

SYSTEME DE DISTRIBUTION VALVETRONIC

DOSSIER D'ETUDE

Cette étude comprend 5 parties.

Ces parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans n'importe quel ordre.

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

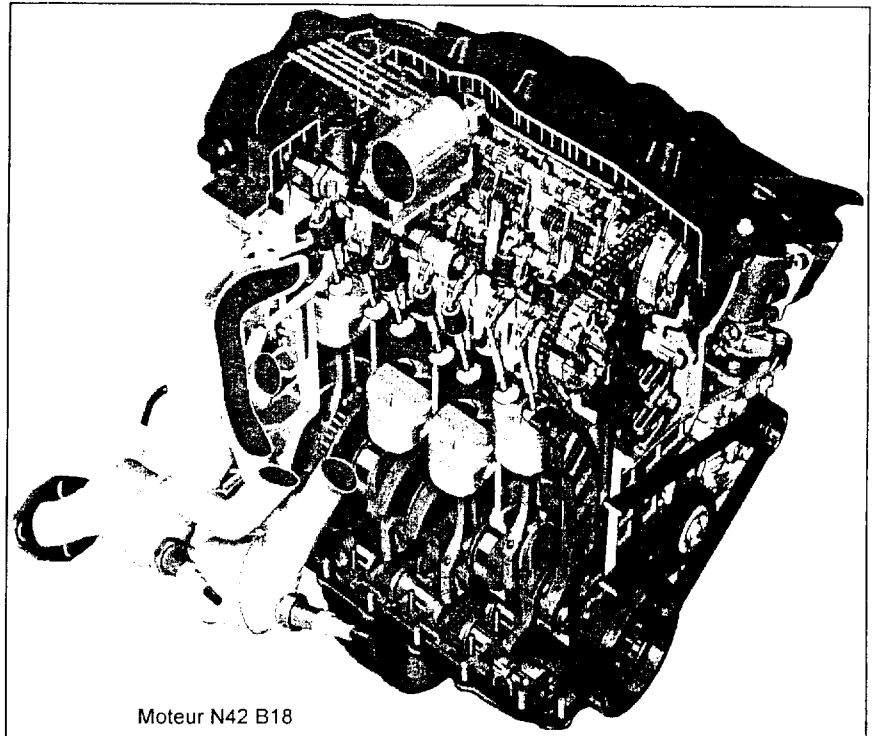
Lecture du dossier et des documents techniques	: 0 h 30
1 ^{ère} partie	: 0 h 40
2 ^{ème} partie	: 0 h 20
3 ^{ème} partie	: 1 h 30
4 ^{ème} partie	: 0 h 30
5 ^{ème} partie	: 2 h 30

