

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
MOTEURS À COMBUSTION INTERNE
Session 2021

E 4 – TECHNOLOGIE MOTEUR

Durée : 4 heures – Coefficient : 4

Moyens de calculs autorisés :

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collège » est autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet comporte 17 pages numérotées de la façon suivante :

- Page de garde : 1/17
- Présentation : page 2/17
- Dossier d'étude : pages 3 à 10/17
- Dossier technique : pages 11 à 15/17
- Dossier des documents réponse : pages 16 à 17/17

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 : 2106MO4TM		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE	
SESSION : 2021	SUJET	ÉPREUVE : E4 – TECHNOLOGIE MOTEUR			
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°01ED22		Page 1/17	

Problématique :

Une PME souhaite proposer à la vente 2 kits de transformation Ethanol pour moteur « essence » injection indirecte à mélange homogène.

- Un kit mono carburation E85 (le moteur ne pourra plus fonctionner à l'E10 sans intervention mécanique).

- Un kit FLEXFUEL (le moteur s'adapte automatiquement à toutes proportions entre E10 et E85)

Pour cela une étude est nécessaire afin de définir les modifications à apporter au moteur avec les solutions techniques associées.

Temps conseillé pour la lecture du sujet : 15 minutes.

PARTIES :

1) Étude préalable :

-temps conseillé : 50 minutes.

- 1.1) Aspect théorique : équation de combustion,
- 1.2) Intérêt environnemental,
- 1.3) Intérêt économique.

2) Étude de la masse injectée :

-temps conseillé : 40 minutes.

3) KIT mono Carburation E85 :

-temps conseillé : 1h15.

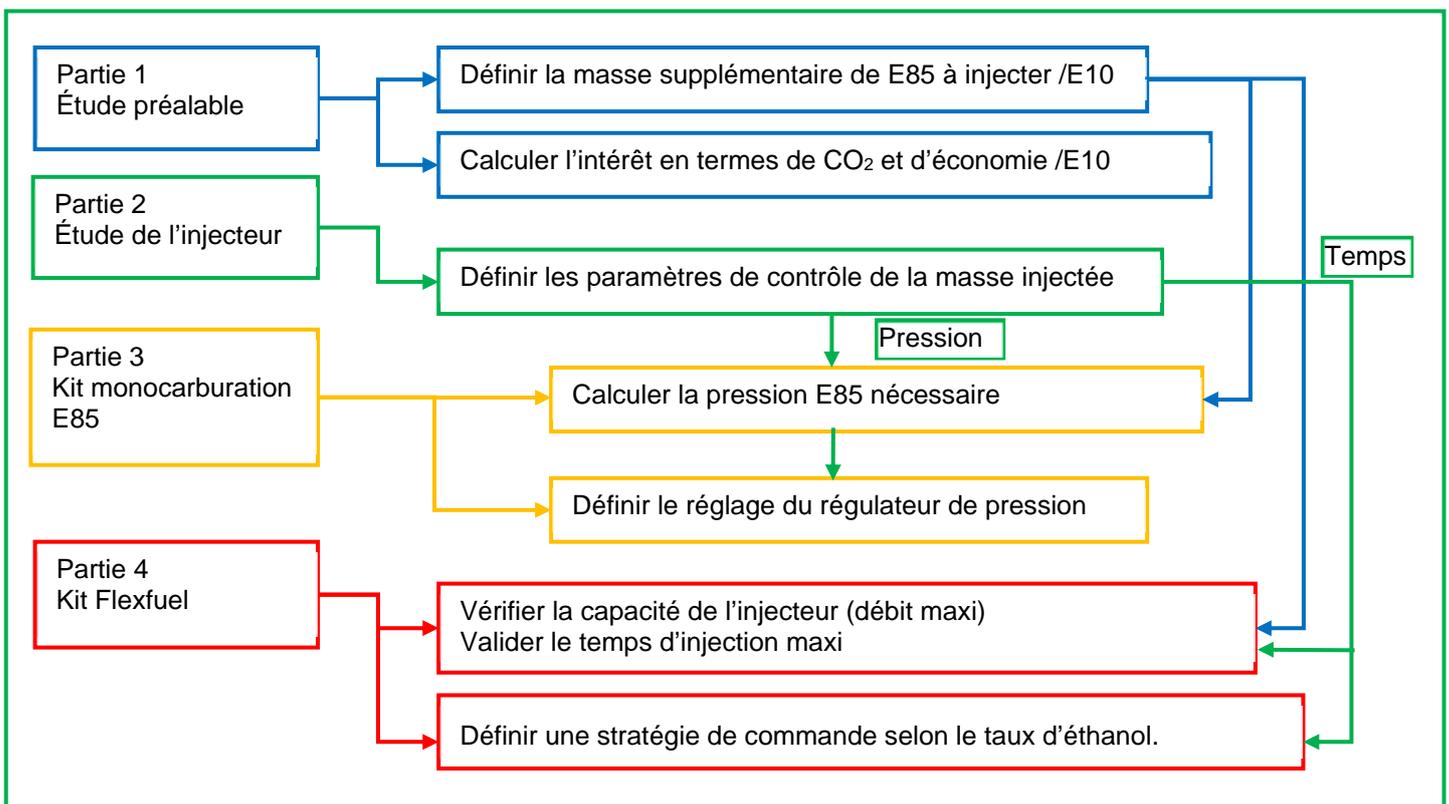
- 3.1) Calcul de la pression du carburant nécessaire,
- 3.2) Étude et réglage du régulateur de pression.

4) Kit Flexfuel :

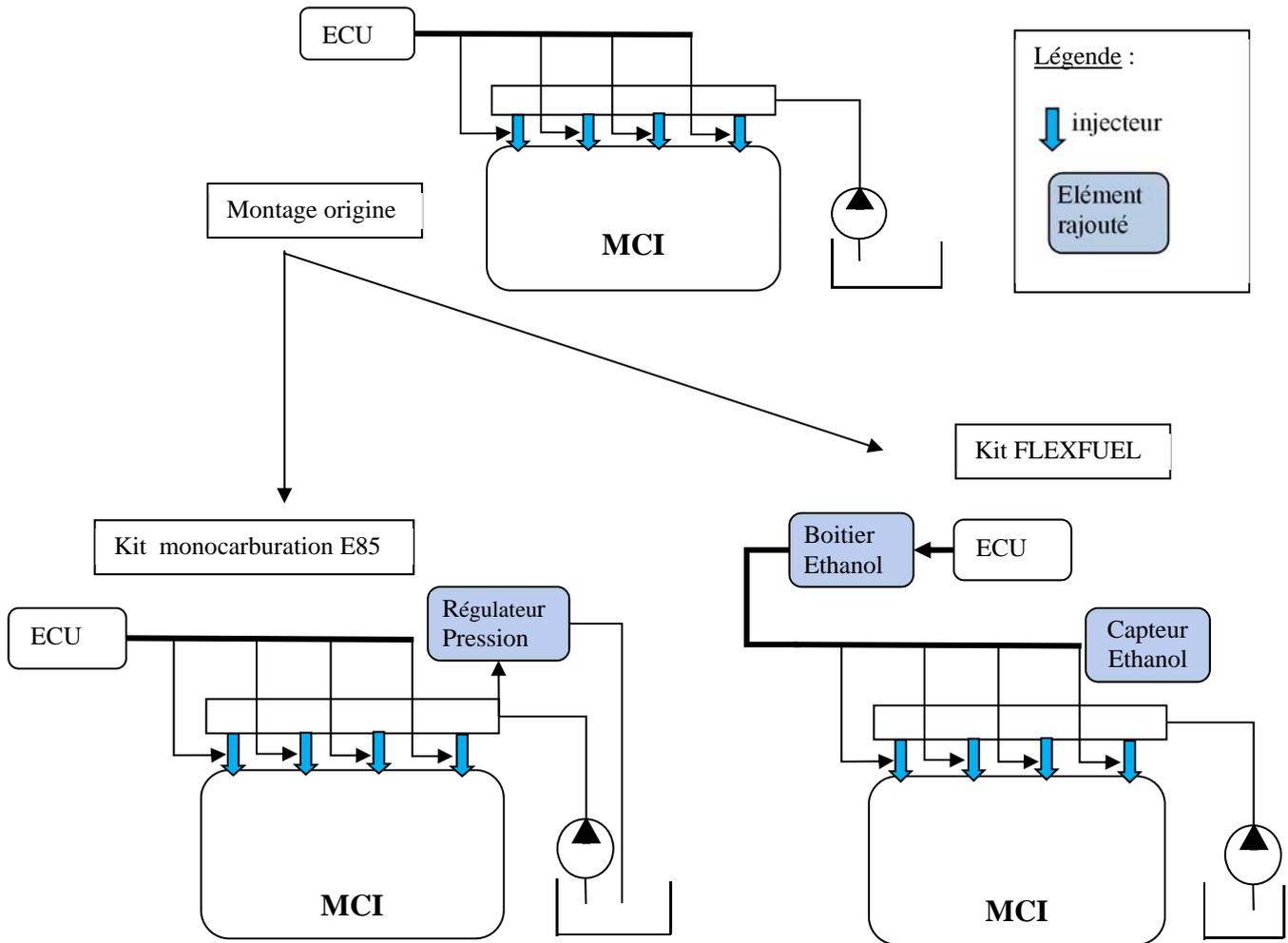
-temps conseillé : 1 heure.

