

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

MOTEURS À COMBUSTION INTERNE

Session 2017

E 4 - ÉTUDE DES CONSTRUCTIONS

Durée : 6 heures – Coefficient : 4

Documents et matériels autorisés :

- Guide du dessinateur (ou documents équivalents)
- Matériel du dessinateur (té, équerre, compas, ...)

Moyens de calculs autorisés :

Matériel autorisé

Une calculatrice de poche à fonctionnement autonome, sans imprimante et sans moyen de transmission, à l'exclusion de tout autre élément matériel ou documentaire (Cirulaire n°99-186 du 16 novembre 1999 ; BOEN n°42).

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.

Le sujet comporte 24 pages numérotées de la façon suivante :

- Page de garde : page 1/24
- Dossier technique : **10** pages pages 2 à 11/24
- Dossier d'étude : **7** pages pages 12 à 18/24
- Dossier des documents réponse : **6** pages pages 19 à 24/24

Les candidats rédigeront les réponses aux questions posées sur feuilles de copie ou, lorsque cela est indiqué sur le sujet, sur les documents réponse prévus à cet effet.

Tous les documents réponse sont à remettre en un seul exemplaire en fin d'épreuve

CODE ÉPREUVE : 1706MOEDC		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE	
SESSION : 2017	SUJET	ÉPREUVE : E4 - ÉTUDE DES CONSTRUCTIONS			
Durée : 6h	Coefficient : 4	SUJET N°06ED15		Page 1/24	

Moteur EB2

DOSSIER TECHNIQUE

Ce dossier comporte 9 documents numérotés DT1 à DT7.

Référence	Titre	Page	Format
DT1	Historique et caractéristiques du moteur à trois cylindres	3 et 4/24	A4
DT2	Objectifs de l'étude	4/24	A4
DT3 - DT4	Fiche technique du moteur PSA EB2	5 et 6/24	A4
DT5	Caractéristiques dimensionnelles de l'équipage mobile	7/24	A4
DT6	Mesure des pertes par frottement	8/24	A4
DT7	Choix d'un accouplement élastique	9 à 11/24	A4

Les voitures équipées de moteur alternatif à 3 cylindres en ligne commencent à devenir courantes dès 2005 sur des petites cylindrées.

Ces 3 cylindres peuvent être équilibrés convenablement au moyen d'un arbre auxiliaire.

Ces dernières années les constructeurs, poussés par la législation contraignant à la réduction des émissions de CO₂, ont accéléré les développements des « petits » moteurs à allumage commandé turbocompressés ou non (on parle de downsizing) afin de réduire les consommations de carburant et les émissions de CO₂.

Un des moyens les plus efficaces pour parvenir à ce but est la réduction du nombre de cylindres.

Bien que 4 cylindres étaient jusqu'ici considérés comme un minimum pour un fonctionnement sans trop de vibrations ni d'irrégularités cycliques sur une automobile digne de ce nom, des constructeurs tels que Ford, Peugeot-Citroën, Renault, Volkswagen et même BMW se sont mis à développer des moteurs alternatifs à 3 cylindres performants.

L'étude proposée portera sur un de ces moteurs alternatifs à trois cylindres développé par le groupe PSA Peugeot – Citroën, sous l'intitulé : **EB2 VTi 82**

Caractéristiques des moteurs à trois cylindres

Il est évident qu'en diminuant le nombre de cylindres on allège le moteur, on diminue son encombrement et on réduit les surfaces de frottement entre cylindres et pistons (SFC). De ce fait la consommation diminue.

Certains constructeurs annoncent que la suppression d'un cylindre, à iso-cylindrée, réduit les frottements de 20 % par rapport à une architecture quatre cylindres, pour un gain de 4% en consommation.

Attention, en augmentant la course on augmente également la vitesse moyenne du piston ... il faudra donc vérifier que cette valeur reste acceptable.

Pour obtenir un gain de consommation plus important les constructeurs ont misé sur plusieurs innovations technologiques.

52 brevets ont été déposés lors du développement du moteur PSA EB2 !

- Le système de combustion a été particulièrement travaillé afin de tirer le meilleur parti des technologies embarquées par le moteur.
- Le rapport alésage/course a été optimisé afin de proposer le meilleur compromis entre le rendement intrinsèque du système de combustion et les pertes par frottements du moteur. L'aérodynamique interne de la chambre de combustion (conduits d'admission, tête de piston) a été optimisé et l'allumage adapté pour permettre le fonctionnement du système de combustion avec de forts taux de gaz résiduels réduisant ainsi la consommation et les émissions de gaz polluants.
- La courroie de distribution dite «humide». Elle est enfermée dans un carter étanche et est lubrifiée, ce qui permet de réduire les frottements.
- Les poussoirs de soupapes revêtus de revêtements basse friction afin de réduire les pertes mécaniques par frottement.
- Des culasses qui intègrent plusieurs fonctions (collecteur d'échappement, boîte de sortie d'eau ...) qui permettent d'alléger le moteur.
- Le carter cylindres à jupes et fûts désaxés comporte des chemises dites « débouchantes ». Il est obtenu par procédé de fonderie sous-pression aluminium avec chemises en fonte insérées à la coulée.
- Une nouvelle fonction de gestion refroidissement moteur : le thermo-management.

- La pompe à eau électrique à débit variable. Il s'agit d'une pompe dont le débit est contrôlé par une valve à papillon permettant à la pompe de fonctionner seulement lorsque le moteur est à température.
- Pompe à huile à cylindrée variable auto-adaptative.
- L'arbre d'équilibrage. Un moteur 3 cylindres présente par nature un couple rotatif générant des vibrations dans la structure du véhicule.
- Utilisation de déphaseur d'arbre à cames.

Objectif global de l'étude :

DOCUMENT DT2

- Évaluer et comparer les pertes par frottement d'un moteur à trois cylindres par rapport à un moteur à quatre cylindres.
- Calculer les caractéristiques du moteur et les comparer avec les données du constructeur.
- Choisir l'accouplement adéquat pour lier sur le banc d'essai le moteur et la génératrice.



L'**EB2** est un bloc **moteur à allumage commandé à 3 cylindres 1.2l VTi** (pour *Variable valve lift and Timing Injection*) développant 60 kW.

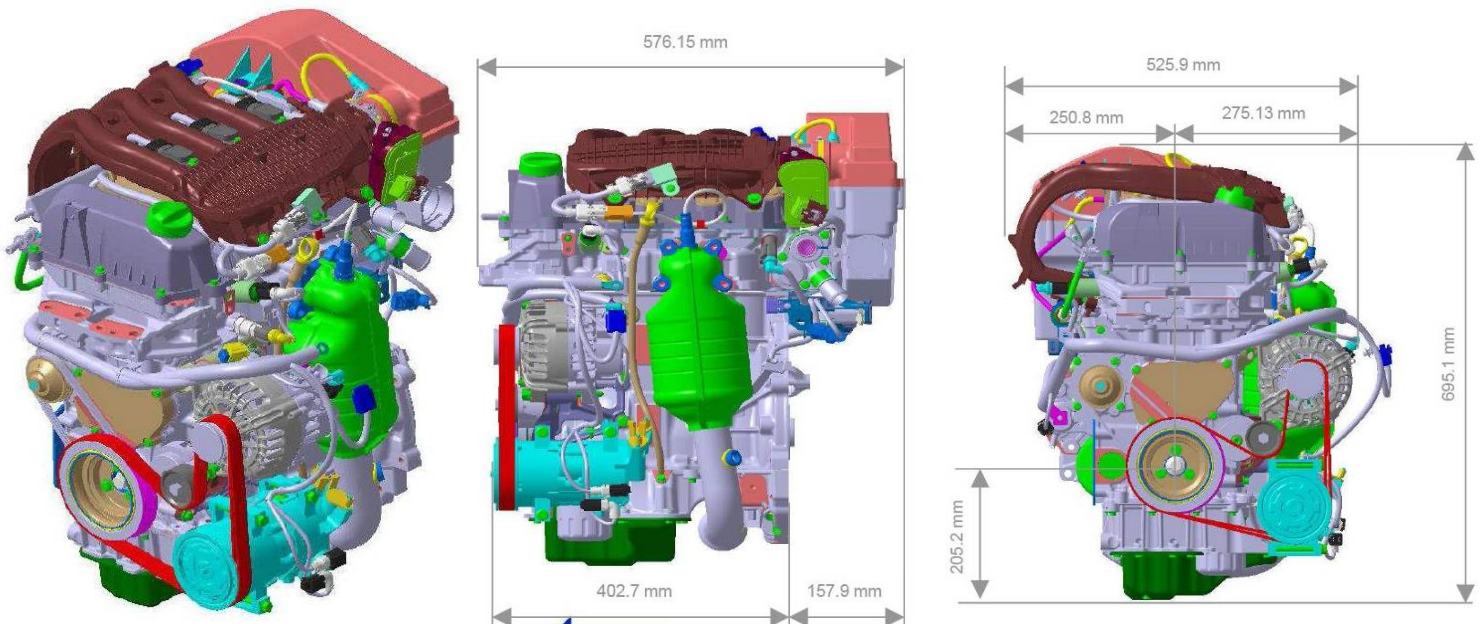
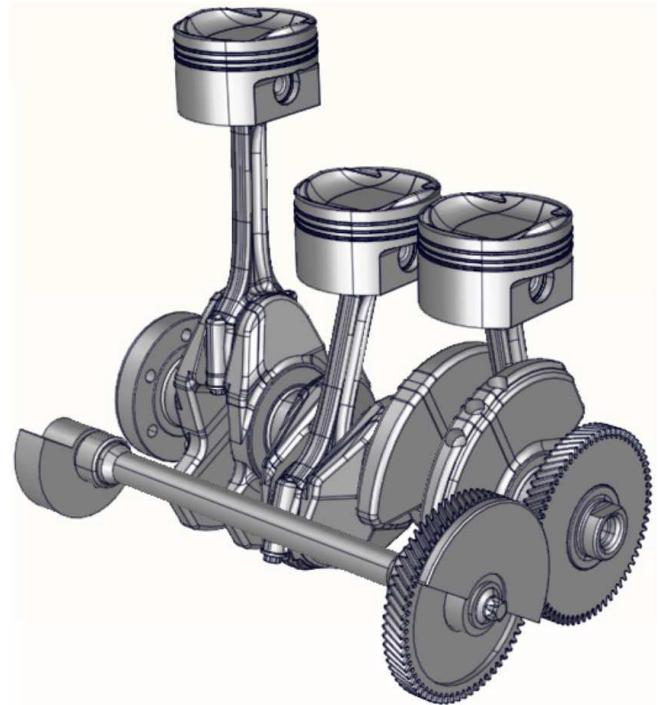
La masse du 3-cylindres 1.2 l VTi est réduite de 21 kg par rapport à un 4-cylindres de puissance équivalente, tandis que sa consommation et ses émissions de CO₂ le sont de 25 % (donnée constructeur). Notez qu'il existe deux versions suralimentées à injection directe développant respectivement 81 et 96 kW (110 et 130 ch).