SYSTEME DE DISTRIBUTION VALVETRONIC

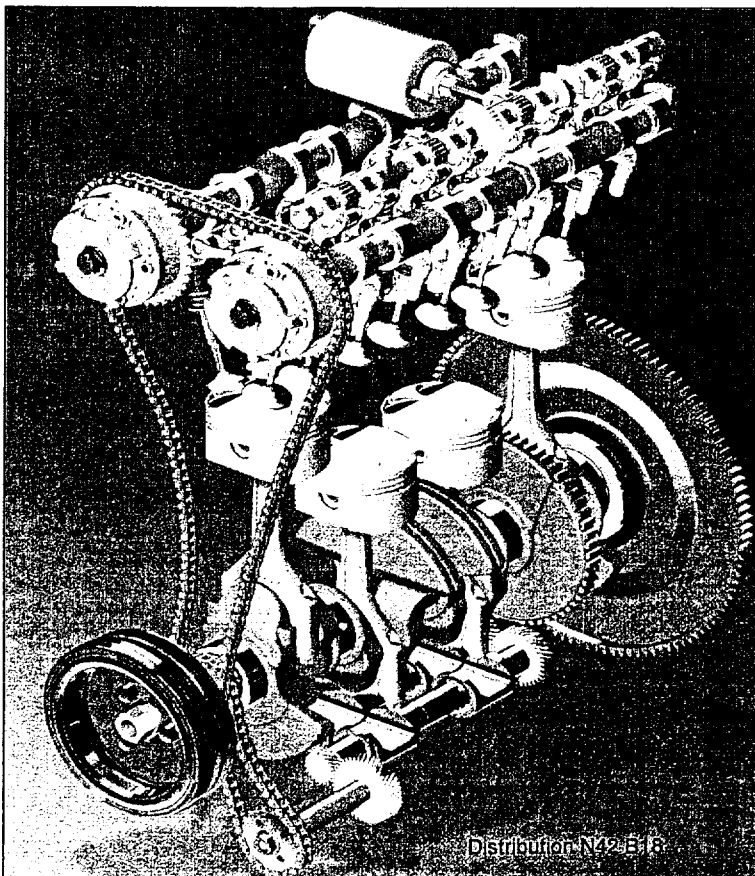
Présentation

Le système Valvetronic est un dispositif qui permet de modifier en continu la valeur de la levée des soupapes d'admission dans une plage de 0,3 mm à charge minimale jusqu'à 9,7 mm à pleine charge, en 300 millisecondes. La rapidité et la précision de ce système rendent superflu l'usage du traditionnel papillon de gaz.

Le collecteur est donc ouvert en continu, et c'est l'ouverture de la soupape, variable en durée et en "profondeur" qui alimente les cylindres selon la position de la pédale d'accélérateur et la gestion électronique générale.



Moteur N42 B18



Distributeur N42E1R

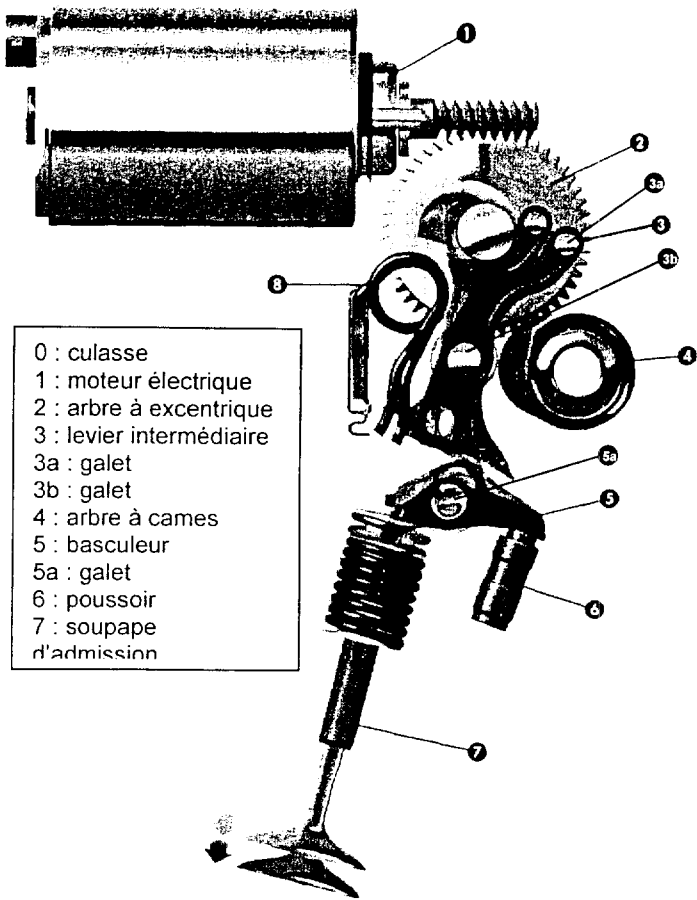
L'arbre à cames d'admission actionne normalement les soupapes par l'intermédiaire d'un levier. C'est à ce niveau qu'un arbre secondaire appelé arbre à excentriques, modifie la position angulaire de ce levier pour obtenir une levée plus ou moins importante des soupapes.

L'arbre secondaire entre en rotation, sur une course d'environ un demi-tour, sous l'action d'une vis sans fin entraînée par un servomoteur dont le mouvement est commandé par le calculateur électronique.