- 4.1) Commande de l'injecteur,
- 4.2) Capteur d'éthanol + stratégie.

OBJECTIFS des différentes parties du sujet

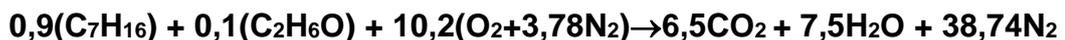


Partie 1 : Étude préalable



1.1) Aspect théorique : équation stœchiométrique

Pour cette étude nous considérons pour l'E10 l'équation stœchiométrique suivante :



$$A/F_{E10} \text{ stœchiométrique} = 14,86$$

Les masses molaires sont indiquées DT1.

Q1.1.1) À partir du modèle d'équation de l'E10 ci-dessus, écrire et équilibrer l'équation stœchiométrique du carburant E85.

Q1.1.2) Calculer, pour le E85 :

- la masse de carburant m_{E85} ,
- la masse d'air,
- puis le A/F_{E85} stœchiométrique.

Q1.1.3) À partir du A/F_{E10} et A/F_{E85} , pour une masse d'air admise identique :

- Calculer la proportion de masse de carburant $\frac{m_{E85}}{m_{E10}}$.
- Traduire cette valeur en pourcentage et conclure.

Q1.1.4) À partir de la question précédente :

- Déduire la proportion volumique $\frac{v_{E85}}{v_{E10}}$.
- Traduire cette valeur en pourcentage.

$$\text{On donne : } \rho_{E85} = 788 \text{ g.l}^{-1} \quad \rho_{E10} = 754 \text{ g.l}^{-1}$$

Q1.1.5) En considérant que la masse E85 injectée est 40% plus importante que celle de l'E10 :

- Écrire la relation (avec les unités) permettant de calculer l'énergie chimique contenue dans le carburant.
- À partir de la relation précédente, écrire le rapport des énergies chimiques $\frac{Ec_{E85}}{Ec_{E10}}$.
- À partir du rapport précédent, calculer et conclure sur l'écart d'énergie introduite entre l'E85 et l'E10.

On donne : $PCI_{E10} = 41400 \text{ kJ.kg}^{-1}$ $PCI_{E85} = 29300 \text{ kJ.kg}^{-1}$

1.2) Intérêt environnemental

L'objectif est de quantifier l'intérêt du carburant E85 / E10 d'un point de vue de la production de CO₂.

Q1.2.1) À partir de l'équation stœchiométrique, calculer les facteurs de production massique de CO₂ (masse de CO₂ produite par masse de carburant) pour l'E10 et l'E85.

Q1.2.2) À partir des PCI_m respectifs, calculer le facteur de production de CO₂ en g par kJ pour chaque carburant.

Q1.2.3) En prenant pour hypothèse un rendement effectif du moteur identique quel que soit le carburant, calculer en % l'écart de CO₂ produit lors d'un fonctionnement à l'E85/E10.

Q1.2.4) À partir du résultat précédent et du document technique **DT5**, justifier l'intérêt écologique (CO₂) d'un fonctionnement à l'E85.

1.3) Intérêt économique

L'objectif est de quantifier l'intérêt du carburant E85 du point de vue du coût kilométrique.

Q1.3.1) Écrire la relation littérale permettant de calculer le coût pour 100 kms d'un carburant Ex en fonction de la consommation $Conso_{Ex}$ en litre/100 km et du prix au litre $Prix_{Ex}$.

Q1.3.2) À partir de la relation précédente et des données du **DT1**, calculer le coût pour parcourir 100 km en fonctionnant à l'E85, puis faire de même pour l'E10.

On donne : surconsommation volumique de l'E85 = 30%

Q1.3.3) Exprimer, en pourcentage, l'intérêt économique du carburant E85 par rapport à l'E10.

Partie 2 : Étude de l'injecteur

Hypothèses d'étude :

- on suppose un écoulement stationnaire entre les points 1 et 2 (voir **DT1**) avec un fluide parfait, non visqueux et incompressible,
- les deux pressions p_1 et p_2 dans l'injecteur sont considérées comme pressions absolues exprimées en Pascal.

Données :

- le diamètre intérieur au niveau de la chambre de l'injecteur est $\varnothing d_1 = 6$ mm, S_1 sa section en m^2 ,
- le diamètre d'un trou d'injecteur $\varnothing d_2 = 0,16$ mm, S_2 sa section en m^2 ,
- nombre de trous d'injection = 2,
- distance entre les points 1 et 2 = 10 mm,
- ρ : masse volumique du carburant en $kg.m^{-3}$,
- g : accélération de la pesanteur = $10 m.s^{-2}$,
- C_1 et C_2 les célérités du fluide dans la chambre et au niveau d'un trou d'injecteur en $m.s^{-1}$,
- $p_1 = 3,5$ bars.

Dans ces conditions l'équation de Bernoulli s'écrit :
$$p_1 + \rho g z_1 + \frac{\rho C_1^2}{2} = p_2 + \rho g z_2 + \frac{\rho C_2^2}{2}$$

Q2.1) En considérant les deux points 1 et 2 comme indiqué sur la figure du **DT1** :

- a) calculer la pression statique provoquée par cette différence de hauteur.
- b) Que peut-on dire de cette valeur par rapport à la pression d'injection (P_1) ?

Q2.2) Donner l'expression littérale de la conservation du débit volumique entre les points 1 et 2. En déduire l'expression de la célérité au point C_1 en fonction de S_1 , S_2 , et C_2 .

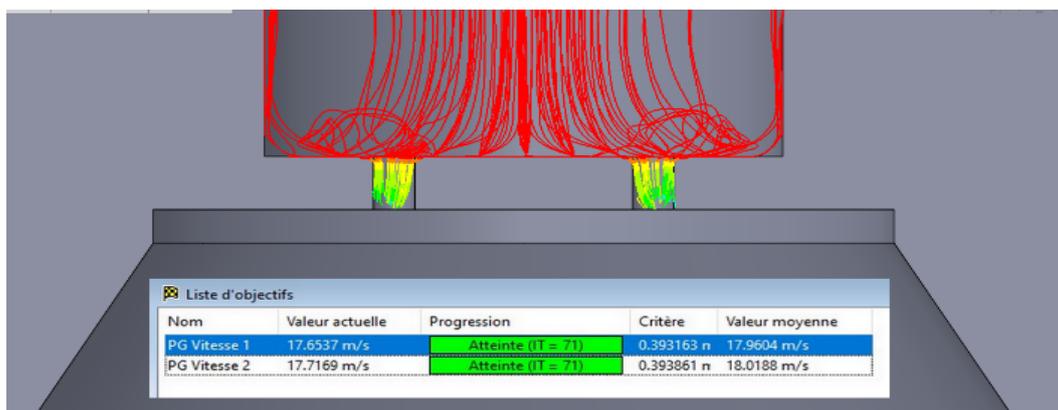
Q2.3) Exprimer C_1 en fonction de C_2 . Conclure quant à la valeur de C_1 par rapport à C_2 .

