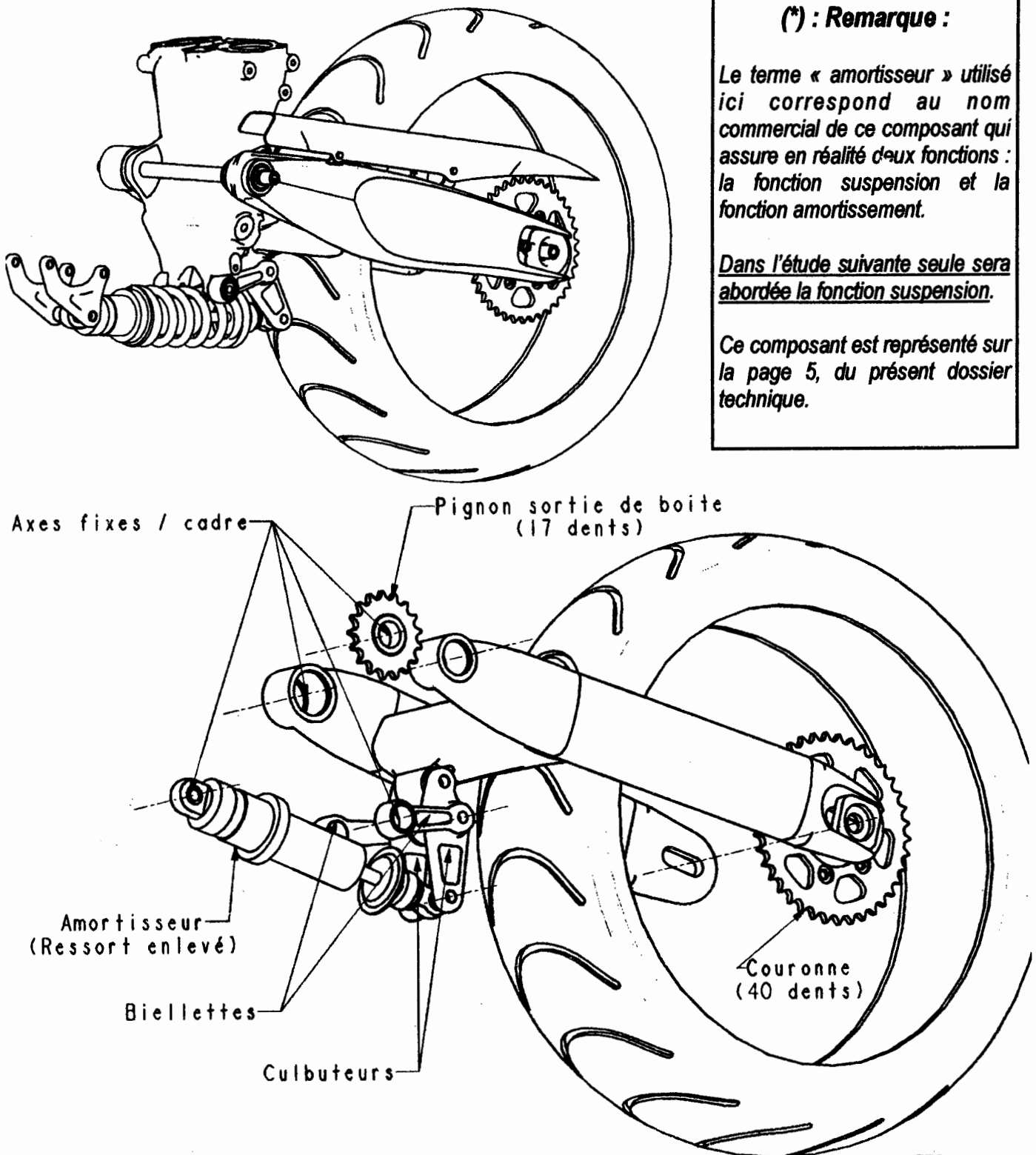
- d'un **bras oscillant**, lié au cadre,
- d'un **amortisseur (*)** central :
 - . d'une part lié au cadre par deux pattes (par l'intermédiaire du moteur),
 - . d'autre part relié au bras oscillant par l'intermédiaire de deux **biellettes** et de deux **culbuteurs** disposés symétriquement par rapport au plan médian de la moto. Les deux biellettes étant également articulées sur le cadre.

(*) : Remarque :

Le terme « amortisseur » utilisé ici correspond au nom commercial de ce composant qui assure en réalité deux fonctions : la fonction suspension et la fonction amortissement.

Dans l'étude suivante seule sera abordée la fonction suspension.

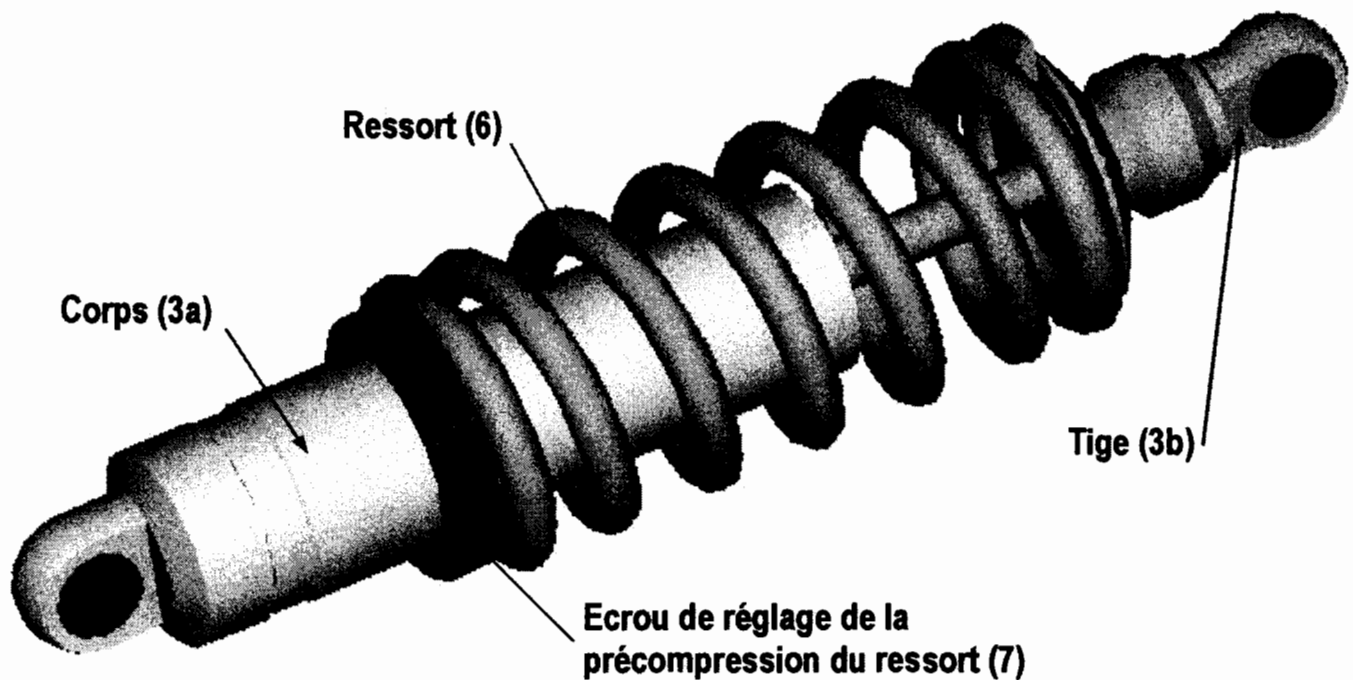
Ce composant est représenté sur la page 5, du présent dossier technique.