Le système commande le taux de levée des 8 soupapes d'admission de façon synchronisée ; la masse d'air aspirée peut donc être définie librement par l'intermédiaire du point de fermeture de la soupape et de la levée de la soupape.

La masse d'air est ainsi limitée à l'intérieur du cylindre. On parle dans ce cas d'une commande de la charge.

FUNCTIONNEMENT DU SYSTEME VALVETRONIC



- 0 : culasse
- 1 : moteur électrique
- 2 : arbre à excentrique
- 3 : levier intermédiaire
- 3a : galet
- 3b : galet
- 4 : arbre à cames
- 5 : basculeur
- 5a : galet
- 6 : poussoir
- 7 : soupape d'admission

Pour modifier l'ouverture de la soupape d'admission 7, le moteur électrique entraîne par l'intermédiaire d'un réducteur à roue et vis sans fin, l'arbre à excentrique 2. La position angulaire de l'excentrique détermine la position du levier intermédiaire 3, qui lui même détermine la position du basculeur 5 puis de la soupape 7.

Selon la position de l'arbre à excentrique, l'ouverture maximale de la soupape varie de 0,3mm (charge minimum) à 9,7mm (pleine charge).

Pour limiter les frottements, le contact entre l'excentrique 2 et le levier intermédiaire 3 se fait par l'intermédiaire d'un galet 3a, le contact entre le levier intermédiaire 3 et l'arbre à cames se fait par le galet 3b et le contact entre le levier intermédiaire 3 et le basculeur 5 se fait par l'intermédiaire du galet 5a.

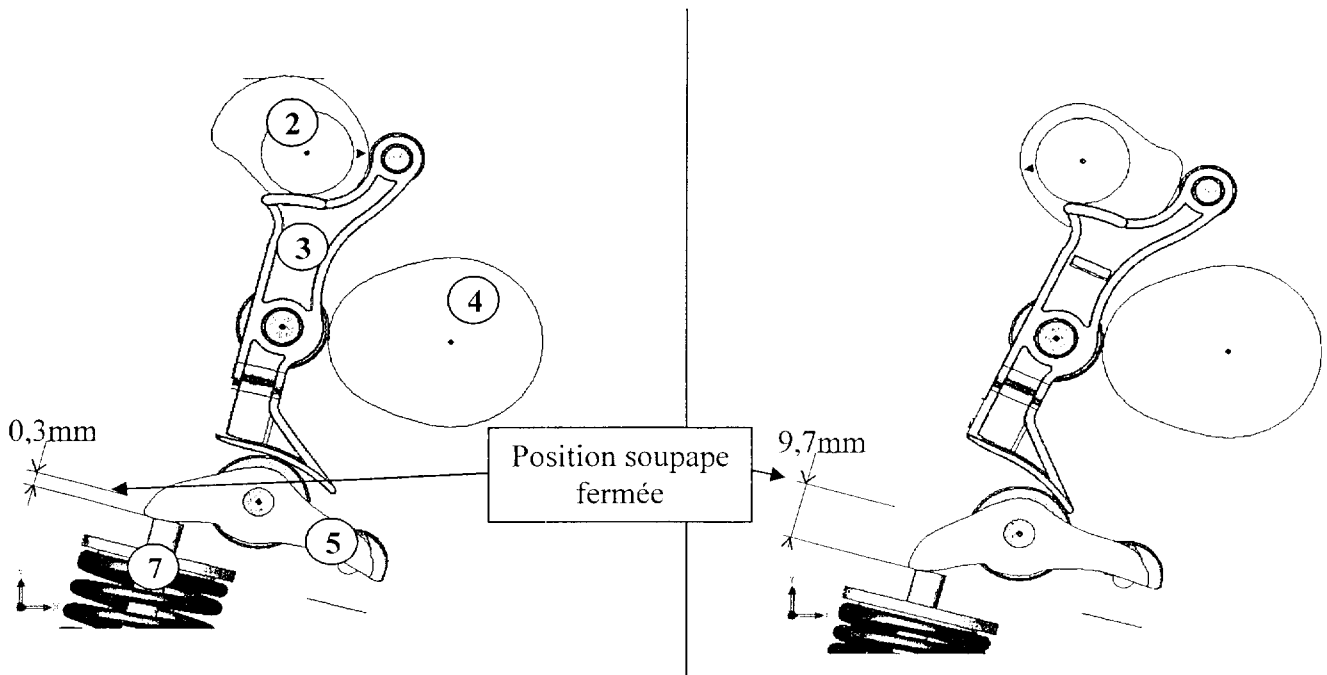
Un ressort de maintien 8 est utilisé pour comprimer le levier intermédiaire sur l'arbre à excentrique 2, l'arbre à cames 3 et le basculeur à galet 5.