- EB2 DT 1.2 12V e-THP* 110 ch (81 kW) – BVM5 STT (Stop & Start) (été 2014)
- EB2 DTS : 1.2 12V e-THP 130 ch (96 kW)

* *Turbo High Pressure*

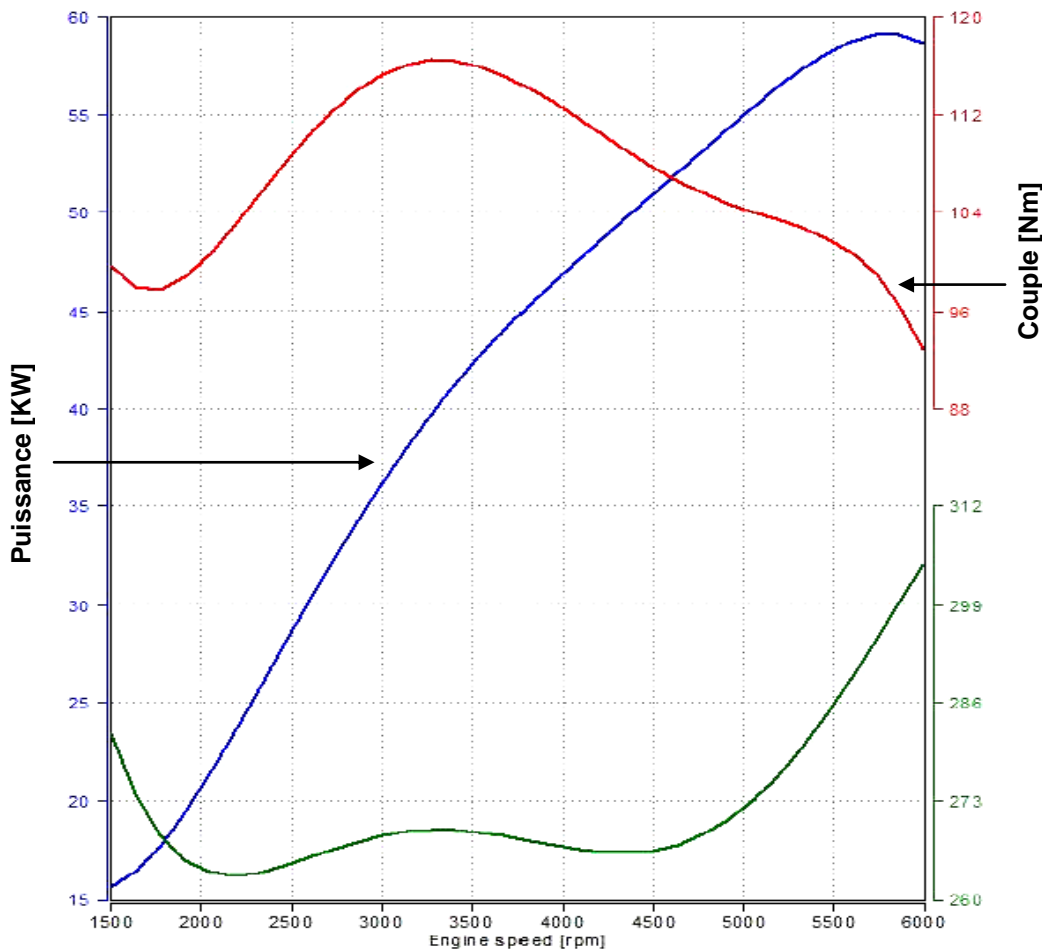
Moteur EB2 VTi 82

- Cylindrée : 1199.99 cm³
- 3 cylindres en ligne
- 4 soupapes par cylindre
- Puissance administrative : 4 CV
- Puissance maxi : 60 kW (82CV) à 5750 tr/mn
- Couple maxi : 118 Nm à 2750 tr/mn
- Alésage/Course : 75 mm x 90.5 mm
- Longueur de bielle L=146 mm
- Rapport volumétrique : $\epsilon=11/1$
- Norme de dépollution : EURO 5 / 6
- Émission de CO₂ 104 g/km
- Type d'injection : Indirecte multipoint
- Intervalle de maintenance : 20 000 km ou 1 an
- Masse : 74.7 kg avec fluides et embrayage sans accessoires.
- Tarif sortie d'usine : environ 1000 €
- Échange standard : environ 1800 €



Ce moteur est plus compact, doté d'une puissance de 60 kW. Ce nouveau moteur 3 cylindres a un rendement accru et permet de réduire la consommation et les émissions de CO₂ de 25% par rapport à son équivalent en 4 cylindres de même puissance.

Le conducteur bénéficiera ainsi d'un gain de consommation de carburant d'environ 1,5 l au 100 km tout en conservant un agrément de conduite optimal.



Valeurs en X et Y négligeables

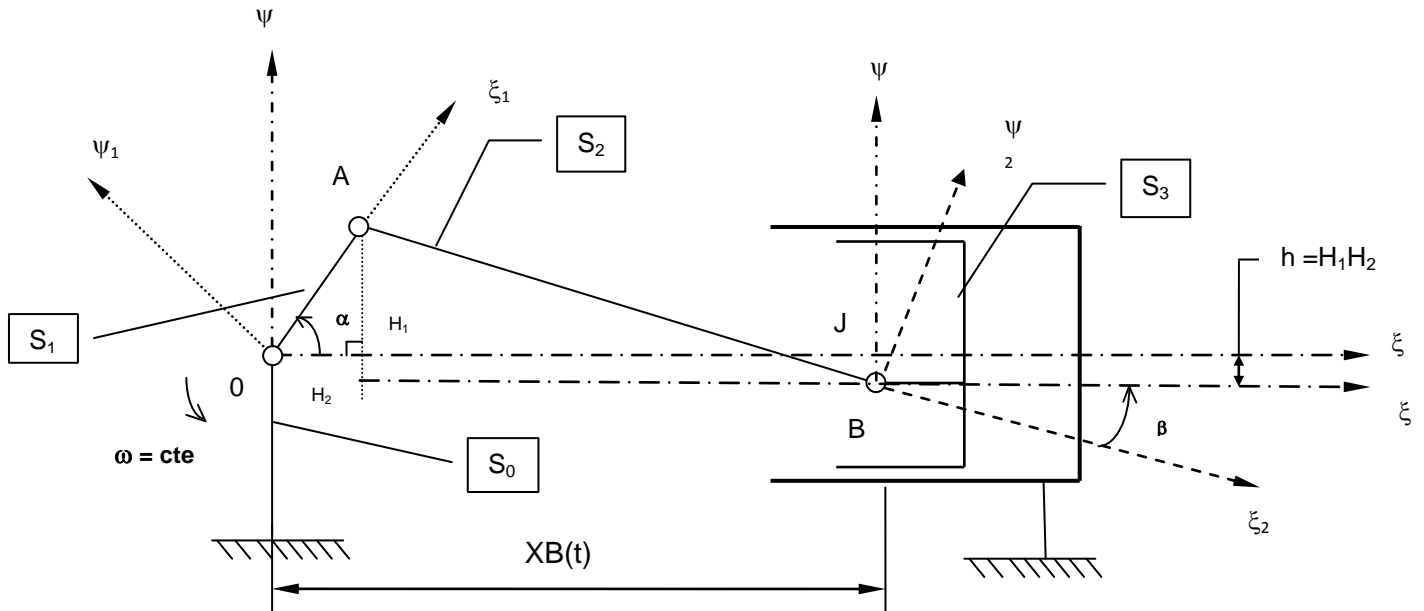
Caractéristiques dimensionnelles du piston

The dialog box 'Piston excentré:1' contains the following data:

- Manuelle
- Masse: 0,203 kg
- Centre de masse: X: -0,096 mm, Y: 0,004 mm, Z: 5,069 mm
- Matrice d'inertie du centre de masse:

Ixx: 94,318 kg mm ²	Ixy: 0,001 kg mm ²
Iyy: 95,830 kg mm ²	Ixz: -0,071 kg mm ²
Izz: 153,846 kg mm ²	Iyz: 0,013 kg mm ²

Buttons: OK, Annuler, >>



Le système bielle-manivelle du moteur EB est représenté ci-dessus, le repère $R(O, \xi, \psi, \zeta)$ est lié au bâti, repéré (S_0) .