CPE4ECP

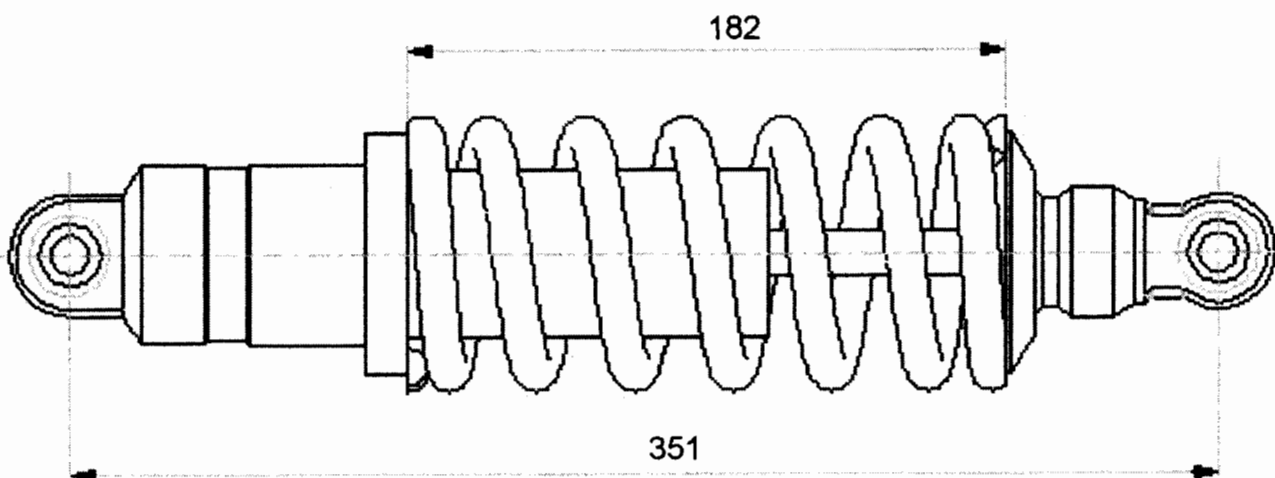
Constitution de l'amortisseur de la suspension arrière.

Rappel : seule la fonction suspension de ce composant est prise en compte dans l'étude.



Configuration initiale de l'amortisseur, en position détente maxi, correspondant aux différentes représentations du sujet.

Le ressort 6 a une longueur libre L_0 de 185 mm et une raideur $k = 95 \text{ N/mm}$



DOSSIER TRAVAIL DEMANDE

Ce dossier comporte le texte du travail demandé :

- | | | |
|-------------------------|--|--------------|
| 1 ^{ère} Partie | Etude de la suspension arrière
et de la transmission par chaîne | Page 1 |
| 2 ^{ème} Partie | Etude du comportement de la suspension en statique | Pages 2 et 3 |
| 3 ^{ème} Partie | Optimisation des formes du culbuteur | Page 4 |
| 4 ^{ème} Partie | Optimisation du bras oscillant | Page 5 |

Sous - Epreuve U 41

1ère Partie : Etude de la suspension arrière et de la transmission par chaîne.**OBJECTIFS :**

- Définir les hypothèses associées à la conduite de l'étude,
- Définir le modèle cinématique,
- Déterminer la course de l'amortisseur permettant le débattement complet de la suspension,
- Vérifier le fonctionnement de la chaîne de transmission.

Références : Dossier technique : pages 1 à 5
Documents réponse n°1 et n°2

Dossier ressource : page 1

TRAVAIL DEMANDE : répondre sur feuille de copie pour les questions 1.1 et 1.2.

L'étude du comportement cinématique de la suspension arrière sera réalisée graphiquement et avec l'aide de l'outil informatique.

On utilise pour cela un modèle simplifié plan, dont la représentation géométrique est donnée sur la page 1 du dossier ressource. L'ensemble est représenté en position extrême basse, ce qui correspond à la détente maxi de l'amortisseur (AB maxi).

1.1. Préciser les hypothèses qui permettent de justifier une telle étude dans le plan ?

1.2. La simulation du fonctionnement sera réalisée avec l'aide d'un logiciel de simulation plane.

Identifier, par exemple sous forme d'un graphe des liaisons ou d'un schéma, et caractériser les liaisons entre les différents solides.

Ex. : liaison 2/1 = liaison pivot d'axe M_z

1.3. Déterminer et tracer sur le document réponse 1, les trajectoires des points C et D appartenant au culbuteur 4, dans son mouvement par rapport au cadre 1 : $T_{C,A/1}$ et $T_{D,A/1}$.

