

**ETUDE D'UN SYSTEME PLURITECHNIQUE****Coefficient : 6    Durée de l'épreuve : 4 heures***Sont autorisés les calculatrices électroniques et le matériel habituel du dessinateur.**Aucun document ni manuel n'est autorisé.*

Le candidat doit disposer des feuilles 1/13 à 13/13. Les feuilles R1 et R2 sont à rendre obligatoirement avec la copie.

La répartition des points se fera de la façon suivante :

Analyse du système : 6 points

Calculs de vérification : 7 points

Production de solution : 7 points

**Distributeur de carburant GPL**

**NB : Il est demandé de répondre sur feuille de copie, sauf lorsqu'il est précisé de répondre sur document réponse.**

**Sommaire**

**PRESENTATION DU SYSTEME** ..... 1/13 à 7/13  
..... durée conseillée pour la lecture des pages 1/13 à 3/13 : 10 minutes

**ANALYSE DU SYSTEME** ..... 8/13 et 9/13  
..... durée conseillée : 1h20

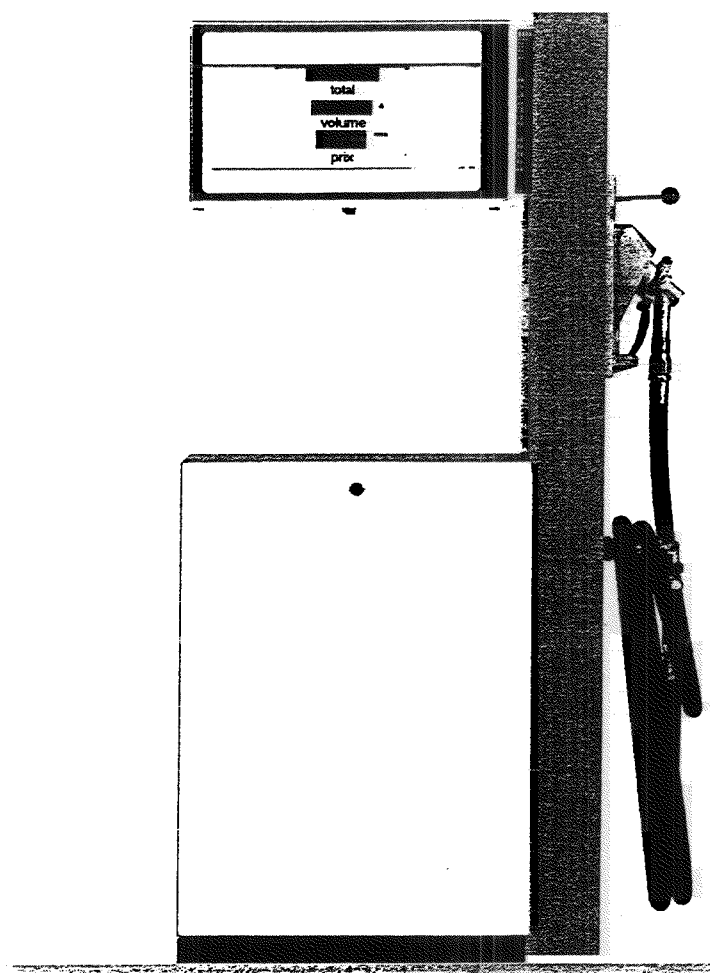
**CALCULS DE VERIFICATION** ..... 10/13 et 11/13  
..... durée conseillée : 1h20