Les galets 3a et 3b roulent sans glisser sur l'excentrique 2 et la came 4. De même, le galet 5a roule sans glisser sur 3.

Les schémas ci-dessous montrent les variations d'ouverture des soupapes en fonction des positions extrêmes de l'excentrique 2.

Levée de soupape mini = 0,3mm

Levée de soupape maxi = 9,7mm



L'étude porte sur le système Valvetronic et sur le banc d'essai de culasse

1 - VERIFICATION DU PROFIL DE LA PARTIE INACTIVE DU LEVIER

Matière d'œuvre : document DR1

Domaine étudié : étude cinématique graphique du levier.

Objectif : détermination du profil de la partie inactive du levier pour garder la soupape fermée quelque soit la position de l'arbre à excentriques.

Le document DR1 représente une modélisation du système Valvetronic lorsque le contact, entre le galet 3b et l'arbre à cames 4, se situe sur la partie cylindrique de l'arbre à cames 4 (appelée *dos de came*).

Les 3 galets 3a, 3b et 5a **roulent sans glisser**, respectivement, sur 2, 4 et 3.

De plus, la partie du levier 3 en contact avec la partie cylindrique de l'arbre à excentriques 2 est usinée de sorte qu'elle constitue un arc de cercle de centre O_3 .

La courbure du profil du levier 3 dans la zone inférieure est particulière mais son rayon de courbure est toujours plus grand que celui du galet 5a, ce qui permet d'assurer la tangence du contact en D.

Données :

La culasse numérotée 0 sera considérée fixe.

Les points O_2 , O_3 , O_{3a} , O_4 et O_5 sont respectivement les centres des liaisons pivots entre 2 et 0, 3b et 3, 3a et 3, 4 et 0, et 5a et 5.

Aucune valeur numérique n'est demandée dans cette partie.

Hypothèses de travail : Les solides sont indéformables et les liaisons sont parfaites.

Travail demandé :

Q1 : Déterminer sur le document DR1 les 2 points de contact suivants en justifiant leur construction :

- C entre 2 et 3
- A entre 4 et 3b

Q2 : Définir le support de la vitesse de glissement $\overline{V_{(C,2/3)}}$. En écrivant la relation de composition des vitesses au point C entre les 3 solides 3, 2 et 0, déterminer le support de $\overline{V_{(C,3/0)}}$ puis le tracer sur le document DR1.

Q3 : Définir les mouvements de 4/0 et de 3b/3, puis tracer sur le document DR1 les supports des vitesses $\overline{V_{(A,4/0)}}$ et $\overline{V_{(A,3b/3)}}$.

Q4 : Ecrire la relation de composition des vitesses au point A entre les 4 solides 4, 3b, 3 et 0. Puis déterminer une relation vectorielle entre $\overline{V_{(A,4/0)}}$, $\overline{V_{(A,3b/3)}}$ et $\overline{V_{(A,3/0)}}$.

Q5 : A l'aide des 2 questions précédentes, justifier que le support de la vitesse $\overline{V_{(A,3/0)}}$ est la perpendiculaire à (O_3O_4) passant par A, puis le tracer sur le document DR1.