Sur le document réponse 1, tracer les positions D', C' et B' des points D, C et B appartenant au culbuteur 4 lorsque le bras oscillant 2 est en position extrême haute.

En déduire la course de l'amortisseur permettant de passer d'une position extrême à l'autre.

1.4. L'entraînement de la roue arrière est assuré par chaîne entre le pignon de sortie de boîte, dont le centre K est fixe par rapport au cadre et la couronne dont le centre N, lié au bras oscillant est mobile (voir la page 1 du document ressource). L'entraxe de cette transmission est donc variable.

1.41. Tracer, sur le document réponse 1, la position de l'axe médian MN du bras oscillant 2 correspondant à la tension maxi de la chaîne.

1.42. La simulation informatique de ce fonctionnement a permis d'établir la courbe d'évolution de l'entraxe KN en fonction de la compression de l'amortisseur. Cette courbe est représentée sur le document réponse 2.

Justifier l'allure et les points caractéristiques de cette courbe au vu des résultats précédents.

Analyser au regard du graphe, la décision du constructeur qui a choisi de ne pas mettre de tendeur de chaîne.

2ème Partie : Etude du comportement de la suspension en statique.**OBJECTIFS :**

Compléter le modèle de chargement,
Interpréter les courbes d'efforts pour assurer le réglage initial de la suspension,

Références : **Dossier technique : pages 1 à 5** **Dossier ressource : page 1**
 Documents réponse n° 3

Remarque : conformément à la norme typographique en vigueur, les vecteurs sont représentés en caractère gras, non surmontés de flèches.

La hauteur à l'arrêt de la moto doit pouvoir être réglée en fonction de la charge. Ce réglage est réalisé en modifiant la précontrainte du ressort 6 de l'amortisseur en agissant sur l'écrou 7.

On souhaite disposer d'un modèle permettant de définir ce réglage. L'étude est réalisée avec l'aide d'un logiciel de simulation mécanique plane.

Le modèle géométrique plan utilisé est représenté sur le document réponse n° 3.

Données :

Pour ne simuler que l'effet de la suspension arrière, la suspension avant est figée. Le cadre 1 est alors articulé en O par rapport à la roue avant, supposée liée au sol.

La roue arrière, qui roule sans glisser en R par rapport au sol, est articulée en N par rapport au bras 2.

Les autres liaisons sont identiques à celles définies dans le modèle précédent.

On considère les trois charges suivantes :
 P_1 : poids de la moto seule,
 P_2 : poids du pilote
 P_3 : poids du passager.

On pourra ainsi définir 3 états de chargement :
Moto soumise à son propre poids : P_1
Moto avec pilote : $P_1 + P_2$
Moto avec pilote et passager : $P_1 + P_2 + P_3$.

Les efforts P_2 et P_3 sont représentés sur le document réponse n° 3.

P_2 (800 N) au point G_2 (1050, 500, 0) [coordonnées exprimées dans le repère R_0]

P_3 (750 N) au point G_3 (1330, 600, 0) [coordonnées exprimées dans le repère R_0]

2.1. A partir des indications portées sur la fiche technique donnée en page 2 du dossier technique, déterminer le poids P_1 et reporter un représentant de ce poids sur le document réponse n° 3.

Faire apparaître de manière explicite, sur feuille ou sur le document réponse n° 3, la démarche associée à cette détermination.

2ème Partie (suite) : Etude du comportement de la suspension en statique.**OBJECTIF :**

Interpréter les courbes d'efforts pour réaliser le réglage initial de la suspension.

Références :**Dossier technique : pages 1 à 5****Dossier ressource : page 1****Document réponse n° 4**

2.2. La résolution informatique de l'équilibre a permis de déterminer l'effort que doit exercer la tige de l'amortisseur 3b en B sur le culbuteur 4 : $B_{3b/4}$, suivant la position de la moto et le chargement.

On obtient ainsi 3 courbes, représentées sur le document réponse 4, associées aux différents chargements (P_1 , $P_1 + P_2$, $P_1 + P_2 + P_3$) en fonction de la compression de l'amortisseur (variation de la longueur AB).

L'équilibre de la moto est assuré par le ressort 6, dont la raideur est ici de 95 N/mm. La courbe d'évolution de ce ressort, pré-comprimé initialement de 3 mm, peut être reportée sur le même graphique.

La résolution informatique a également permis d'établir la courbe d'évolution de la garde au sol de la moto en fonction de la compression de l'amortisseur. Cette courbe est également représentée sur le document réponse 4.

On peut voir sur les courbes d'effort que lorsque la moto est soumise uniquement à son propre poids, dans la configuration initiale, l'amortisseur sera comprimé de 22 mm.

En reportant cette valeur sur la courbe d'évolution de la garde au sol, on trouve une garde au sol correspondante de 143 mm.

2.21. Quelles sont les valeurs de la compression de l'amortisseur et de la garde au sol lorsque le pilote est assis sur la moto (sans action notable du pilote sur le sol), avec la même configuration initiale ?

2.22. De combien faut-il pré-contraindre le ressort pour que la moto ait une garde au sol de 143 mm lorsque le pilote est assis. Quelles seront alors la garde au sol de la moto seule et celle avec pilote et passager ?

Répondre à ces 2 questions sur le document réponse 4.
Laisser les traits de construction apparents

3ème Partie : Optimisation des formes du culbuteur.**OBJECTIFS :**

Choisir le modèle adapté à l'étude et définir le chargement,
Proposer une modification de formes compatible avec les résultats de l'étude RDM.

Références : **Dossier technique : pages 1 à 5** **Dossier ressource : page 2**
 Documents réponse n° 5 et n° 6

La suspension initiale a été conçue et validée avec un bras oscillant mécano-soudé.

Dans sa version définitive le bras oscillant est obtenu par moulage. La modification de ses formes a également entraîné des modifications du contour des culbuteurs.

Le comportement sous charge de ce culbuteur modifié est analysé avec l'aide de l'outil informatique. Cet outil sera également utilisé pour optimiser les formes du culbuteur en vue de diminuer sa masse.