Le vilebrequin est repéré (S_1) , il est lié au repère $R_1(O, \xi_1, \psi_1, \zeta_1)$. On pose $\alpha = (\xi, \xi_1)$.

Il est en liaison pivot d'axe (O, ζ) avec (S_0) et en liaison pivot d'axe (A, ζ) avec la bielle (S_2) .

On a : $\vec{OA} = r \cdot \vec{\xi}_1$ et $\omega = cte$

La bielle (S_2) d'extrémités A et B a une liaison pivot de centre A avec (S_1) et une liaison rotule de centre B avec l'axe du piston (S_3) telle que le point B décrit l'axe (O, ξ) .

Soit $R_2(A, \xi_2, \psi_2, \zeta)$ un repère lié à (S_2) tel que : $\vec{AB} = L \cdot \vec{\xi}_2$ ($L > 0$).

On pose $\beta = (\xi, \xi_2)$

Mesure des pertes par frottements :

Les difficultés de l'analyse et de la prédiction des pertes totales par frottement proviennent du fait que la perte totale dans un moteur résulte des pertes produites dans les différents organes du moteur qui ne réagissent pas de la même manière aux variations de pression, de vitesse et de charge.

Les pertes totales par frottement des organes mobiles représentent de 10 à 20 % de la puissance développée par un moteur en marche normale, jusqu'à 100 % quand il tourne à vide.

Les pertes par frottement dans l'ensemble piston-chemise constituent 20 à 55 % des pertes mécaniques totales.

	Méthodes de mesure	Principe de la mesure	Avantages	Inconvénients
Mesure de la pmr	Willans	- Tracé de la courbe Cse en fonction de la pme à vitesse de rotation du vilebrequin constante. $pmr = (pme)_{cse=0}$	Pas de problème expérimental : on ne mesure que la Cse	- Extrapolation difficile car la courbe Cse = f(pme) n'est pas une droite
	Moteur entraîné	- Entraînement du moteur sans combustion avec un moteur électrique - Mesure la puissance électrique consommée.	Mise en œuvre facile si on dispose du matériel	- Ne tient pas compte l'effet de la pression sur la pmf - Résultats sur un moteur sans combustion
	Morse	- On enlève successivement l'injecteur ou la bougie d'un cylindre - Mesure la pme du moteur	Mesure facile.	- Equilibre thermique perturbé
Mesure de la pmf	Directe	- Calcul de la pmi à partir de la pression des gaz et mesure de la pme $pmf = pmi - pme$	Pas de problème pour les plages de vitesses et de charges modérées	Résultats imprécis si vitesse et/ou la charge faibles (vibration) ou très élevées (torsion du vilebrequin)
	Déshabillage	- On enlève chaque fois un organe au moteur suivant un ordre fixé par sa structure, - Entraînement avec un moteur électrique et mesure de la puissance électrique consommée.	Permet de connaître plus finement le frottement de chaque organe du moteur	- Nécessite le démontage du moteur - Entraîne un déséquilibre thermique du moteur. - L'effet de la charge n'est pas pris en compte.

Choix d'un accouplement élastique

Choix d'un accouplement :

Fonction d'un accouplement

Pour transmettre le couple d'un arbre menant à un arbre mené, un accouplement élastique :

- Absorbe et amortit les irrégularités de couple,
- Déplace les régimes critiques,
- Accepte désalignements et décalages entre arbres,
- Autorise certaines déformations des châssis,
- Supprime les contraintes parasites éventuelles d'un accouplement rigide dans les mêmes conditions.

Coefficient de sécurité :

Dans la détermination du couple nominal de l'accouplement il y a lieu de tenir compte :

- Des irrégularités de couple dues aux types des machines motrices et réceptrices (K1).
- Des fréquences de démarrage (K2).
- Des nombres d'heures de fonctionnement par jour (K3).

Le couple final est le produit du couple nominale avec les trois coefficients de sécurité.

$$C_{\text{nom mini}} = C_{\text{nom}} \times K_1 \times K_2 \times K_3$$

Coefficient K1 : machine motrice / machine réceptrice

Machine Motrice			Machine réceptrice	Exemples de machines réceptrices
Moteur électr. et turbine	Mach. à piston			
	4 à 6 cylin.	1 à 3 cylin.		
1	1,2	1,4	① Marche régulière - Très faible inertie	• Arbre de renvoi • Générateur d'éclairage • Ligne d'arbres • Pompes centrifuges • Ventilateur centrifuge...
1,2	1,4	1,7	② Marche irrégulière - Faible inertie	• Agitateur pour liquide • Convoyeur à bande • Élévateur • Machines-outils rotatives à bois et à métaux • Machines textiles légères • Plieuses • Pompes à engrenages • Pompes à palettes • Ventilateurs...
1,4	1,7	2	③ Marche irrégulière - Inertie moyenne	• Agitateur pour liquide chargé • Compresseur rotatif • Convoyeur à rouleaux • Déchiqueteurs • Fours rotatifs • Machine à bois (dégauchisseuse, scie à ruban...) • Machine à imprimer • Mélangeur • Monte-charge • Poinçonneuse • Pompe centrifuge pour liquide chargé...
1,7	2	2,4	④ Marche irrégulière - Inertie moyenne - À-coups moyens	• Bétonneuse • Broyeur à barres • Broyeur à boulets • Compresseur à piston à volant d'inertie • Convoyeur à chaîne • Grue • Laminoir à métaux légers • Machine de minoterie • Marteau-pilon • Métier à tisser • Pompe à piston à volant d'inertie • Raboteuse à métaux • Treuils • Ventilateurs de mine...
2	2,4	2,8	⑤ Marche irrégulière - Inertie importante - À-coups importants	• Broyeur à marteaux • Calandre (caoutchouc, textile...) • Compresseur à piston à faible volant d'inertie • Défibreur à bois • Excavateur • Laminoir • Pompe à piston à faible volant d'inertie • Presse à forger • Presse de papeterie • Tamis vibrant...
2,4	2,8	3,3	⑥ Marche irrégulière - Inertie très importante À-coups très importants	• Compresseur à piston sans volant d'inertie • Concasseur • Génératrice de soudage • Laminoir lourd • Presse de briqueterie • Pompe à piston sans volant d'inertie...

Coefficient K2 : Fréquence de démarrage

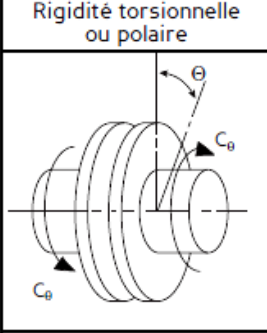
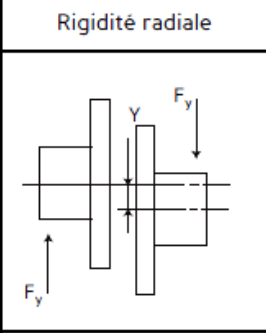
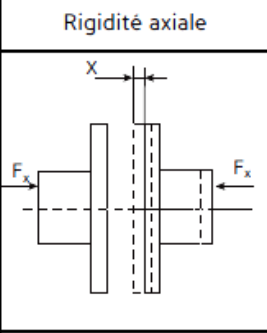
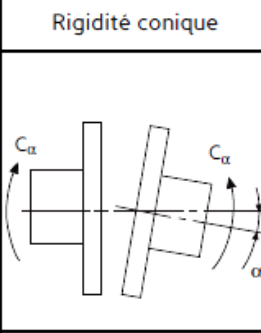
Suivant machine motrice - machine réceptrice Voir tableau K1	NOMBRE DE DÉMARRAGE PAR HEURE				
	1	10	30	60	120
①	1	1,2	1,3	1,5	1,6
② ③	1	1,1	1,2	1,3	1,4
④ ⑤ ⑥	1	1,05	1,1	1,2	1,2

Coefficient K3 : Nombre d'heure de fonctionnement quotidien

Nombre d'heures de fonctionnement quotidien	0 - 2	2 - 8	8 - 16	16 - 24
Coefficient K3	0,9	1	1,1	1,2

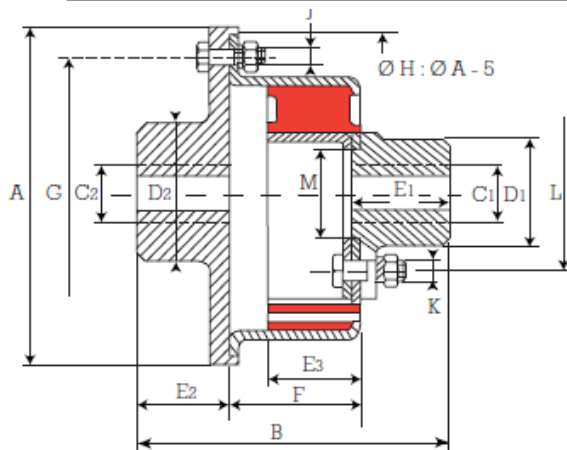
Désalignements / Rigidité :

Un accouplement possède des degrés de rigidité divers selon sa structure et des possibilités de déformation suivant quatre modes : axial, radial, conique et torsionnel. Les autres critères tels que l'ambiance, la température ou encore l'encombrement ne sont pas ici déterminants.