Q6 : A l'aide des questions Q2 et Q5, déduire la position du CIR du mouvement de 3/0 notée $I_{3/0}$.

Q7 : Déterminer et tracer alors le support de la vitesse $\overline{V_{(D,3/0)}}$. En déduire la particularité géométrique que doit avoir le profil du levier au point D pour garder la soupape fermée.

Q8 : Sachant que dans cette phase d'étude (dos de came), $I_{3/0}$ est fixe par rapport à 0 quelque soit la position de l'arbre à excentriques, déterminer quelle doit être la forme, du profil de la partie inactive du levier en contact avec le galet 5a, pour garder la soupape fermée.

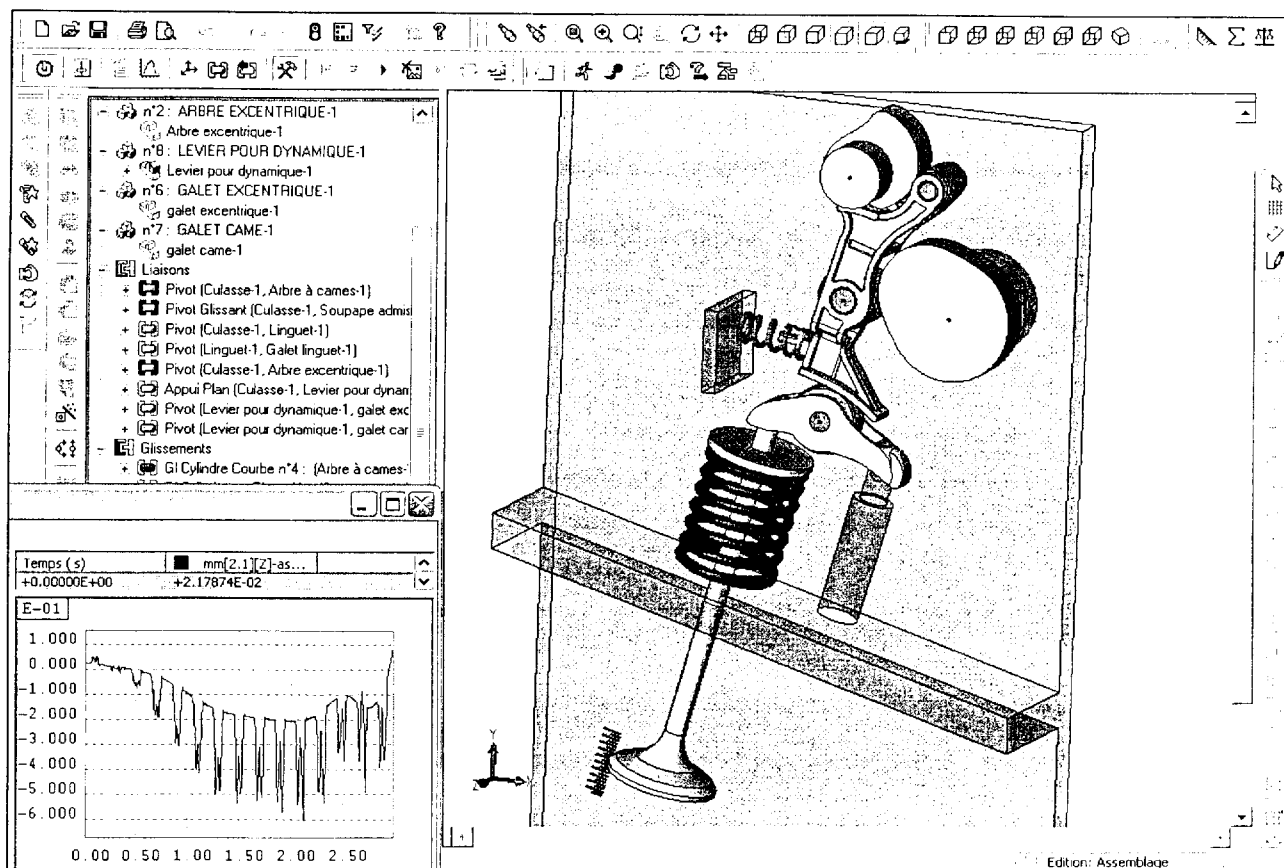
2 - DETERMINATION DE L'ACCELERATION DU CENTRE D'INERTIE G

Matière d'œuvre : document DR2

Domaine étudié : étude cinématique du levier.