A partir des mêmes résultats statiques, deux études, associées chacune à un modèle différent, ont été réalisées. Les résultats de ces études (visualisation des contraintes équivalentes et des déformations) sont donnés en page 2 du dossier ressource :

Dans l'étude 1, un seul effort est exercé en D. Le culbuteur est alors immobilisé par deux surfaces cylindriques d'axes Cz et Bz, comme si le culbuteur était monté dans un support rigide.

Pour l'étude 2, les efforts en B et D ont été modélisés. Le culbuteur est alors uniquement lié par l'alésage central d'axe Cz. La rotation éventuelle autour de cet axe est supprimée par un contact ponctuel placé sous la face inférieure (la visualisation des résultats permet de vérifier que cette action reste négligeable).

3.1. A partir de l'interprétation des résultats, donnés en page 2 du dossier ressource, expliquer (sur feuille) pourquoi le modèle 2 est celui qui semble le mieux traduire le comportement réel du culbuteur.

3.2. Lors de l'utilisation du logiciel de calcul par éléments finis, nous avons besoin de connaître les composantes des efforts appliqués sur chaque culbuteur dans le repère Cx, Cy. figure 2 - doc. Réponse n° 5.

Déterminer à partir des résultats graphiques du calcul mécanique réalisé dans le plan (doc. Réponse n° 5) les composantes des actions B et D qui traduiront l'état de chargement sur chaque culbuteur.

Tracer également un représentant de ces actions sur la figure 2 - doc. Réponse n° 5.

Préciser éventuellement, sur feuille, toute hypothèse associée à cette détermination.

3.3. Les culbuteurs sont réalisés en alliage d'aluminium 2017 A, de limite élastique 280 MPa et de limite à la rupture 420 MPa.

Déterminer le coefficient de sécurité employé pour ces pièces.

3.4. Le dessin de définition incomplet du culbuteur est reproduit sur le document réponse n°6.

Avec l'aide des résultats de répartition des contraintes, proposer toute modification de forme, sans toucher au contour extérieur, visant à diminuer la masse des culbuteurs tout en conservant une sécurité suffisante.

Utiliser éventuellement toute représentation particulière (coupe, section).

3.5. Quelle serait la démarche à suivre, suite à ces modifications des formes du culbuteur ?

4ème Partie : Détermination des efforts en vue de l'optimisation du bras oscillant.**OBJECTIFS :**

Définir les valeurs maxi des efforts associés à la phase de démarrage.

Références : Dossier technique : pages 1 à 5

La suspension initiale a été conçue et validée par des essais avec un bras oscillant mécano-soudé.

Dans sa version définitive le bras oscillant est obtenu par moulage. Il pourra être optimisé, par exemple en vue d'une utilisation en compétition.

Il s'agit de définir ici un modèle mécanique dans lequel on pourra isoler et faire varier chacun des paramètres pouvant intervenir dans le chargement de ce bras pour simuler leur influence respective ou combinée dans des conditions extrêmes :

- chargement plan (étude précédente),
- **démarrage avec accélération maxi**,
- freinage maxi,
- courbes,
- chocs, ...

Les résultats de ce modèle seront également validés en les comparant aux résultats expérimentaux réalisés sur le bras mécano-soudé.

4.1. L'étude suivante va concerner la phase de démarrage.

Pour définir un modèle cohérent on décide de prendre les valeurs mesurées lors des essais des motos actuelles. On a ainsi obtenu lors du chronométrage sur circuit les résultats suivants :

0 à 100 km/h	en 3,5 s
0 à 140 km/h	en 5,5 s
0 à 180 km/h	en 8,7 s
60 à 100 km/h	en 4,4 s
100 à 140 km/h	en 5,4 s

Répondre sur feuille aux questions 4.11, 4.12, 4.13 et 4.14

4.11. Quelle est l'accélération maximale, supposée constante, qui a été encaissée par la moto et son pilote ?

4.12. Quel est alors l'effort tangentiel que le sol doit exercer sur la roue arrière, pour communiquer à la moto une telle accélération en considérant que la masse, moto + pilote, est de 280 Kg ?

4.13. En supposant que la roue avant est, dans cette phase d'accélération, à la limite du décollage, quelle doit être la valeur du coefficient d'adhérence roue arrière / sol ?

4.14. La première phase de l'essai (0 à 100 km/h) est réalisée sans changer de vitesse.

Déterminer alors la fréquence maxi du moteur, exprimée en tr/min, au passage des 100 km/h en utilisant les données de la fiche technique (page 2 du dossier technique) et sachant que le diamètre de la roue arrière est de 650 mm.

DOSSIER REPONSE

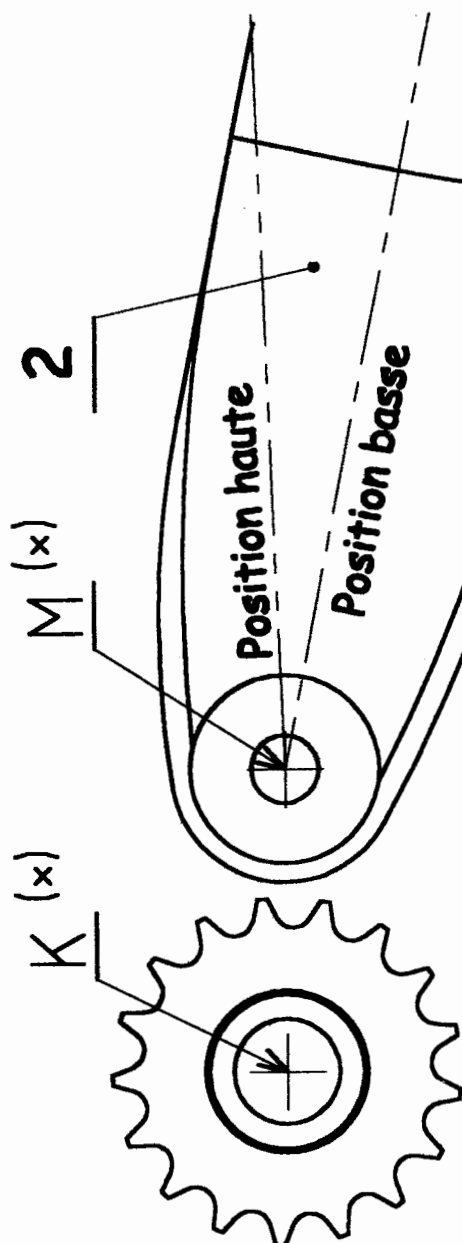
Ce dossier comporte les documents réponse suivants :