Q2.4) Réécrire l'équation de Bernoulli en tenant compte des constats précédents. En déduire l'expression de la célérité C_2 en fonction de P_1 , P_2 , et de ρ .

Q2.5) Application numérique : à partir de la relation précédente, calculer C_2 .

On donne : $\rho_{E10} = 754$ kg.m⁻³ ; $P_1 = 3.5$ bars ; $P_2 = 0,5$ bar

Q2.6) Une simulation sous FlowWorks a donné une vitesse moyenne d'écoulement de $18 m.s^{-1}$, bien inférieure à la valeur calculée. Donner deux raisons justifiant la différence entre la valeur calculée et la valeur simulée de cette vitesse.



Q2.7) Exprimer le débit volumique, le débit massique et la masse injectée. Préciser les unités utilisées.

Q2.8) La relation donnant la masse injectée est la suivante :

$$m_{inj} = K\sqrt{\Delta p} \times t_{inj}$$

où Δp est la différence de pression (P1-P2),
 t_{inj} le temps d'injection,
et K une constante.

À partir des relations précédentes déterminer la valeur de cette constante « K ». Préciser son unité.

On donne : $\rho_{E10} = 754 \text{ kg.m}^{-3}$; P1 = 3.5 bars; P2 = 0,5 bar

Partie 3 : Kit mono carburation E85

Objectif de l'étude :

Établir une loi entre la position de la vis de réglage du ressort et la pression du carburant dans la rampe de distribution afin de maîtriser la valeur Δp désirée.

Les données relatives au régulateur de pression figurent sur les DT2 et DT3

Hypothèses :

- Dans un 1er temps, la membrane est supposée se déformer sans effort (résistance propre nulle).
- On considère une pression **absolue** des gaz du collecteur d'admission variable de 0,5 à 1 bar.
- À ces niveaux modérés de pression, le carburant est considéré comme un fluide incompressible.
- Lors des changements d'état du régulateur, les vitesses d'écoulement étant faibles, un comportement statique des fluides sera retenu pour cette étude.
- Un film de carburant sépare constamment la membrane 4 de son siège 3.
- Quel que soit le débit de fuite on suppose le système étudié à l'équilibre.

Données :

- $\rho_{E85} = 788 \text{ g.l}^{-1}$ $\rho_{E10} = 754 \text{ g.l}^{-1}$ $\Delta P_{E10} = 3 \text{ bars}$
- pression absolue collecteur admission = 0,5 bar

On considère maintenant la relation suivante :

$$m_{inj} = \sqrt{2 \times \rho} \times S \times \sqrt{\Delta p} \times t_{inj}$$

Avec :

- m_{inj} : masse injectée en kg
- ρ : masse volumique du carburant en kg.m^{-3}
- S : la section débitante
- $\sqrt{\Delta p}$: (Pcarburant - P admission) en Pascal
- t_{inj} : le temps d'injection en seconde

3.1) Calcul de la pression de carburant nécessaire (+40 % de masse injectée)

L'injecteur est identique (S constant), le temps d'injection est le même pour les 2 carburants.

Q3.1.1) En formant le rapport des masses injectées $\frac{m_{inj,E85}}{m_{inj,E10}}$ donner l'expression littérale de la $\Delta P(E85)$.

Q3.1.2) Déterminer la valeur de la nouvelle Δp pour l'E85 et la pression (absolue) de carburant nécessaire pour un fonctionnement à l'E85.

3.2) Définition du réglage du régulateur de pression

Analyse de la circulation des flux.

Q3.2.1) Sur le schéma **DT3 figure 2** apparaissent des échanges de fluides avec le régulateur repérés (a), (b) et (c). Pour chacun d'eux, indiquer la nature de ce fluide (gaz ou carburant) et sa provenance ou sa destination selon le cas (**sur copie**).

Analyse des efforts exercés sur la membrane.

Hypothèses complémentaires et notations :

- Les pressions du carburant et des gaz sont supposées uniformes et exprimées en pression absolue.
- Les liaisons sont supposées parfaites et sans adhérence.
- On note
 - p_{carb} la pression du carburant dans la rampe,
 - p_{gaz} la pression dans le collecteur d'admission,
 - tous les efforts seront notés $\vec{F}_{i \rightarrow j}$ avec
 - j: le repère du solide isolé,
 - i: le repère du solide à l'origine de l'effort (si fluide, alors i= carb ou gaz).
 - $R(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ repère d'étude (voir **DT2**).
 - On rappelle qu'il n'y a pas contact entre la **membrane 4** et le **siège fixe 3**.

On isole la **membrane 4** + le **clapet 5** : **Système Matériel Isolé (SMI) = {4+5}** (Document réponse **DR1**).

Pour un fonctionnement normal ($p_{\text{carb}} > p_{\text{atmo}}$, $p_{\text{gaz}} < p_{\text{atmo}}$, ressort comprimé) :

Q3.2.2) Réaliser l'inventaire des actions mécaniques extérieures au SMI {4+5} s'exerçant sur le SMI {4+5} (**sur copie**).

Les efforts sont écrits sous la forme :

$$\vec{F}_{i \rightarrow 4} \begin{matrix} X_{i \rightarrow 4} \\ Y_{i \rightarrow 4} \\ Z_{i \rightarrow 4} \end{matrix} \quad \text{ou} \quad \vec{F}_{i \rightarrow 5} \begin{matrix} X_{i \rightarrow 5} \\ Y_{i \rightarrow 5} \\ Z_{i \rightarrow 5} \end{matrix}$$

$(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$

Q3.2.3) Représenter ces actions mécaniques sur la figure du document **DR1 figure 1**.

Q3.2.4) **Sur copie**, donner l'équation algébrique sur l'axe (O, \vec{x}) traduisant le principe fondamental de la statique appliqué au SMI {4+5}.

Étude de l'effort développé par le carburant.

Q3.2.5) **Sur le document DR1 figure 2**, surligner **en rouge** la surface utile de la membrane sur laquelle s'applique la pression du carburant p_{carb} .

Puis, donner l'expression littérale de cette surface utile que l'on appellera S_{carb} (**sur copie**).

Q3.2.6) Exprimer littéralement l'effort qu'exerce le carburant sur la membrane **4** $F_{\text{carb} \rightarrow 4}$ en fonction de p_{carb} (**sur copie**).

Étude de l'action mécanique développée par les gaz du collecteur d'admission à la pression p_{gaz} .

Q3.2.7) Au repos, **sur le document DR1 figure 2**, surligner **en bleu** la surface projetée sur laquelle agissent les gaz p_{gaz} . Donner l'expression littérale de cette surface projetée que l'on appellera S_{gaz} (**sur copie**).

Q3.2.8) Exprimer littéralement l'effort qu'exercent les gaz sur le clapet **5** et la membrane **4** $F_{\text{gaz} \rightarrow 4+5}$ en fonction de p_{gaz} (**sur copie**).

Étude de l'effort exercé par le ressort 8 sur le clapet 5. DT3

Q3.2.9) **Sur copie**, écrire la relation liant la composante algébrique de l'effort $\vec{F}_{8 \rightarrow 5}$ et la flèche f .