Objectif : détermination de l'accélération du centre d'inertie G du levier en vue d'une étude dynamique.

Le document DR2 représente les 2 courbes images de la vitesse de G suivant \vec{x} notée V_x et suivant \vec{y} notée V_y . Ces courbes ont été obtenues grâce à une modélisation numérique du système Valvetronic.



Données :

On se place dans la position particulière où l'angle de l'arbre à cames 4 par rapport à la culasse 0 est de $\theta_{4/0} = 140^\circ$.

Taux de rotation de l'arbre à cames : $\omega_{4/0} = 314 \text{ rad/s}$

Dans cette position, le mouvement plan du levier est particulier car les 2 arbres, à cames et à excentriques, sont en mouvement. La détermination de la position de $I_{3/0}$ n'est plus possible comme dans la 1^{ère} Partie (support de $\overline{V_{(A,3/0)}}$ inconnu).

Travail demandé :

Q9 : Graduer sur le document DR2 (au bas de la feuille) l'axe des abscisses en seconde, en indiquant par exemple la valeur de t pour $\theta_{4/0} = 17^\circ$.

Q10 : Déterminer dans la position $\theta_{4/0} = 140^\circ$, par dérivation graphique, l'accélération du point G suivant \vec{x} notée γ_x et suivant \vec{y} notée γ_y .

3 - ETUDE DE LA MOTORISATION DE L'ARBRE A EXCENTRIQUES

Matière d'œuvre : documents techniques DT1, DT2 et DT3 et réponse DR3

Domaine étudié : commande de la soupape d'admission.

Objectif : détermination du couple nécessaire du moteur électrique.

Mise en situation

On cherche à déterminer le couple que doit fournir le moteur électrique (1) afin de pouvoir respecter le cahier des charges, c'est-à-dire pouvoir passer de la position levée minimale de 0,3mm, à la position levée maximale de 9,7mm, des soupapes en 300ms maximum.

Une simulation numérique nous permet d'obtenir pour une seule came le couple C_2 à appliquer à l'arbre à excentriques 2 pour passer de la position angulaire $\theta_{2/0} = 0$ à celle de $\theta_{2/0} = -172^\circ$ en 300ms, dans les conditions les plus sévères. Voir DT1.

Travail demandé :

Q11 : Pour quel régime moteur, le couple C_2 à fournir sur l'excentrique est-il le plus élevé ? Justifier.

Q12 : En analysant la courbe du DT1, déterminer la position angulaire $\theta_{2/0}$ de l'arbre à excentriques 2 pour laquelle le couple C_2 est maximal. Cette position correspond-elle au couple maximal C_4 appliqué sur l'arbre à cames 4 (voir DT2) ?

Validation du modèle numérique

Avant de poursuivre cette étude, on se propose de valider le modèle numérique, représenté à la page précédente, qui nous a permis d'obtenir les courbes de couple décrites précédemment. Pour cela, à partir de la connaissance du couple d'entrée C_4 sur l'arbre à cames via un couplemètre sur banc d'essai et des données cinématiques du mécanisme, on appliquera les lois de la mécanique au mécanisme en un point de fonctionnement judicieusement choisis.

Hypothèses de travail :

Le poids des différentes pièces est négligé

Les solides sont indéformables

Les liaisons sont parfaites

L'arbre à cames et l'arbre à excentriques sont équilibrés

Données :

La position retenue pour cette vérification est telle que : $\theta_{2/0} = -96^\circ$ et $\theta_{4/0} = 140^\circ$ (voir DR3). Position pour laquelle des petits écarts sur les relevés dimensionnels n'engendrent pas d'écarts importants sur l'intensité des actions mécaniques. Les données suivantes ne sont donc valables que dans cette position

Le mécanisme représenté DR3 admet un plan de symétrie $(G, \vec{x}_o, \vec{y}_o)$.