Document réponse n°1	Associé aux questions : 1.3 et 1.41
Document réponse n°2	Associé à la question : 1.42
Document réponse n°3	Associé à la question : 2.1
Document réponse n°4	Associé aux questions : 2.21 et 2.22
Document réponse n°5	Associé à la question : 3.2
Document réponse n°6	Associé à la question : 3.3

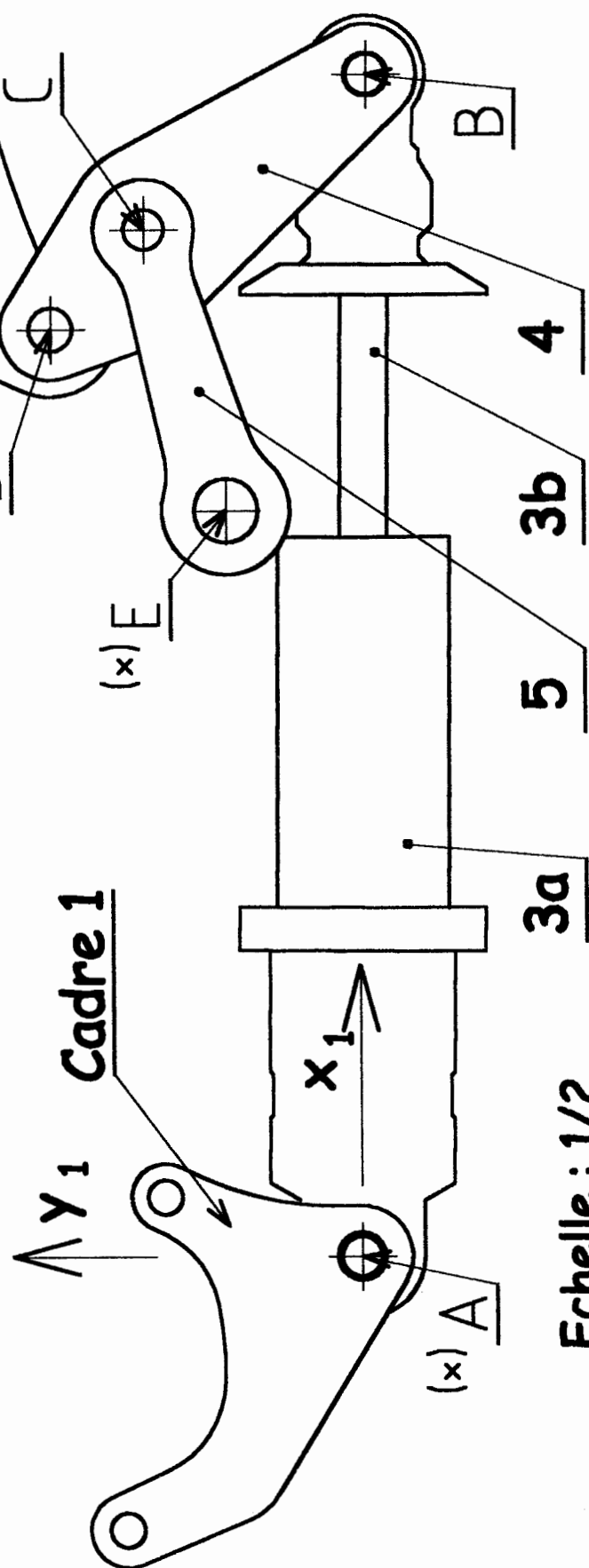
Tous ces documents sont à rendre à la fin de l'épreuve.

Sous - Epreuve U 41

Trajectoire de D, 4/1 :
Trajectoire de C, 4/1 :
Compression de l'amortisseur entre les 2 positions extrêmes :