Q3.2.10) **Sur copie**, à partir de la réponse à la question 3.2.4), donner (en projection sur l'axe (O, \vec{x})) l'expression littérale de la pression carburant p_{carb} , en fonction de la pression des gaz p_{gaz} et des surfaces S_{carb} et S_{gaz} .

Q3.2.11) **Sur copie**, démontrer que la pression du carburant peut s'écrire sous la forme :

$$p_{\text{carb}} \text{ (bar)} = A \times f \text{ (mm)} + B \times p_{\text{gaz}} \text{ (bar)} \text{ avec } A=1,071 \text{ et } B=0,944$$

$$\text{avec } S_{\text{carb}} = 700 \text{ mm}^2 \text{ et } S_{\text{gaz}} = 661 \text{ mm}^2$$

Q3.2.12) Dans ces conditions, quelle flèche du ressort faut-il régler pour obtenir une pression absolue de carburant de 6 bars si la pression absolue dans le collecteur d'admission est de 0,5 bar (**sur copie**) ?

PARTIE 4 : Kit Flexfuel

Les informations utiles à cette partie se trouvent sur le document DT1.

4.1) Validation de l'injecteur

La vérification se fera pour le point de puissance maxi.

Vérification du débit statique maxi

Q4.1.1) À partir de la puissance P_{maxi} et de la CSE correspondante calculer le débit massique d'E10 pour un injecteur : $q_{m_{E10}}$ en $g \cdot s^{-1}$.

Q4.1.2) Calculer le débit massique d'un injecteur pour de l'E85, en considérant que le débit massique de l'E85 doit être de 40% supérieur à celui de l'E10.

On considère que le débit maxi à injecter par cylindre en E85 est égal à 2.5 g.s⁻¹.

Q4.1.3) À partir du graphe DT1, calculer le débit statique (Q_s) de l'injecteur et le comparer à la valeur du débit maxi à injecter. Conclure sur la capacité de fonctionnement de l'injecteur.

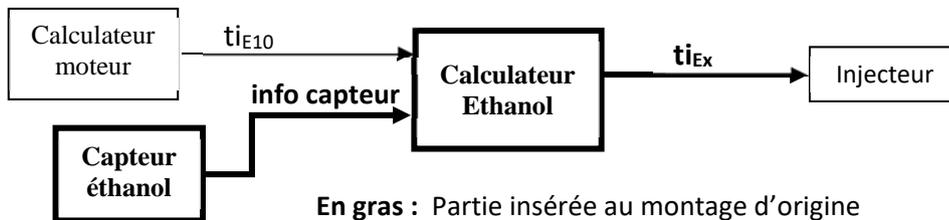
4.2) Définition de la stratégie de commande de l'injecteur

L'objectif est de définir la stratégie de commande à intégrer dans le calculateur éthanol à l'aide des données du capteur de mesure du % d'éthanol.

On appellera Ex un mélange d'essence et d'éthanol comportant x% d'éthanol.

Stratégie de commande

- L'intégration du calculateur éthanol et du capteur éthanol sont effectués suivant la représentation ci-dessous :



- Le temps d'injection du carburant à x% d'éthanol (ti_{Ex}) s'exprime ainsi :

$$ti_{Ex} = \sqrt{\frac{\rho_{E10}}{\rho_{Ex}}} \times ti_{E10} \times k_m$$

avec $\rho_{E10} = 754 \text{ kg.m}^{-3}$ et k_m le coefficient de correction massique.

- Le schéma bloc du document réponse **DR2** représente la retranscription de la formule dans le calculateur éthanol.

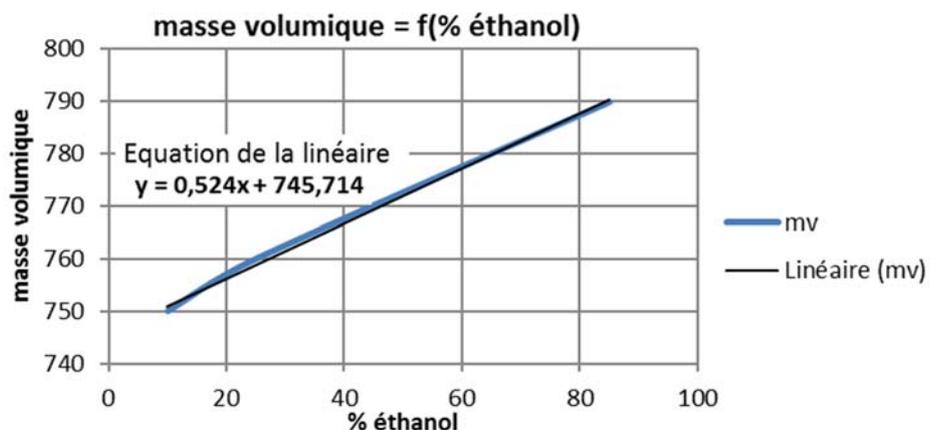
Interprétation du signal du capteur d'éthanol : détermination du pourcentage d'éthanol

Q4.2.1) À partir de la courbe caractéristique du capteur d'éthanol (**DT4**), déterminer la relation permettant de calculer le % d'éthanol.

Q4.2.2) Sur le document **DR2**, compléter la partie du schéma-bloc correspondant à l'interprétation du signal du capteur (placer les opérateurs et les constantes manquants) en utilisant les symboles donnés dans le tableau.

Prise en compte de la masse volumique du carburant Ex (ρ_{Ex}) :

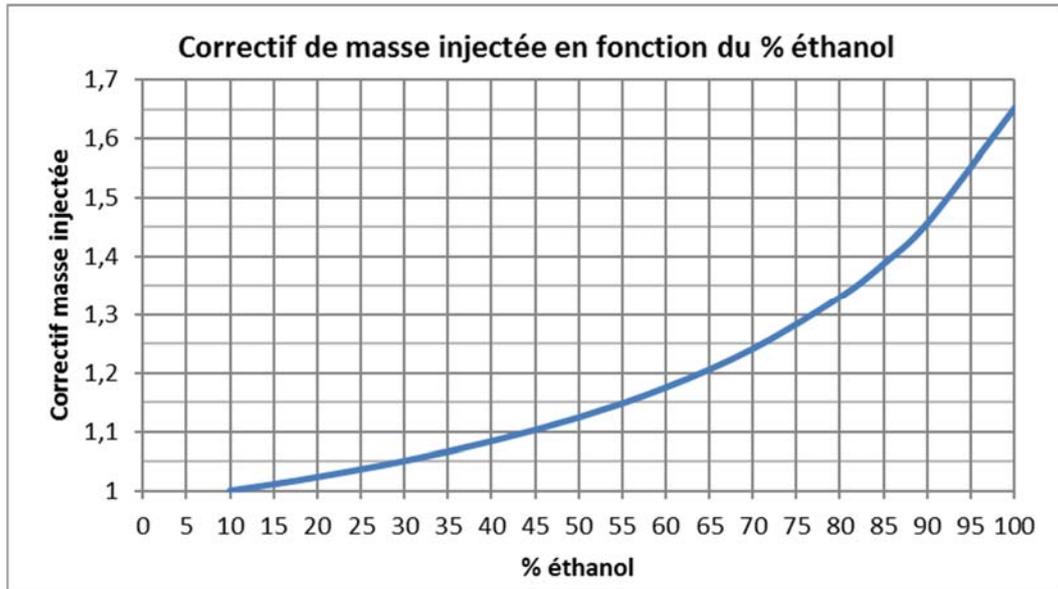
La masse volumique du carburant Ex varie en fonction du % d'éthanol selon la courbe caractéristique ci-contre.



Q4.2.3) Compléter sur le document **DR2** la partie du schéma-bloc correspondant à la prise en compte de la masse volumique du carburant Ex, en indiquant la valeur des constantes.