**PRODUCTION D'UNE SOLUTION** ..... 12/13 et 13/13  
..... durée conseillée : 1h10

**DOCUMENTS REPONSES** ..... R1 et R2

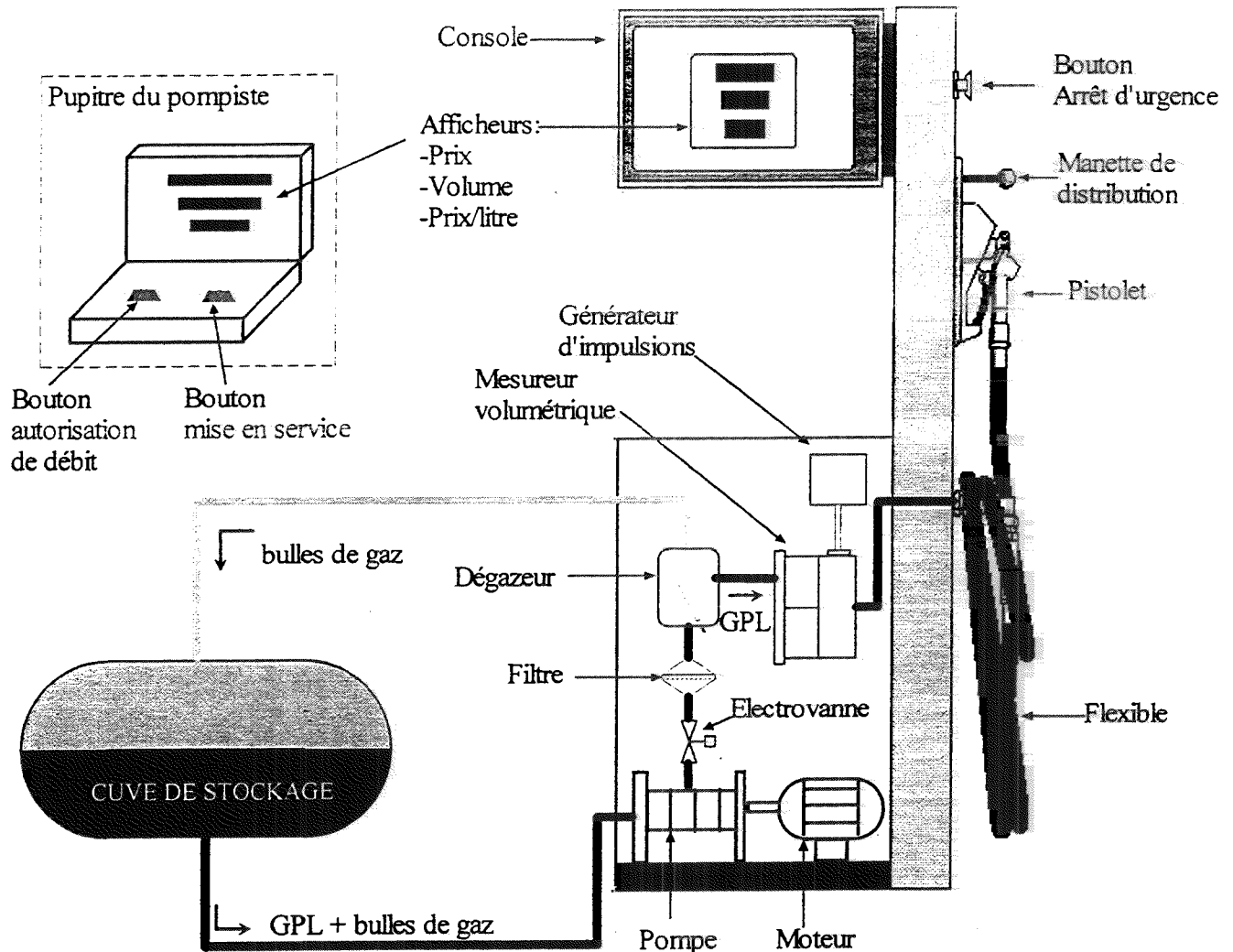
# PRESENTATION DU SYSTEME

## Distributeur de carburant GPL



## Mise en situation

Le système, placé dans une station service, permet la distribution de carburant GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) stocké dans une cuve vers le réservoir des véhicules automobiles. Il calcule et affiche le prix à payer en fonction du volume de carburant GPL délivré.



## Description du système

Lors de la distribution, le GPL contenu dans la cuve de stockage est mis en mouvement par une électropompe (moteur + pompe).

Une électrovanne autorise le passage vers un dégazeur dont le rôle est de séparer les bulles de gaz et le GPL (celles-ci apparaissent lors de la circulation du GPL dans les canalisations).

Les bulles de gaz ainsi séparées retournent dans la cuve de stockage.

Le GPL passe alors dans le mesureur volumétrique puis dans le flexible pour atteindre le pistolet.

Remarque : Le S.I.M. (Service des Instruments et Mesures) impose, dans toute transaction, de mesurer la quantité de GPL sans bulle de gaz (sinon la mesure de la quantité de GPL délivrée est fautive).

## PRESENTATION DU SYSTEME

Pendant la distribution, le générateur d'impulsions envoie vers une carte électronique, un nombre d'impulsions qui est fonction du volume de GPL traversant le mesureur volumétrique.

Cette carte compte les impulsions pour calculer le volume délivré et le prix à payer. Ces informations sont transférées vers les afficheurs de la console et vers le pupitre du pompiste.