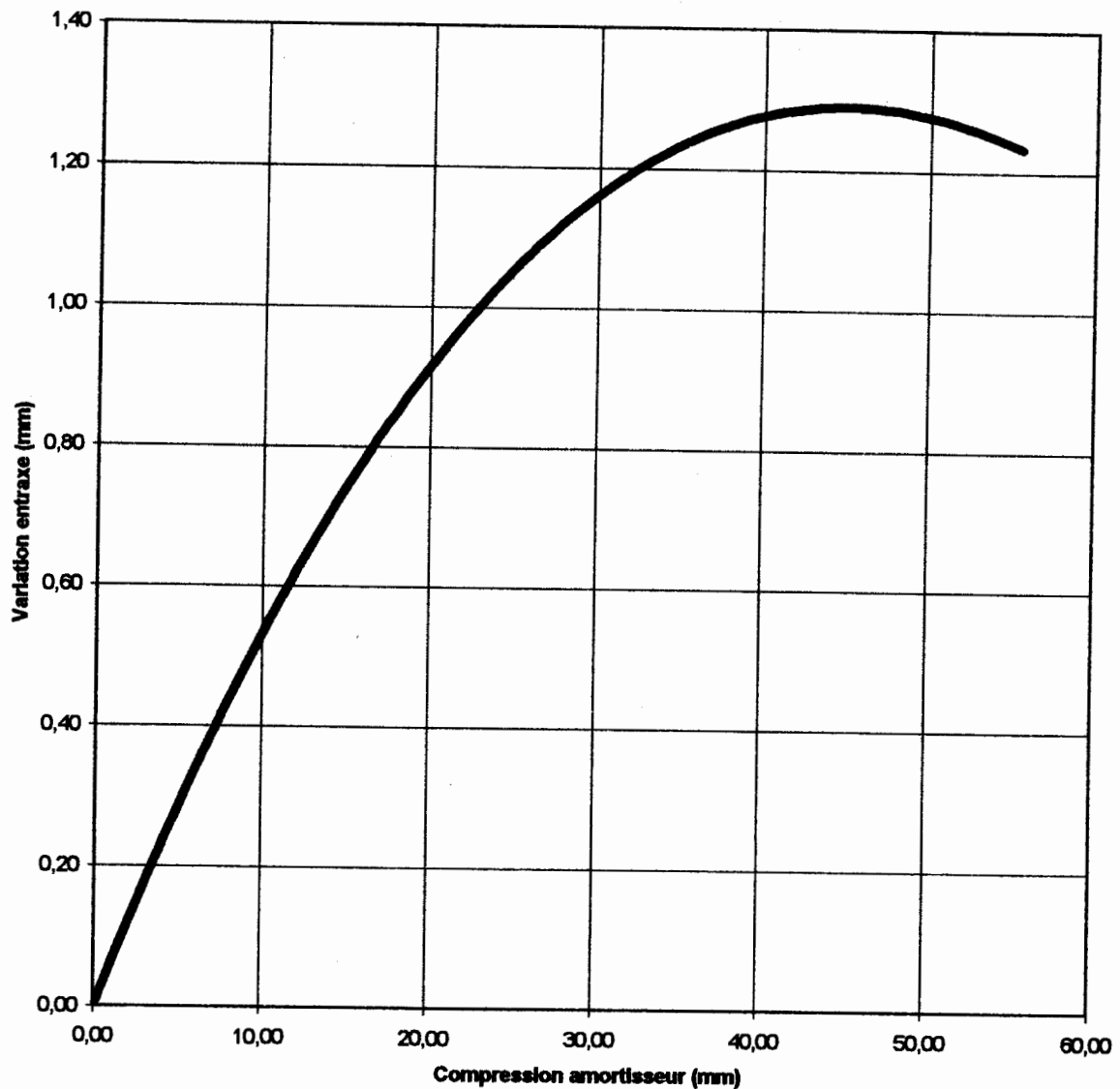


(x) : axes liés au cadre 1



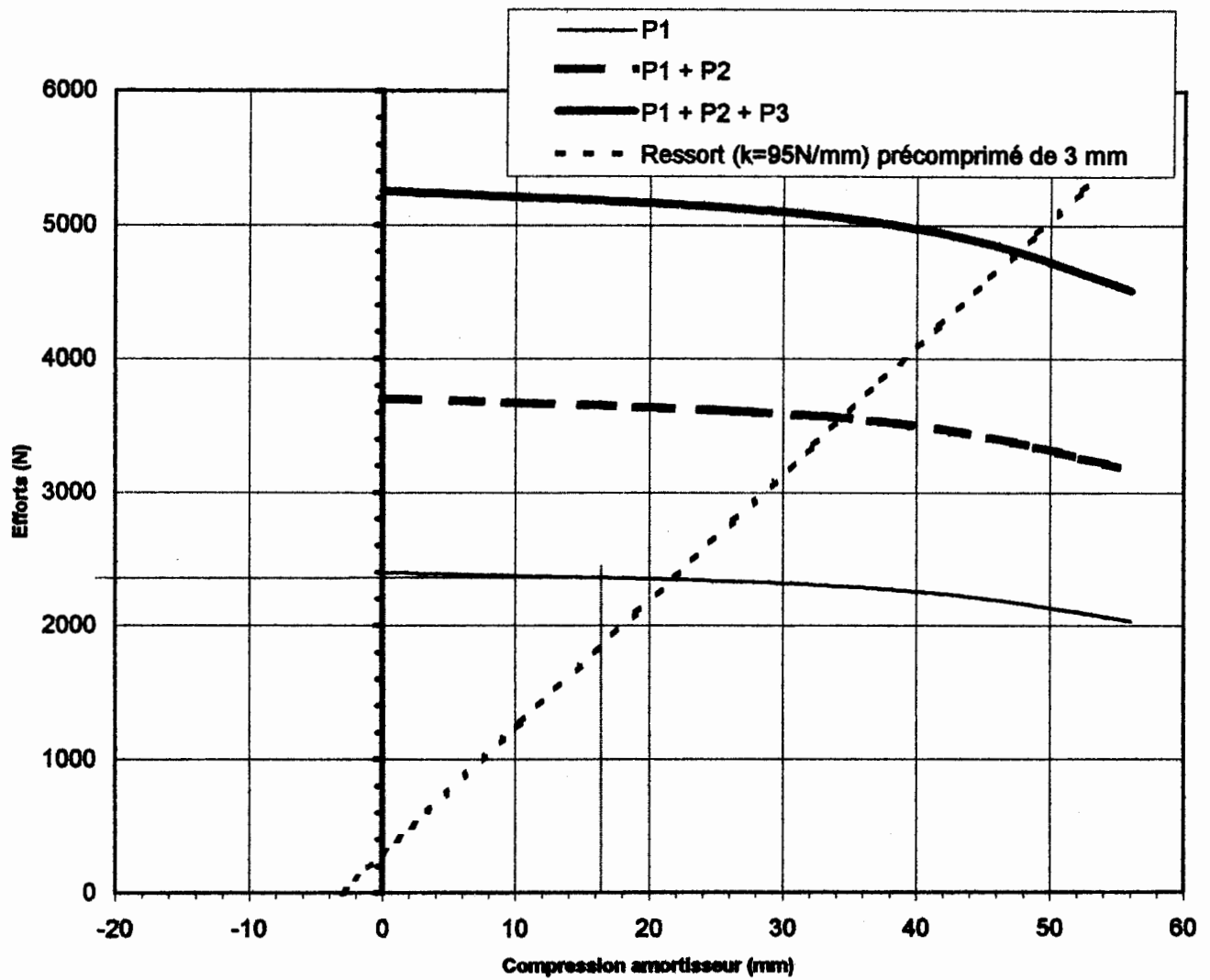
Echelle : 1/2

La courbe suivante traduit l'évolution de l'entraxe KN, de la transmission par chaîne, en fonction de la compression de l'amortisseur. La position initiale correspond à la représentation du dessin, page 1 du dossier ressource.cc