Détermination du correctif de la masse injectée en fonction du carburant Ex (k_m : correctif massique).

Le correctif massique k_m varie en fonction du % d'éthanol suivant la courbe caractéristique ci-dessous :



Q4.2.4) Le coefficient correctif massique k_m sera implémentée dans cartographie 1D en 5 points. Proposer une table de « points » (« breakpoints (X,Y)») permettant de construire cette cartographie en première approche.

Q4.2.5) Compléter **sur le document DR2** la partie du schéma-bloc correspondant.

Finalisation de la stratégie

Q4.2.6) À l'aide de la relation définissant le temps d'injection t_{iEX} , compléter le schéma-bloc **sur le document DR2**.

DOCUMENT TECHNIQUE DT1 : données moteur et injecteur

Cylindrée totale : 1600 cm³ ; nbr de cylindres : 4

Puissance maxi = 90 kW à 6000 tr/min

Remplissage Air Standard à Pmaxi : RAS = 0.85 ; ρair standard : 1.2 kg.m⁻³ ; A/F de E85 : 10.5

CSE à Pmaxi = 290 g.kw⁻¹.h⁻¹

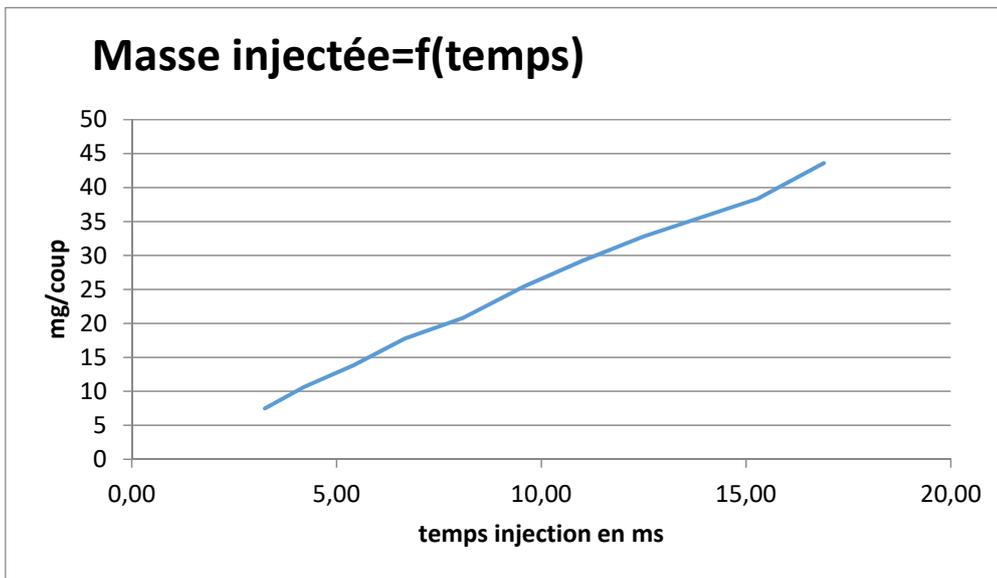
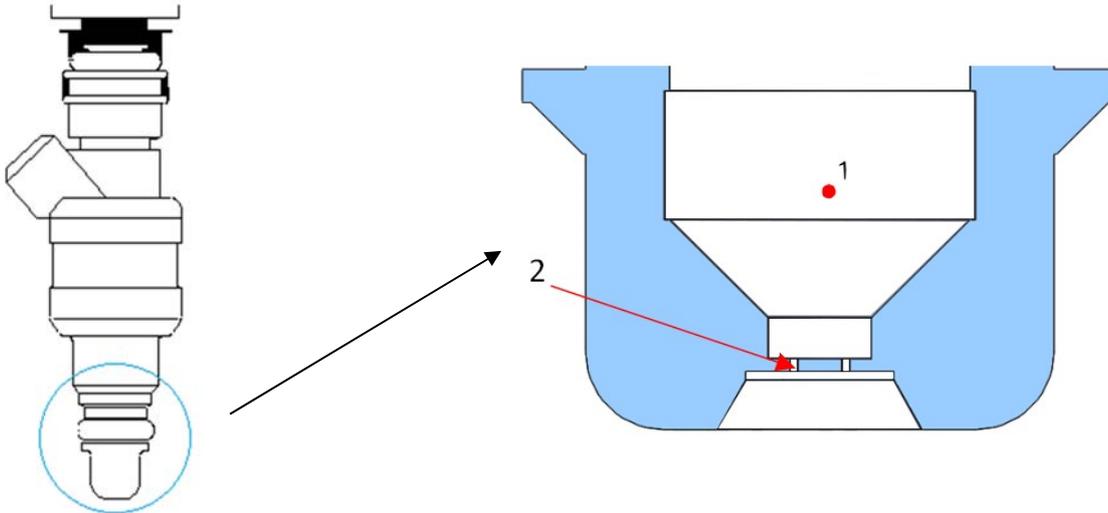
Prix E10 : 1.3 euro/litre

prix : E85 : 0.6 euro/litre

Consommation moyenne d'un véhicule fonctionnant à l'E10 = 6 litres / 100 km

Masses molaires en g.mol⁻¹ : C = 12 O = 16 H = 1 N = 14

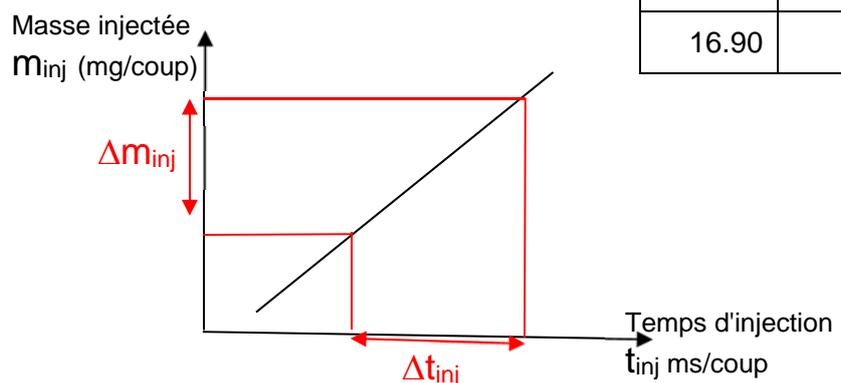
On donne pour l'injecteur :