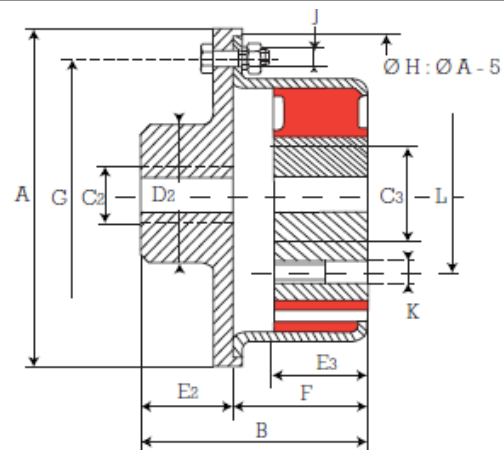
Rigidité torsionnelle ou polaire	Rigidité radiale	Rigidité axiale	Rigidité conique
			
$K_{\theta} = \frac{\text{Couple de torsion}}{\text{Angle de torsion}} = \frac{C_{\theta}}{\theta}$ exprimée en m.kN/radian	$K_y = \frac{\text{Effort radial}}{\text{Décalage radial correspondant}} = \frac{F_y}{y}$ exprimée en m.KN/radian	$K_x = \frac{\text{Effort axial}}{\text{Déformation axiale correspondante}} = \frac{F_x}{x}$ exprimée en daN/mm	$K_{\alpha} = \frac{\text{Couple de désalign. angulaire}}{\text{Désalignement angulaire}} = \frac{C_{\alpha}}{\alpha}$ exprimée en m.KN/radian

CARDAFLEX

* * Élasticité torsionnelle
 * Élasticité radiale
 * * Élasticité axiale
 * * Élasticité conique



Accouplement à moyeu creux



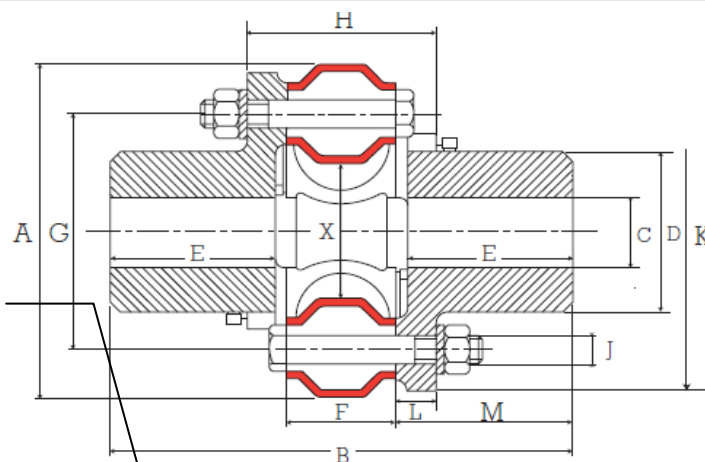
Accouplement à moyeu plein

MOYEU CREUX

Couple nominal TCN N.m	Couple maxi N.m	Vitesse maxi tr/mn	Alésage C ₁ mm		Alésage C ₂ mm		A mm	B mm	D ₁ mm	D ₂ mm	E ₁ mm	E ₂ mm	Référence	E ₃ mm	F mm	G mm	J mm	K mm	L mm	M mm	Poids kg
			mini	maxi	mini	maxi															
50	100	6500	7	19	7	28	105	100	34	45	33	30	622310	28	40	86	6	8	52	30	1,6
80	160	6000	9	20	9	30	120	125	32	50	44	40	622311	35	45	100	6	8	52	30	2,3
120	240	5500	9	25	9	36	130	140	40	55	49	45	622312	35	50	108	8	10	64	36	2,8
160	320	5500	9	32	9	42	155	155	49	60	55	50	622315	43	55	130	10	12	76	42	4,5
520	1040	4500	11	42	11	56	205	203	67	80	71	65	622320	57	73	175	12	16	100	56	10,7
900	1800	4000	12	55	12	70	255	250	86	100	85	80	622325	72	90	225	12	20	127	70	22

JUBOFLEX

* * * Elasticité torsionnelle
 * * Elasticité radiale
 * * * Elasticité axiale
 * * * Elasticité conique



Valeurs nulles
(arbre plein).
Usiné à la
demande

Couple nominal TCN m.N	Couple vibratoire TCN m.N	Couple maxi m.N	Vitesse maxi tr/mn	Alésage C mm		A mm	B mm	D mm	E mm	Référence sans protecteur	F mm	G mm	H mm	J mm	K mm	L mm	M mm	X* mm	Poids kg
				mini	maxi														
60	30	120	6000	30	91	128	42	47	632260	28	65	50	8	87	11	50	23	2	
130	65	270	5000	40	117	172	56	66	632261	32	85	60	10	113	14	70	35	3	
240	120	480	4500	48	142	196	68	70	632262	46	100	80	12	135	17	75	40	5	
370	185	750	3500	60	181	247	90	93	632263	51	132	93	14	172	21	98	63	12	
520	260	1050	3000	70	202	284	105	109	632264	54	150	96	18	196	21	115	68	18	
750	375	1500	2800	75	232	322	115	124	632265	62	170	108	20	225	23	130	75	25	
1050	525	2100	2400	80	263	346	122	133	632266	68	190	116	20	246	24	139	82	32	
1800	900	3600	2400	60	100	280	486	156	632267	78	210	222	20	-	52	204	110	57	

DOSSIER D'ÉTUDE

Cette étude comprend 5 parties indépendantes, elles peuvent être traitées indépendamment.

Il est conseillé de consacrer à chaque partie la durée suivante :

Lecture du dossier et des documents techniques	0h20 min
1 ^{ère} partie – Vérification des caractéristiques du moteur EB2.....	0h30 min
2 ^{ème} partie – Analyse des pertes par frottement du moteur.....	0h20 min
3 ^{ème} partie – Étude du désaxage du piston.....	1h
4 ^{ème} partie – Vérification du comportement dynamique de la bielle	1h30 min
5 ^{ème} partie – Conception banc de mesure de frottements.....	2h20 min

1 – VÉRIFICATION DES CARACTÉRISTIQUES DU MOTEUR EB2

Matière d'œuvre : Documents techniques DT1 à DT3

Domaine étudié : Étude des caractéristiques du moteur

Objectif : Vérifier les caractéristiques du moteur EB2 et les valeurs limites usuelles

Rappel :

Vu : volume unitaire en cm^3 et **v** : volume mort en cm^3

VMP : vitesse moyenne du piston au régime de puissance maximale

VMP en m/s, c: course du piston en mm et N: régime de puissance maxi en tr/mn

Travail demandé :

Question 1-1 :

À l'aide des valeurs données dans le DT3, expliquer :

→ Quelle est la classification du moteur EB2 (longue course, carré ou super carré) ?

→ Justifier ce choix.

Question 1-2 :

À l'aide des valeurs données dans le DT3, calculer l'excentration (ou rayon de manivelle) du vilebrequin.

Question 1-3 :

À l'aide des caractéristiques du cylindre (alésage / course) données dans le DT3, calculer la cylindrée unitaire et totale du moteur EB2 en cm^3 .

Question 1-4 :

À l'aide des valeurs données dans le DT3, vérifier que le volume mort est bien compris entre les valeurs usuelles 30 et 75 cm^3 .

Question 1-5 :

À l'aide des valeurs données dans le DT3, calculer la vitesse moyenne du piston et vérifier qu'elle soit inférieure à 20 m/s.

Question 1-6 :

Donner les 3 principaux avantages de cette technologie.

2- ANALYSE DES PERTES PAR FROTTEMENT DU MOTEUR

Matière d'œuvre : DT6, DT3

Domaine étudié : Banc d'essai

Objectif : Valider une solution technologique pour mesurer au banc les pertes par frottement

Pour évaluer les pertes par frottement sur banc dans le mode entraîné (voir doc technique DT6), on utilise une génératrice pour l'entraînement et la mesure du couple.

Question 2-1 :

Quel est l'inconvénient majeur des mesures de couple en mode entraîné à vide (soupapes d'admission et d'échappement ouvertes) pour l'évaluation des pertes par frottement ?

On veut réguler la pression dans le cylindre, pour garder une pression sensiblement constante. On retire la bougie et on adjoint sur chaque cylindre une chambre additionnelle de 10l de cylindrée où on vient régler la pression en statique.

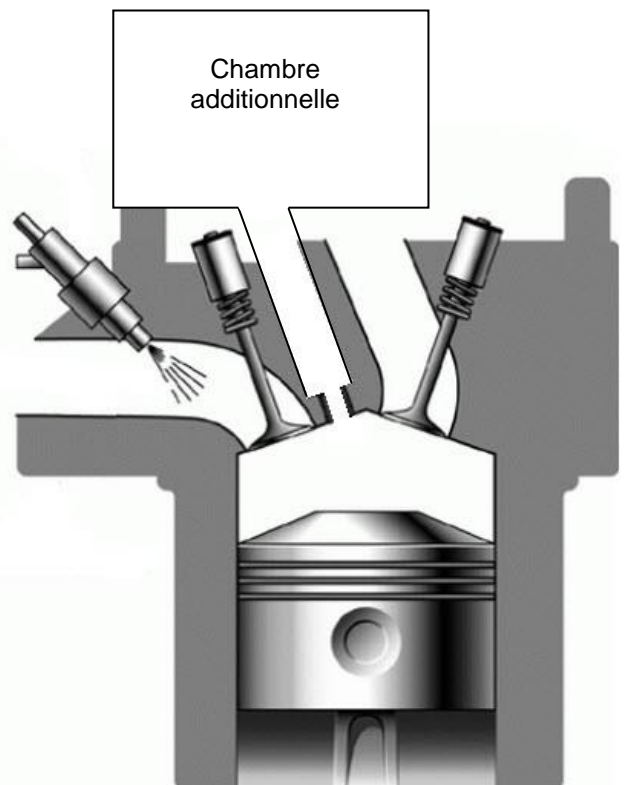
Soit P_1 : Pression réglée dans le cylindre et la chambre d'expansion à V_1

P_2 : Pression en fin de compression avec $P_2 = P_1 + \Delta P$

V_1 : Volume du cylindre, du volume mort et de la chambre d'expansion au PMB.