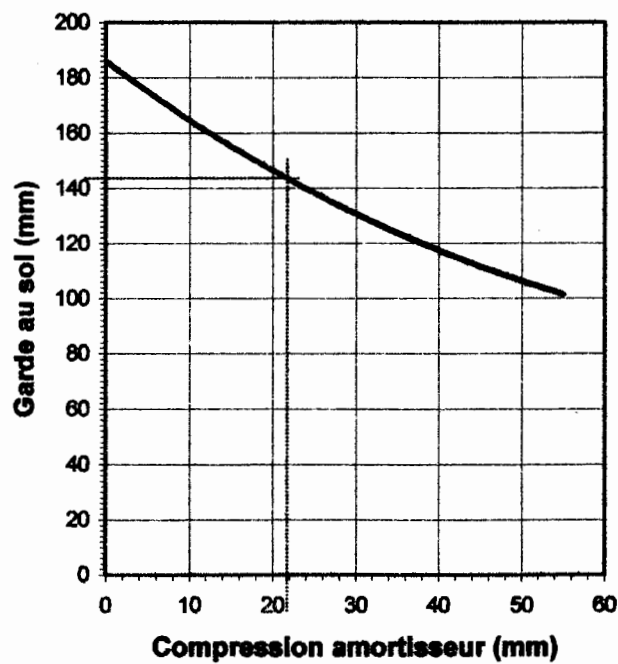
Justifier l'allure de la courbe et les valeurs des points caractéristiques :

Analyser, au regard du graphe, la décision du constructeur qui a choisi de ne pas mettre de tendeur de chaîne.



Garde au sol

2.21.



2.22.