### Principe de la distribution du carburant GPL

( Voir grafcet page 3/13 )

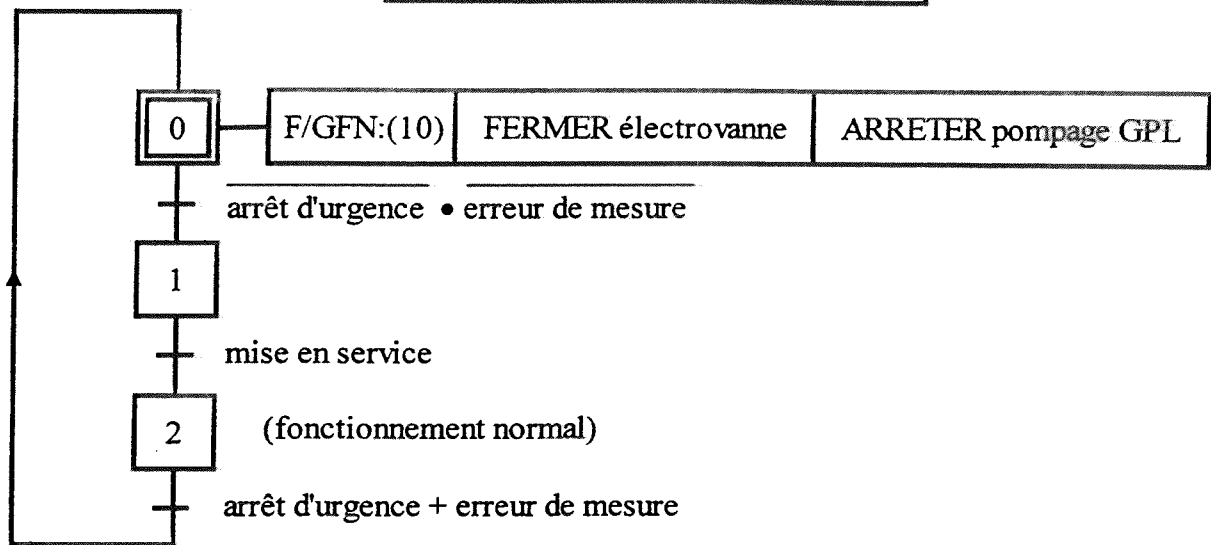
- Le client décroche le pistolet pour le raccorder au réservoir du véhicule.
- Le pompiste permet la distribution du GPL (bouton autorisation de débit).
  - Le GPL est alors pompé jusqu'à l'électrovanne tandis que les afficheurs du prix et du volume sont remis à zéro (étape 11).
- Le maintien de la manette de distribution en position "débit" commande :
  - l'ouverture de l'électrovanne permettant la distribution du GPL vers le réservoir du véhicule (étape 12).
  - la mesure du volume de GPL délivré (étape 12).
  - l'affichage du volume délivré et du prix sur la console et sur le pupitre du pompiste (étape 12).
- La fermeture de l'électrovanne, stoppant la distribution du GPL vers le réservoir (étape 13), est provoquée lorsque la manette de distribution est relâchée (position "repos") ou dès que le réservoir est plein.
- Si le réservoir n'est pas plein et s'il le désire, le client dispose de 15 secondes pour reprendre la distribution.
- Une nouvelle distribution (nouveau client) est possible lorsqu'un délai de 10 secondes s'est écoulé après l'arrêt du pompage du GPL (étape 14) et le raccrochage du pistolet.

**Sécurité:** L'appui sur le bouton « arrêt d'urgence » ou la détection d'une erreur de mesure provoque la fermeture de l'électrovanne et l'arrêt du pompage du GPL.