V_2 : Volume du cylindre, du volume mort et de la chambre d'expansion au PMH.

Schéma de principe



Question 2-2:

En négligeant les pertes de charges de transvasement et en considérant que sur un temps de mesure restreint le comportement est adiabatique, calculer la variation de pression entre les deux points caractéristiques, à savoir $\Delta P = f(P_1)$.

Vérifier que la variation $\Delta P/P_1 < 10\%$.

Rappel : $\gamma = 1,4$.

3 – ÉTUDE DU DÉSAJAXAGE DU PISTON

Matière d'œuvre : DT5, DR3

Domaine étudié : Moteur en fonctionnement

Objectif : Influence du désaxage du piston sur la cinématique

Les pistons du moteur EB sont excentrés d'une valeur h (voir figure DT5) par rapport à l'axe de la chemise. Notez que cette valeur est exagérée sur la figure, dans la réalité elle est égale à 2mm.

Question 3-1 :

Déterminer la relation entre les angles α et β et l'expression du déplacement du piston (S_3), en posant : $\vec{OA} + \vec{AB} + \vec{BH}_2 + \vec{H}_2\vec{H}_1 + \vec{H}_1\vec{O} = \vec{0}$ et $X_{B(t),\xi} = \vec{BH}_2 + \vec{H}_1\vec{O}$

À partir du document DT5

- Exprimer dans le triangle OAH_1 , AH_1 en fonction de r et α .
- Exprimer dans le triangle BAH_2 , AH_2 en fonction de L et β .
- Trouver à partir de ces deux relations une expression entre r, α, β et h .

Question 3-2 :

Exprimer X_B en fonction de r, α, β et L .

Question 3-3 :

En remarquant que $\sin^2\beta + \cos^2\beta = 1$, exprimer X_B en fonction de r, h, L et α (r, h et L sont des constantes et α est une variable connue).

Quels que soient les résultats trouvés ci-dessus on admet que :

$$X_B = r \cdot \cos\alpha + \sqrt{L^2 - (r \cdot \sin\alpha + h)^2}$$

$$\text{Et après dérivation } V_{B(t)} = -r \cdot \omega \cdot \sin\alpha - r \cdot \omega \cdot \cos\alpha \cdot (r + 2h) / 2\sqrt{L^2 - (h + r \cdot \sin\alpha)^2}$$

Question 3-4 :

Application numérique, pour $\alpha=30^\circ$, $r=45.25$ mm, $L=146$ mm, $h=2$ mm et $N_{1/0}=6000$ tr/mn.

Calculer la valeur du déplacement X_B et la valeur de la vitesse de déplacement du piston.

Vérifier sur la courbe de vitesse du document DR3 que le résultat corrobore vos calculs (tracer le point sur la courbe).

Calculer la position et la vitesse de déplacement du piston en prenant $h=0$.

Conclure quant à l'influence de ce paramètre sur la cinématique du piston.

Question 3-5 :

Comment justifier l'existence de ce désaxage.

4 – VÉRIFICATION DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DE LA BIELLE

Matière d'œuvre : DR1, DR2, DR3, DR4

Domaine étudié : Étude de l'attelage mobile

Objectif : Par une étude dynamique de l'attelage mobile vérifier la résistance de la bielle

Données :

- Le problème sera supposé plan.
- Les liaisons sont supposées parfaites hormis la liaison « bloc moteur / piston ».
- L'ensemble des mesures de frottements sur banc se fait à des régimes **stabilisés**. On donne en **DR1** la courbe du couple moteur pleine charge **simulé** en DAO, sans volant d'inertie ni arbre d'équilibrage (à **6000 tr/min** pour un cycle).
- On veut mettre en évidence les effets inertiels du piston seul, pour cela on négligera les effets de la bielle (masse et inertie de la bielle négligées).
- Ordre d'allumage pistons : **1 - 3 - 2**.
- Le poids propre des pièces sera négligé devant les autres efforts.
- La liaison piston cylindre sera assimilée à une liaison linéaire annulaire d'axe **D_x**.

Hypothèses : L'étude géométrique de la partie 3 nous donne $\beta=8.91^\circ$. Il faudra établir l'équation entre X_B et Y_B pour pouvoir résoudre la question 4-11.

Question 4-1 :

Compléter les légendes du document **DR1**.

Question 4-2 :

Toujours sur **DR1** d'après le quadrillage du graphique, déterminer approximativement en expliquant votre démarche, le couple moteur moyen (en sommant les valeurs positives et les valeurs négatives). Commenter votre résultat par rapport aux données constructeur.

La courbe sur **DR2** donne l'évolution des efforts (en norme) de la bielle sur le piston **S3** et des gaz sur le piston pour 2 tours moteur.

Question 4-3 :

Justifier le pic sur les 2 courbes.

Question 4-4 :

La valeur maxi de pression étant de 68 bars, calculer l'effort maximal des gaz sur le piston $\vec{A}_{g \rightarrow 1}$. Graduer ainsi les ordonnées de la courbe de l'effort des gaz sur le piston.

Question 4-5 :

Relever sa valeur pour $\theta = 390^\circ$, mettre en place cet effort sur **DR4** en **A** sans échelle simplement en direction et sens.

Question 4-6 :

Pour rappel on néglige les effets d'inertie sur la bielle. Définir la direction de l'effort du piston sur la bielle. Justifier votre réponse.

Question 4-7 :

Pour la position du **DR4** ($\theta = 390^\circ$) isoler le piston puis faire l'inventaire des efforts agissant sur le piston sous forme de torseur et tracer chaque effort sur **DR4**. On prendra un coefficient de frottement de $f=0.12$ pour la linéaire annulaire en **D**.

Question 4-8 :

Sur **DR3** d'après la valeur du régime moteur, graduer l'axe des abscisses en temps (unités : ms) de la courbe des vitesses du piston.

Question 4-9 :

Déterminer graphiquement l'accélération du piston pour 390° (pente tracée). Graduer l'axe des ordonnées.

Question 4-10 :

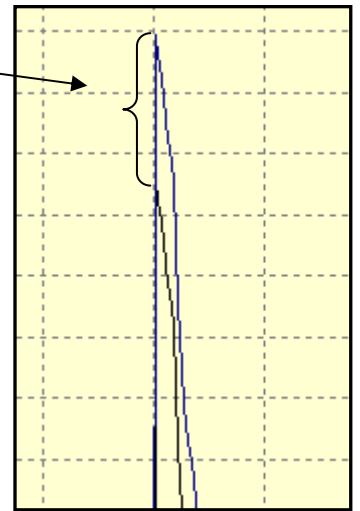
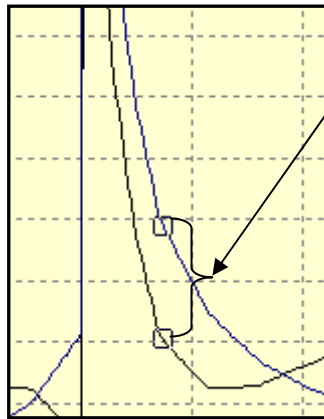
Calculer la valeur de la résultante dynamique (Voir données DT4). On prendra $a=18\ 000\ \text{m/s}^2$. Interpréter le résultat.

Question 4-11 :

Appliquer le PFD au piston et exprimer le théorème de la résultante suivant x et y sous forme littérale dans la position 390°. Résoudre.

Question 4-12 :

Interprétation : Pourquoi a-t-on une différence si significative entre les deux courbes d'effort à 360° puis sur le reste de la courbe ?

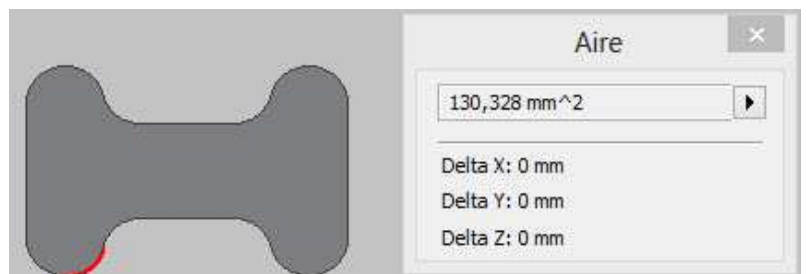


Quel que soit le résultat trouvé à la question 4-4, on prendra pour la suite un effort maxi sur la bielle de 32 000 N.

Hypothèse : l'étude de la bielle ne se fait ici qu'à la compression (flambage non évalué).

Données :

- On donne la section de la bielle ci-contre.
- Acier de la bielle 45CrMo4 forgé recuit $R_e = 800\ \text{MPa}$



Question 4-13 :

D'après la valeur maximale de l'effort sur la bielle calculer la contrainte maximale dans la bielle.

Question 4-14 :

À partir de la simulation de résistance (**DR2**), déterminer la contrainte maxi puis en déduire le coefficient de concentration de contrainte **Kt**.

Question 4-15 :

En déduire le coefficient de sécurité **s**.