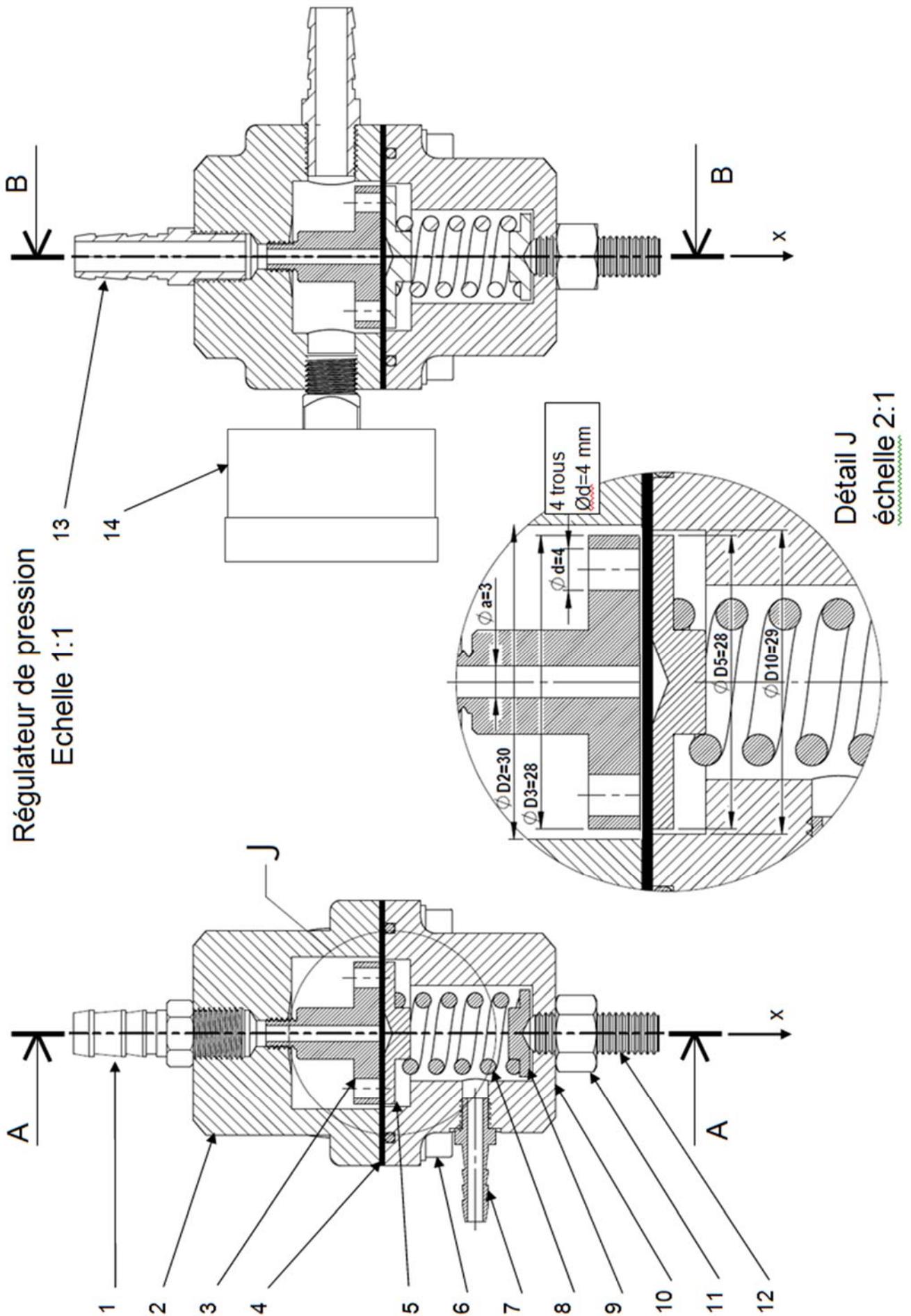
temps injection	mg/coup
3.25	7.48
4.21	10.64
5.42	13.84
6.67	17.76
8.08	20.8
9.58	25.44
11.00	29.2
12.50	32.8
15.30	38.4
16.90	43.6

Le débit statique est défini comme :

$$Q_s = \frac{\Delta m_{inj}}{\Delta t_{inj}}$$



DOCUMENT TECHNIQUE DT 2 : représentation du régulateur de pression



DOCUMENT TECHNIQUE DT3 : principe de fonctionnement du régulateur de pression

On rappelle l'architecture du circuit carburant classique (figure 1)

Dans le cas présent (système conventionnel avec retour), le carburant pompé du réservoir est envoyé à travers un filtre et une conduite de refoulement dans la rampe distributrice de carburant chargée d'alimenter les injecteurs.

Un régulateur de pression placé en bout de rampe maintient une différence de pression constante. Sur les systèmes d'alimentation avec retour, un raccord du régulateur est relié au collecteur d'admission. On obtient donc le même rapport de pressions au niveau des injecteurs et au niveau de la membrane.

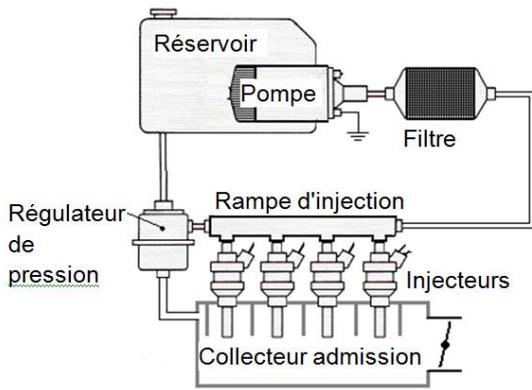


Figure 1 : Architecture du circuit de carburant

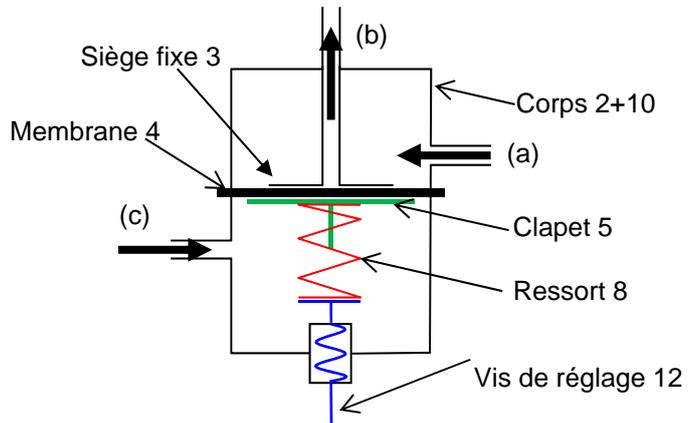


Figure 2 : Schéma du régulateur de pression

Rôle et fonctionnement du régulateur de pression (Figure 2) et DT2

Le rôle du régulateur de pression est de maintenir des rapports de pression définis dans le système d'alimentation. Il se présente sous la forme d'un régulateur de trop plein asservi à une membrane de commande.

Cette membrane divise le régulateur de pression en deux chambres : l'une est soumise à l'effet de la pression du carburant, l'autre à l'action d'un ressort et à l'effet de la pression du collecteur d'admission. Un film de carburant sépare constamment la membrane 4 du siège fixe 3 (en liaison encastrement avec le corps 2).

Pour un état stable du régulateur (équilibre prolongé des efforts en présence) une fuite régulière de carburant est maintenue du régulateur vers le réservoir.

Dès que la force exercée par la pression du carburant sur la membrane 4 est supérieure à la force du ressort 8 et à la force des gaz, la membrane 4 se déforme, augmentant le jeu avec le siège fixe 3. Le clapet 5 se déplace et la membrane 4 laisse passer une quantité de carburant telle qu'un équilibre des forces est rétabli sur la membrane 4 qui revient en position repos.

De plus, le tarage du ressort par une vis de réglage permet d'ajuster le seuil de pression.

Caractéristiques du montage du ressort :

Ressort

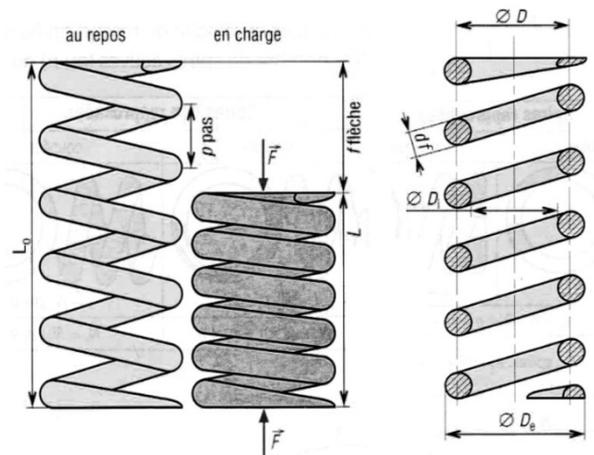
Lors de son montage avec la vis de réglage 12, le ressort peut être monté sans précontrainte.

Cela signifie que lorsque la vis 12 est desserrée, le ressort n'exerce aucun effort sur le clapet 5.

La course maxi de la vis de réglage (et donc la flèche f_{max} du ressort) est de 6 mm.