Le point G représente le centre d'inertie de l'ensemble $\{3\} = \{\text{levier 3} + \text{galet 3a} + \text{galet 3b}\}$.

Le repère $R_0(G, \vec{x}_o, \vec{y}_o, \vec{z}_o)$ associé à la culasse (0) est un repère galiléen

L'essai pour le relevé du couple est effectué sur un « banc culasse » avec un seul mécanisme de levée de soupape, donc avec une seule came active sur l'arbre à cames.

Couple d'entrée indiqué par le capteur : $C_4 = 1,93\text{Nm}$.

Régime maximal du moteur : $N_{\text{moteur}} = 6000 \text{ tr/min}$

Les distances nécessaires seront prises dans le tableau DT3 ou directement mesurées sur la figure DR3.

Accélération du centre d'inertie de {3} par rapport à R_0 : $\overrightarrow{\Gamma_{G,3/0}} = \begin{pmatrix} 665 \\ 129 \\ 0 \end{pmatrix}_{R_0}$ en m/s^2 ;

Accélération angulaire de {3} par rapport à R_0 : $\frac{d\overrightarrow{\Omega_{3/0}}}{dt} = \overset{\circ}{\omega}_{3/0} \cdot \overrightarrow{z_0}$ avec $\overset{\circ}{\omega}_{3/0} = 18730 \text{ rad/s}^2$;

Travail demandé :

Q13 : Sur le DR3, les directions des actions mécaniques entre les pièces en contact aux points A, B, C et D sont données. Justifier ces directions.

Q14 : En écrivant la projection sur l'axe $(O_4, \overrightarrow{z_0})$ du théorème du moment dynamique appliqué à l'arbre à cames 4 (qui tourne à vitesse constante), déterminer l'intensité de la force du galet 3b sur la came 4 : $\|\overrightarrow{A_{3b \rightarrow 4}}\|$. Voir DR3 et DT3.

Q15 : Sur le document DT3 on donne un relevé, issu de la modélisation numérique, des propriétés de masse de l'ensemble des pièces {3}. Donner la valeur du moment d'inertie, pris au centre de gravité, de cet ensemble par rapport à l'axe $(G, \overrightarrow{z_0})$ ainsi que sa masse.

Q16 : Représenter sur le DR3 :

- La force de la came 4 sur le galet 3b : $\overrightarrow{A_{4 \rightarrow 3b}}$ (quelle que soit la valeur trouvée précédemment, on prendra $\|\overrightarrow{A_{4 \rightarrow 3b}}\| = 300 \text{ N}$) ;
- La force du ressort de torsion 8 sur le levier 3 : $\overrightarrow{E_{8 \rightarrow 3}}$ avec $\|\overrightarrow{E_{8 \rightarrow 3}}\| = 134 \text{ N}$.

Q17 : En isolant {3}, faire le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées à {3} sous forme de torseur écrit dans le repère R_0 au point d'application de la force considérée.

Q18 : Déterminer les trois équations scalaires issues du principe fondamental de la dynamique appliqué à l'ensemble {3} au centre d'inertie G dans le repère R_0 .

La résolution numérique (non demandée) de ce système d'équations permet de déterminer l'intensité de la force du galet 3a sur l'excentrique 2 : $\|\overrightarrow{B_{3a \rightarrow 2}}\| = 116 \text{ N}$

Q19 : L'écriture de l'équation de projection sur l'axe $(O_2, \overrightarrow{z_0})$ du moment dynamique appliqué à l'arbre à excentrique (qui tourne à vitesse constante), donne une intensité C_2 du couple à fournir sur l'arbre excentrique 2 (pour un excentrique) : $C_2 = 0,52\text{Nm}$. Comparer cette valeur à celle donnée sur la courbe DT1.

Q20 : Conclure sur la validité du modèle numérique utilisé.