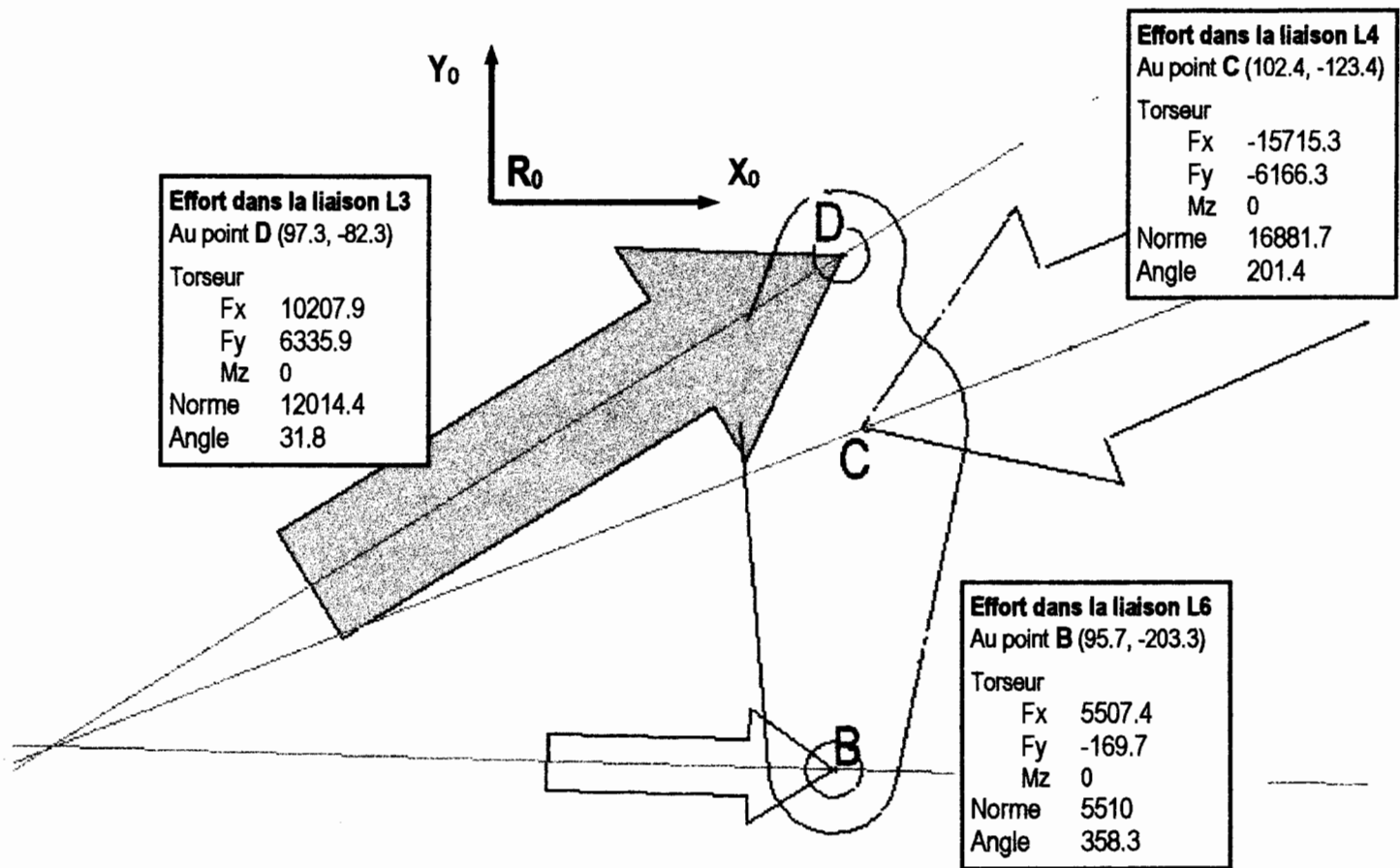


Fig. 1 - Position finale
Amortisseur comprimé
au maximum

Les résultats sont exprimés (en N) dans le repère R_0

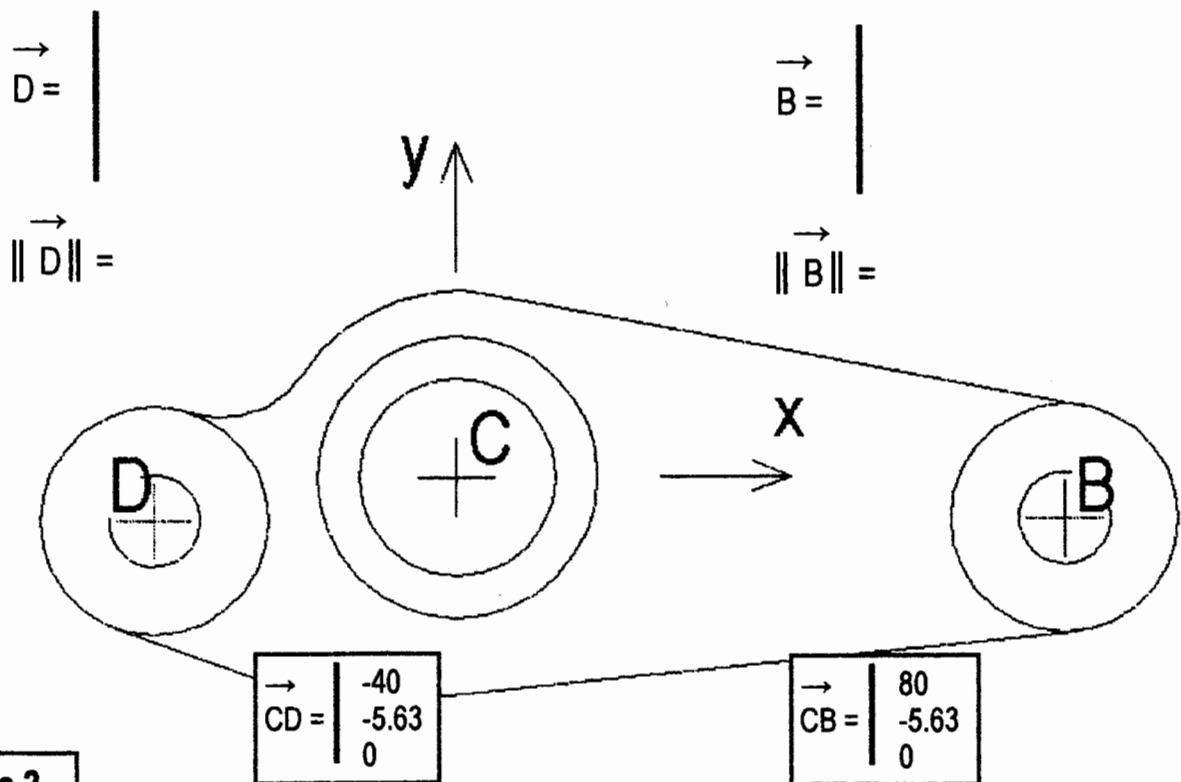
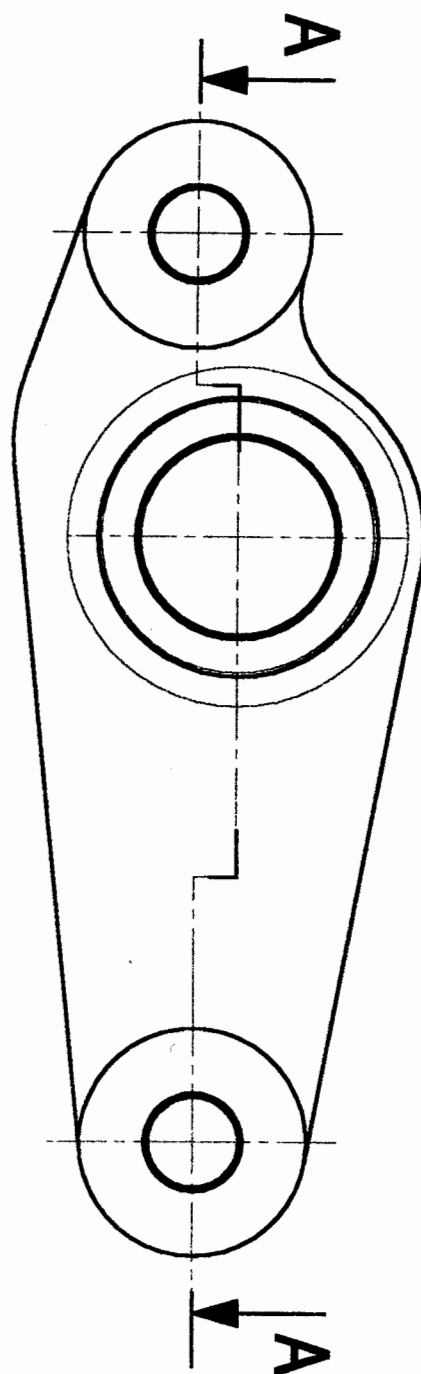
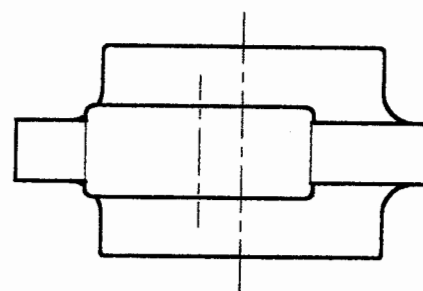
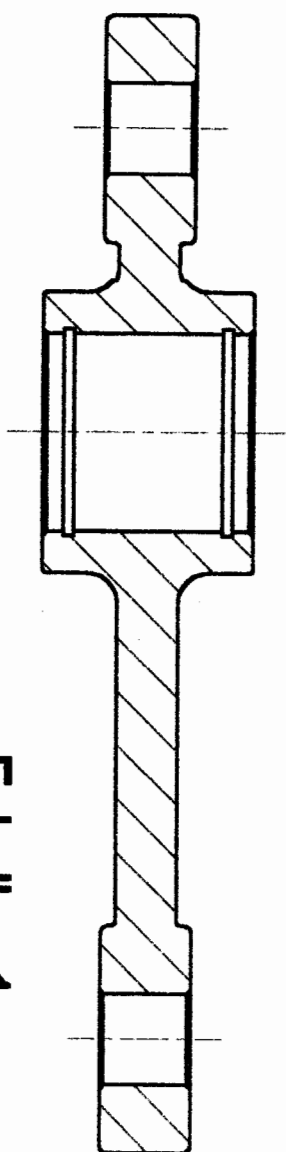


Figure 2



A-A



Echelle : 1

DOSSIER RESSOURCE

Ce dossier comporte :

Modèle géométrique plan de la suspension arrière.

Page 1

Visualisation des résultats de deux études, du comportement sous charge, du culbuteur.

Page 2

Sous - Epreuve U 41