Caractéristiques du ressort :

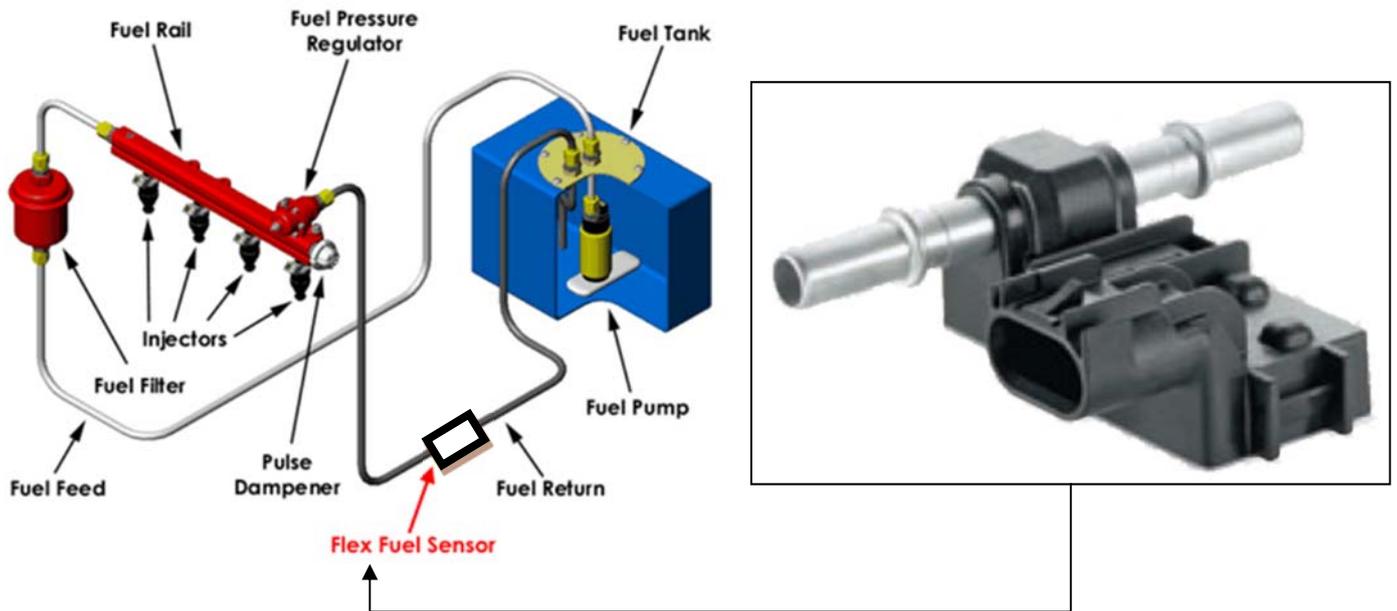
- Raideur : $k=75 \text{ N.mm}^{-1}$
- Nombre de spires utiles : $n = 4$
- Diamètre d'enroulement : $D = 13 \text{ mm}$
- Diamètre de fil : $df = 3 \text{ mm}$
- Longueur à vide : $L_0 = 24 \text{ mm}$
- Flèche max : $f_{max} = 6 \text{ mm}$
- Flèche courante f : $0 \leq f \leq 6 \text{ mm}$



DOCUMENT TECHNIQUE DT4 : capteur éthanol

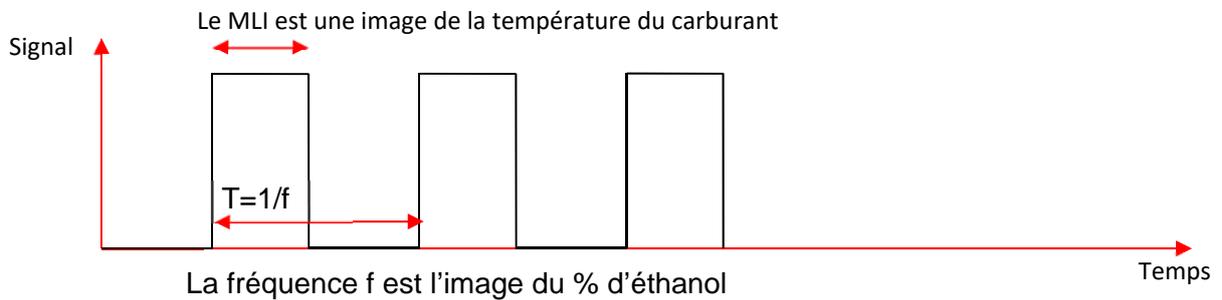
Il permet de mesurer 2 caractéristiques de l'éthanol :

- le taux d'éthanol dans le carburant de 0 à 100%.
- la température du carburant (non étudié dans ce sujet).

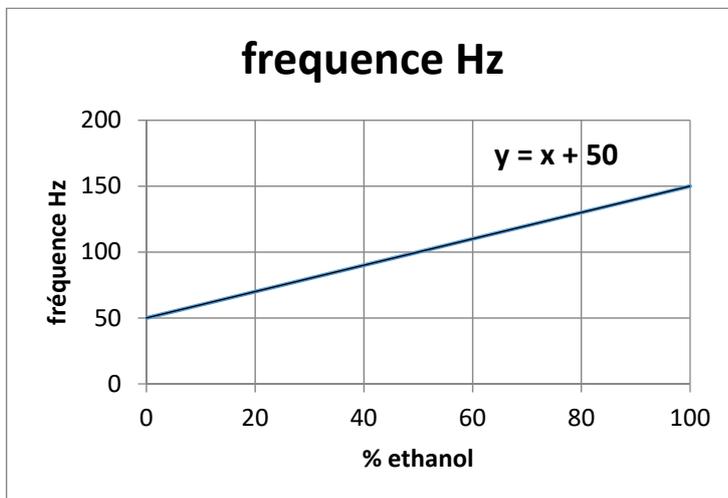


Le capteur délivre un signal « carré » :

- la longueur temporelle du créneau (MLI) représente la température du carburant (non étudié)
- la fréquence du signal représente le % d'éthanol.



Courbe caractéristique du capteur mesurant le taux d'éthanol



DOCUMENT TECHNIQUE DT5 : intérêt environnemental de l'éthanol

Bilan énergétique du puits à la roue :

Le carburant E85 présente un fort intérêt économique et environnemental lorsque le bilan énergétique s'évalue " du puits à la roue " .

L'éthanol incorporé dans le carburant étant d'origine renouvelable, la matière première végétale utilisée a consommé du CO₂ dans l'atmosphère pour une quantité équivalente aux émissions à l'échappement. Pour comparer l'intérêt des biocarburants par rapport aux combustibles fossiles en termes d'émission nette de CO₂, il faut tenir compte :

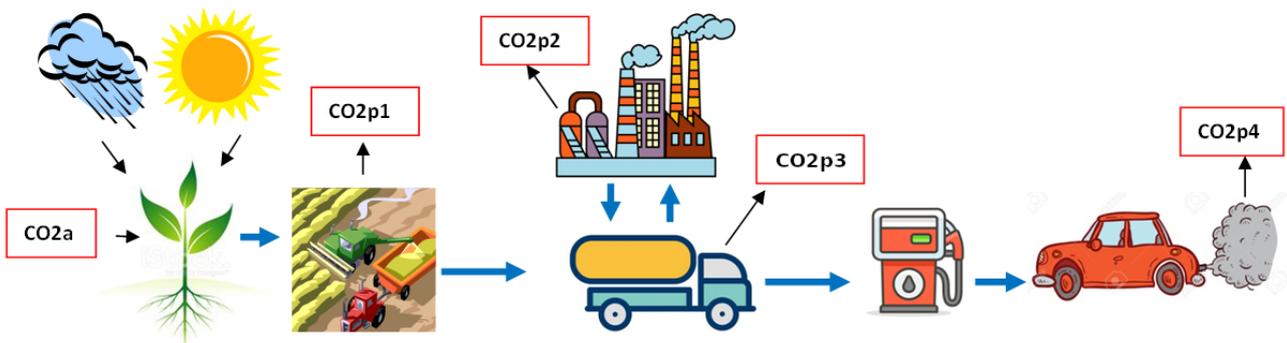
- de l'énergie fossile nécessaire pour produire les biocarburants (production de chaleur dans les distilleries, transport, etc...)
- de l'énergie fossile nécessaire pour produire les combustibles fossiles (extraction, transport, etc...)