5 – CONCEPTION BANC DE MESURE DE FROTTEMENTS

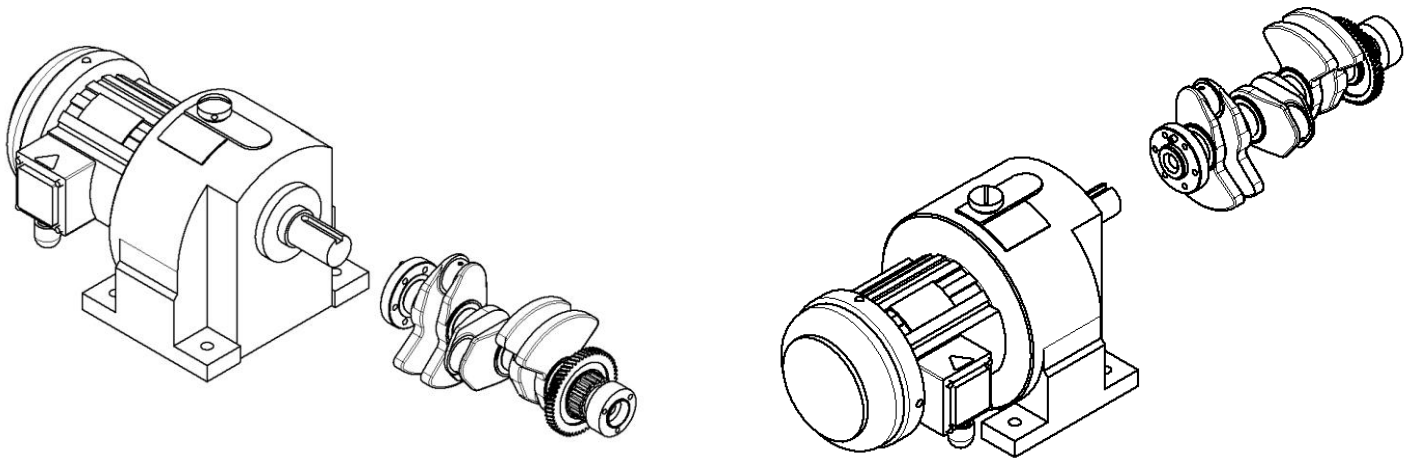
Matière d'œuvre : DR5, DT7

Domaine étudié : Banc moteur

Objectif : Concevoir la liaison génératrice / vilebrequin

Données :

- Une mesure lors de la mise en rotation de l'embellage donne une valeur du couple nominal de 120 Nm.
- Marche irrégulière (vitesse maxi de 4000 tr/min) avec inertie et à-coups moyens.
- Durée de test de 5 à 30 min.
- Fréquence de démarrage ≤ 10 / heure.
- Nombre d'heures de fonctionnement 3 maxi.
- Diamètre d'arbre 35 mm.



Question 5-1 : Sachant que les défauts d'alignements ne sont pas négligeables et d'après le synoptique de choix d'un accouplement, chercher les valeurs de K1, K2 et K3 pour trouver le couple nominal mini puis faire le choix d'un accouplement et préciser sa référence.

Question 5-2 : En préambule calculer l'effort s'exerçant sur la clavette puis calculer la longueur mini de la clavette 10x10, au matage (prépondérant vis à vis du cisaillement) avec un coefficient de sécurité de 2 pour une clavette en acier C45. La pression admissible pour un clavetage fixe sera de 200 MPa. (Hypothèse : la clavette est implantée à mi-hauteur).

Indépendamment des questions précédentes, on choisit un accouplement Juboflex 632262.

Question 5-3 : Construire sur DR5 la liaison génératrice/accouplement puis la liaison accouplement/pièce intermédiaire/vilebrequin.

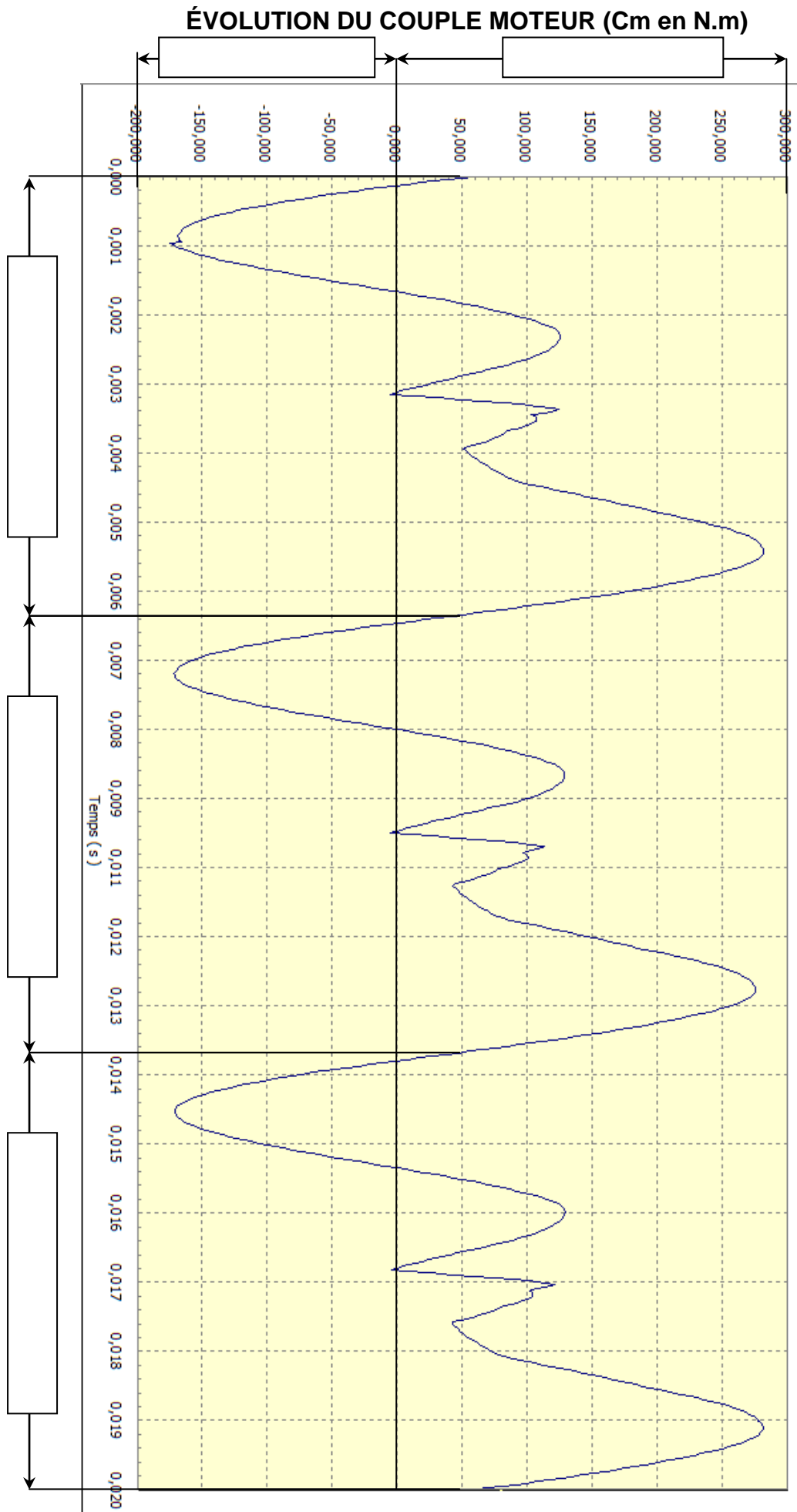
Question 5-4 : Placer les jeux et ajustements nécessaires au bon fonctionnement.

Question 5-5 : Dans l'encadré du DR5 construire la perspective à main levée de votre pièce de liaison avec le vilebrequin selon 1 ou 2 vues si nécessaire.

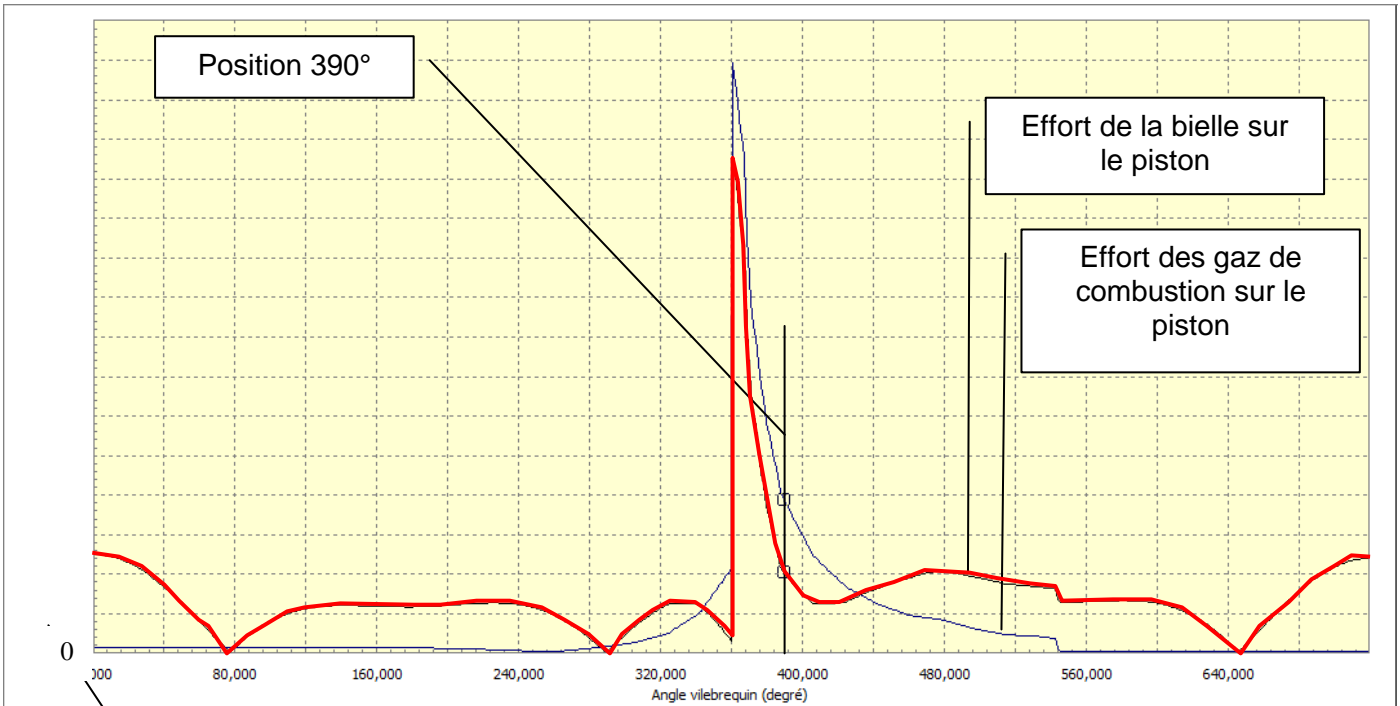
DOSSIER DOCUMENTS RÉPONSES

Ce dossier comporte 5 documents numérotés DR1 à DR5.