Il est par conséquent intéressant de réaliser des évaluations "du puits à la roue" de la quantité de combustible fossile nécessaire pour la fabrication d'une unité d'énergie disponible pour propulser une voiture.

Du puits à la roue :

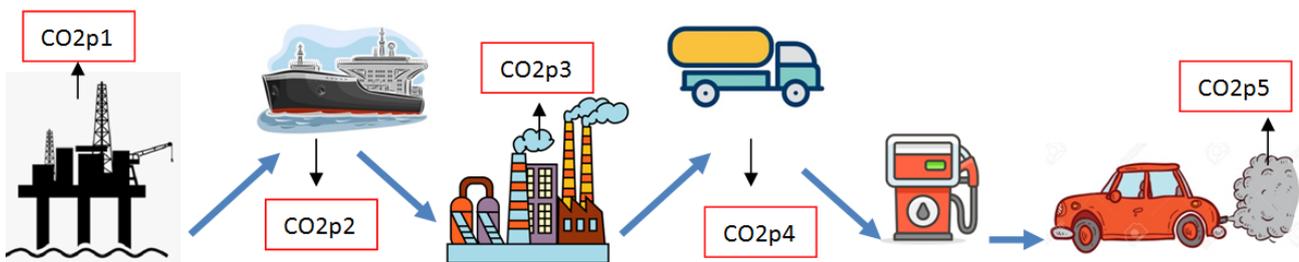
Notations: CO_{2a} = CO₂ absorbé CO_{2p} = CO₂ produit

Éthanol :



$$CO_2 \text{ final} = (CO_2p1 + CO_2p2 + CO_2p3 + CO_2p4) - CO_2a$$

Carburant fossile (SP95)



$$CO_2 \text{ final} = (CO_2p1 + CO_2p2 + CO_2p3 + CO_2p4 + CO_2p5)$$

Le bilan carbone du puits à la roue est très favorable au fonctionnement à l'éthanol, essentiellement du fait de la prise en compte du CO₂ absorbé par la plante lors de sa croissance qui vient en déduction du CO₂ produit.

DOCUMENT RÉPONSE DR1

3.2.3: Mettre en place les efforts exercés sur le SMI {4+5}

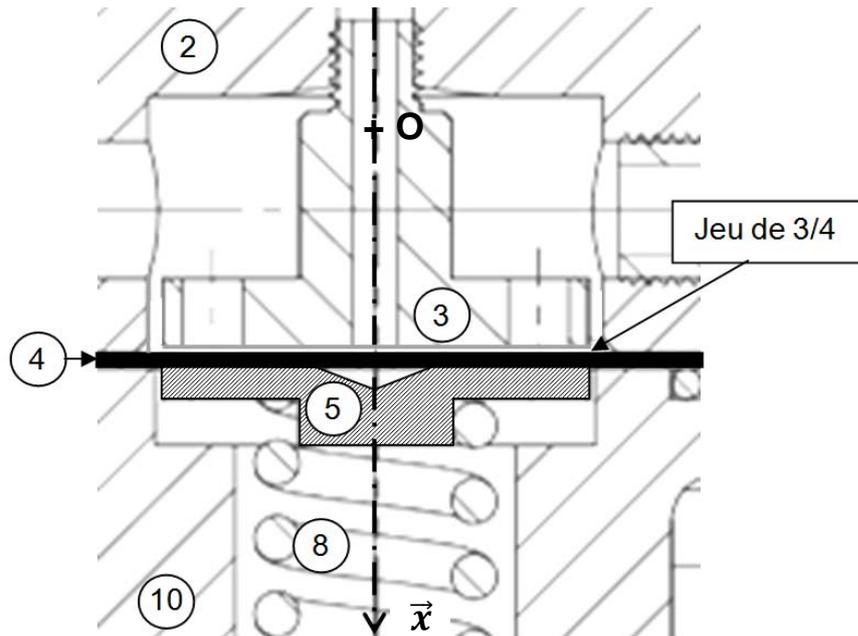


Figure 1
(environ échelle 2:1)

3.2.5: Surligner en rouge la surface utile de la membrane sur laquelle s'applique p_{carb} .

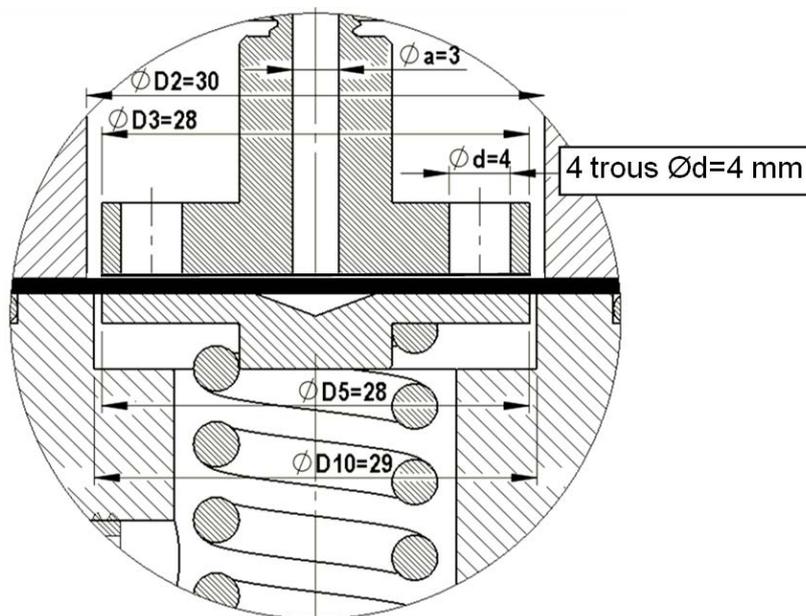
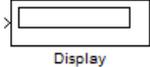
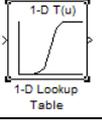
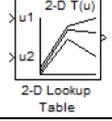
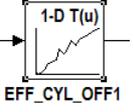
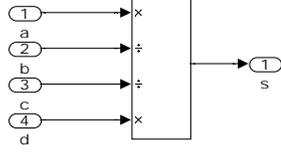
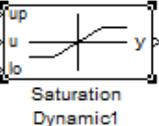


Figure 2
(environ échelle 2:1)

3.2.7: Sur la figure ci-dessus, au repos, surligner **en bleu** la surface projetée sur laquelle s'applique la pression des gaz p_{gaz} .

DOCUMENT RÉPONSE DR2

Tableau des exemples de symboles de schéma-blocs

 Display	afficheur	 Subtract	soustracteur
 Constant	constante	 Product	multiplicateur
 Add	sommateur	 Divide	diviseur
 1-D Lookup Table	<p>Cartographie d'Interpolation 1D</p> <p>↕</p> <p>La « forme » de la cartographie apparaît dans l'icône (ici carto 1D)</p>	 2-D Lookup Table	Cartographie d'Interpolation 2D
 EFF_CYL_OFF1			
 opérateur multiple	Exemple : plusieurs opérateurs x et /	$s = \frac{a \cdot d}{b \cdot c}$	
 Saturation Dynamic1	Limiteur haut / bas : la valeur de sortie est comprise entre les 2 limites « low » (basse) et « up » (haute)	 Gain	gain : multiplie la valeur d'entrée par le gain (100 dans cet exemple)

Formule du temps d'injection ti_{Ex}

$$ti_{Ex} = \sqrt{\frac{\rho_{E10}}{\rho_{Ex}}} \times ti_{E10} \times k_m$$

Schéma-bloc à compléter