Référence	Titre	Page	Format
DR1	Évolution du couple moteur	20/24	A4
DR2	Courbe des efforts sur le piston / RDM	21/24	A4
DR3	Courbes de vitesse et d'accélération du piston	22/24	A4
DR4	Vérification du comportement dynamique de la bielle	23/24	A4
DR5	Conception	24/24	A3

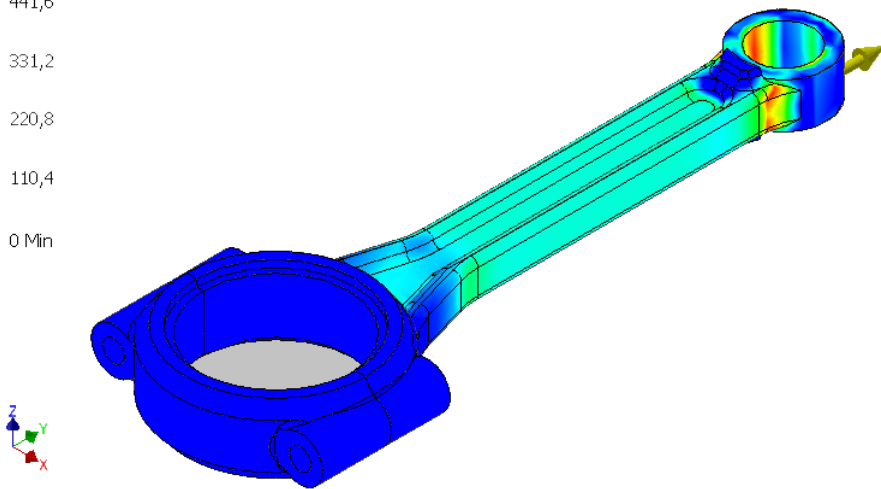
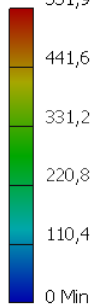


EFFORTS SUR LE PISTON



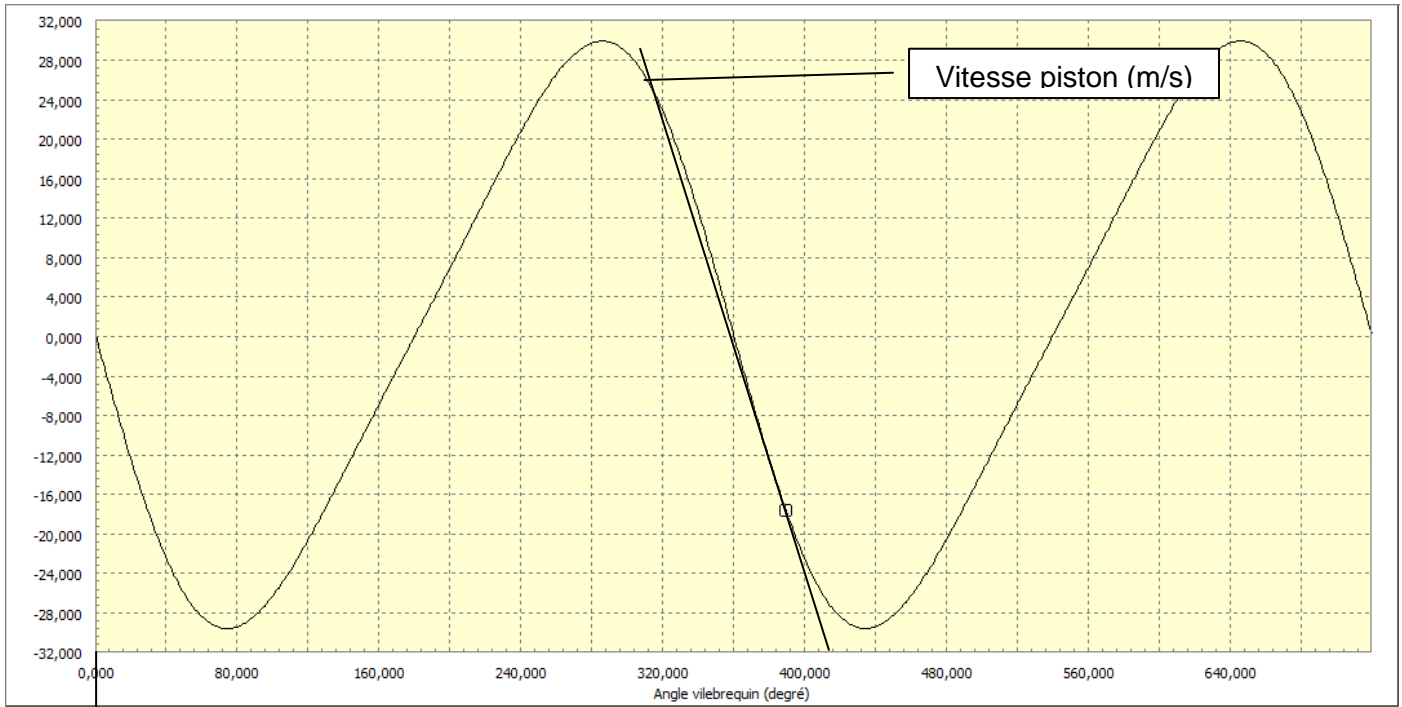
À graduer

Type: Contrainte de Von Mises
Unité: MPa
28/07/2014, 22:35:54
551,9 Max



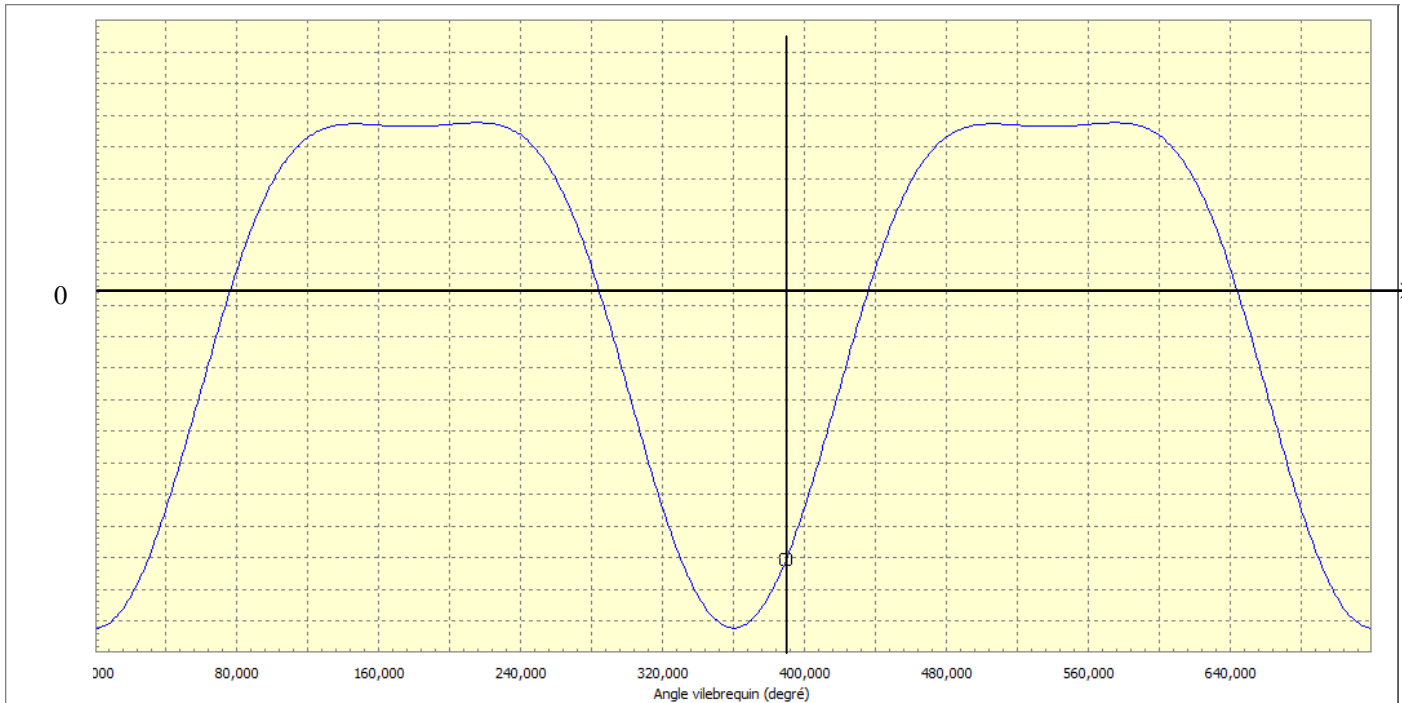
VITESSE PISTON (à 6000 tr/min)

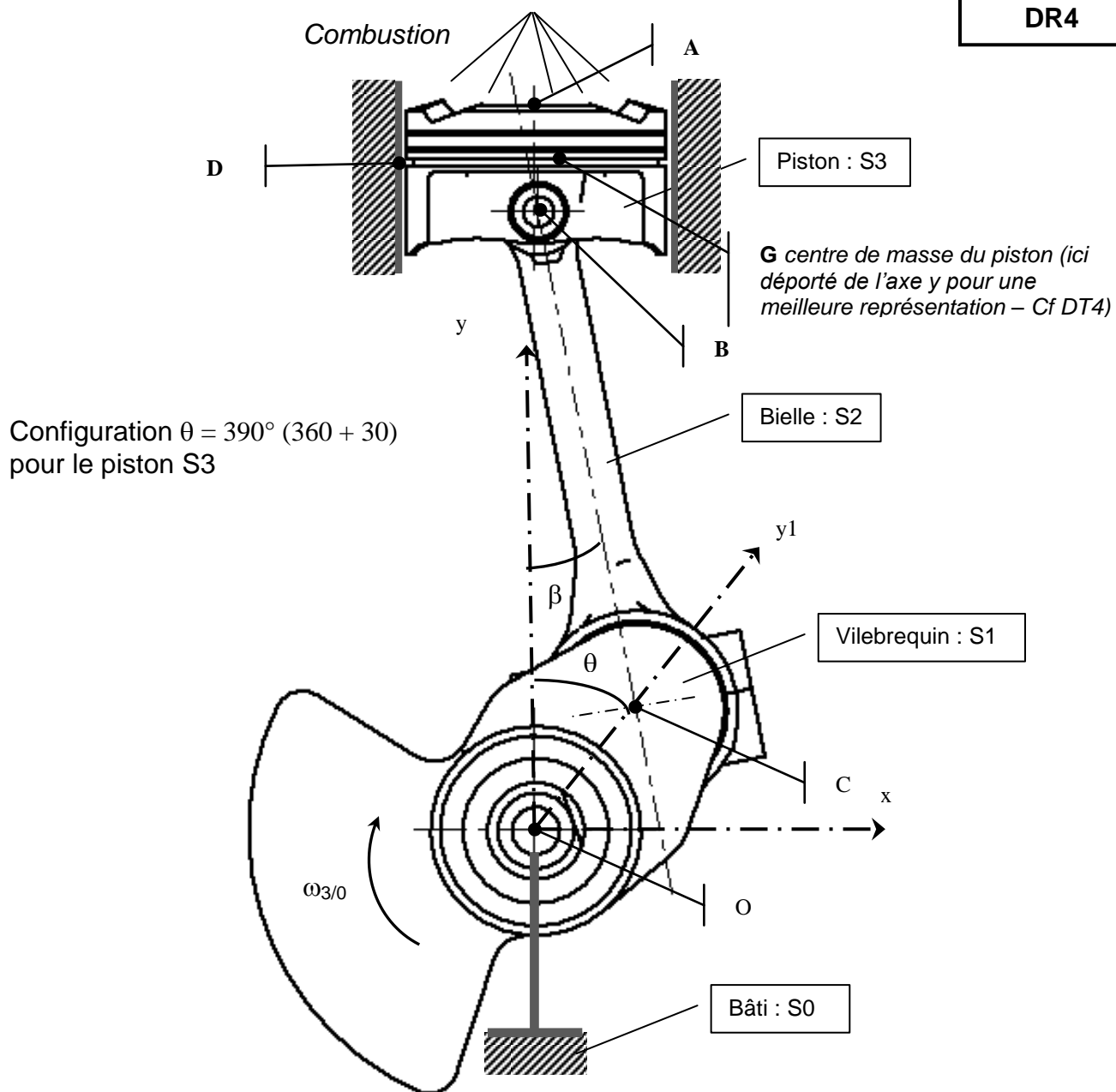
DR3



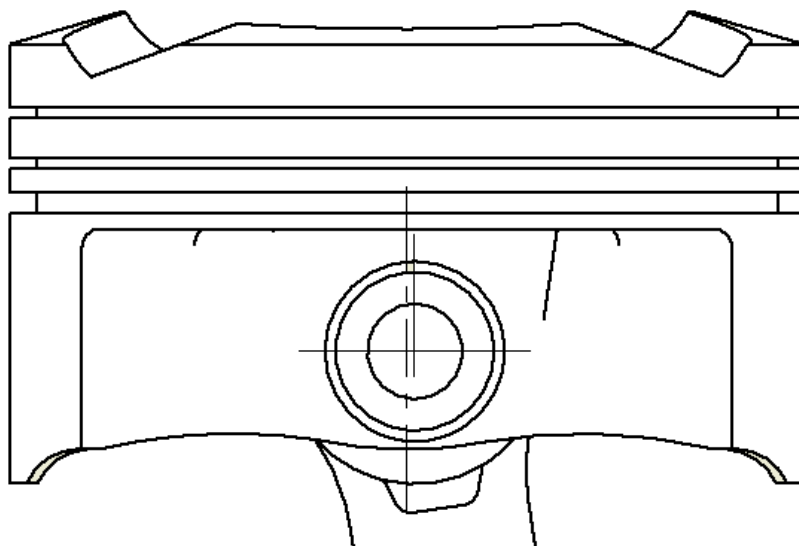
T (ms)

ACCÉLÉRATION PISTON (à 6000 tr/min) en m/s²



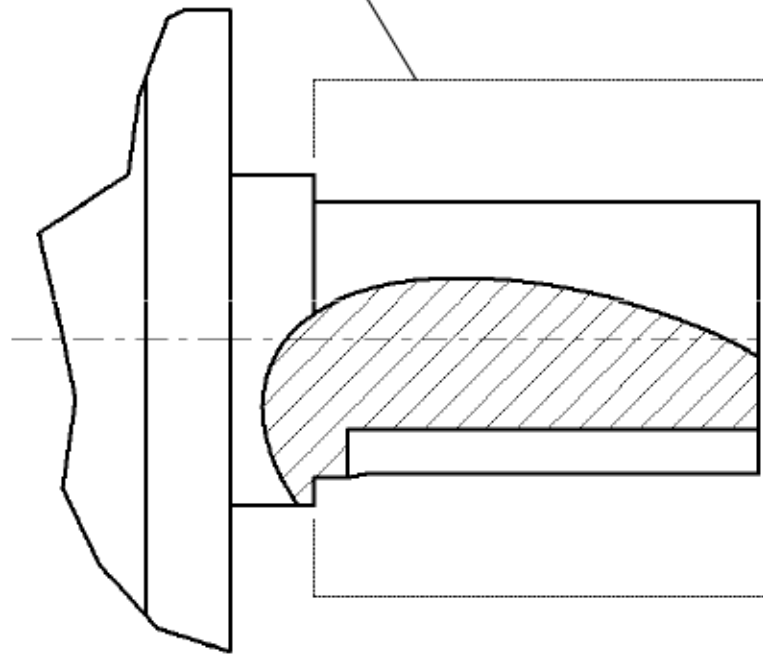


Zoom sur le déport de piston

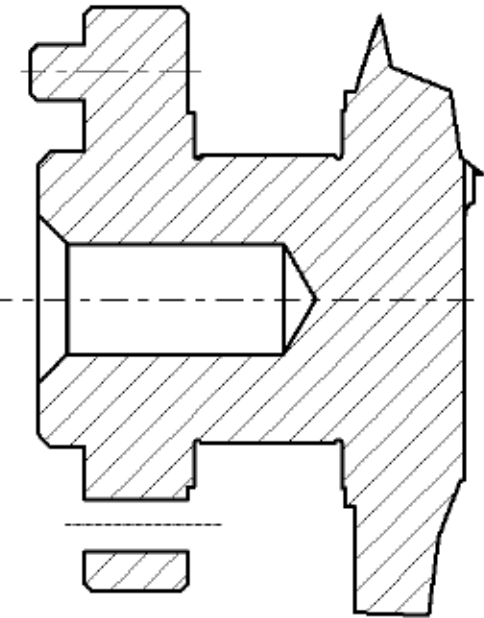


Zone de construction de la perspective de la pièce de liaison vilebrequin

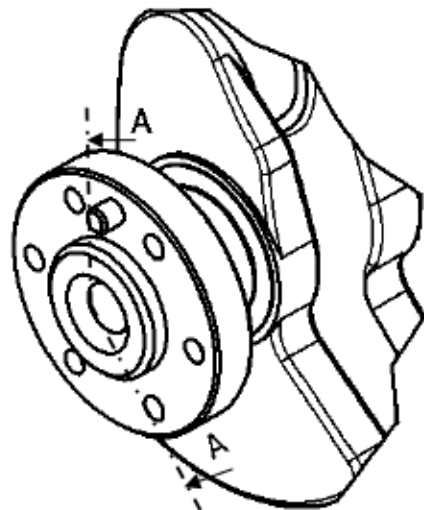
Forme extérieure de l'accouplement à compléter



Zone intermédiaire de l'accouplement à ne pas compléter.
Reproduire simplement les flasques gauche et droit et leurs liaisons.



Coupe à plans brisés A-A



Echelle : 1:1	Approuvé par	Date
ACCOUPLLEMENT BANC MOTEUR	MOTEUR EB2	
	BTS MCI	DR5