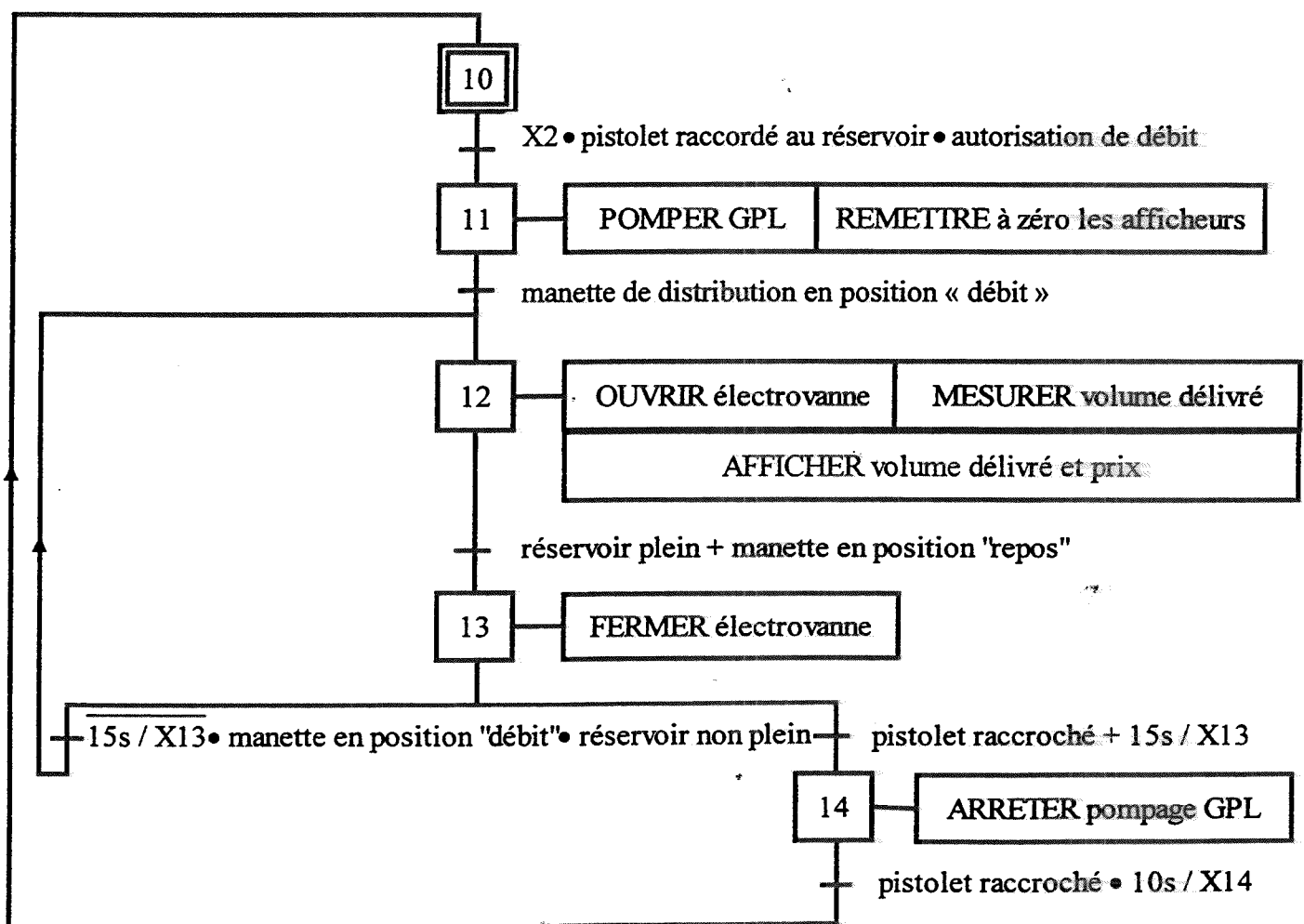
***A la suite de la lecture des pages 1/13 à 3/13, nous conseillons au candidat d'aborder le questionnaire commençant page 8/13.  
Les pages 4/13 à 7/13 seront à consulter au cours de ce questionnaire.***

Grafcet de spécification de la partie commande

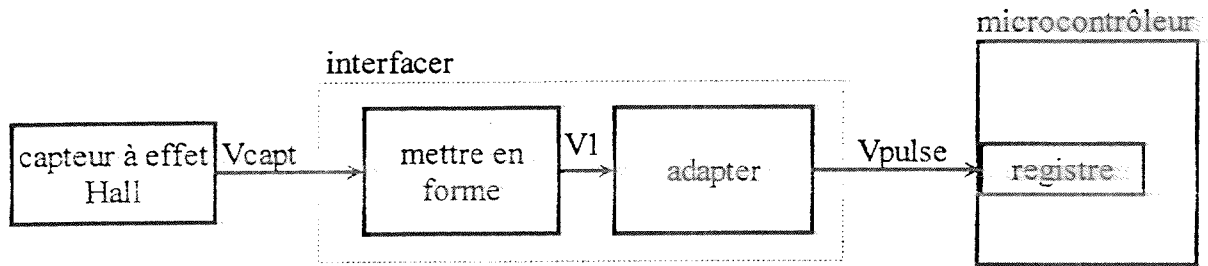
## GS: GRAFCET de SECURITE



## GFN: GRAFCET de Fonctionnement Normal



## Synoptique de l'interface entre le capteur et le microcontrôleur

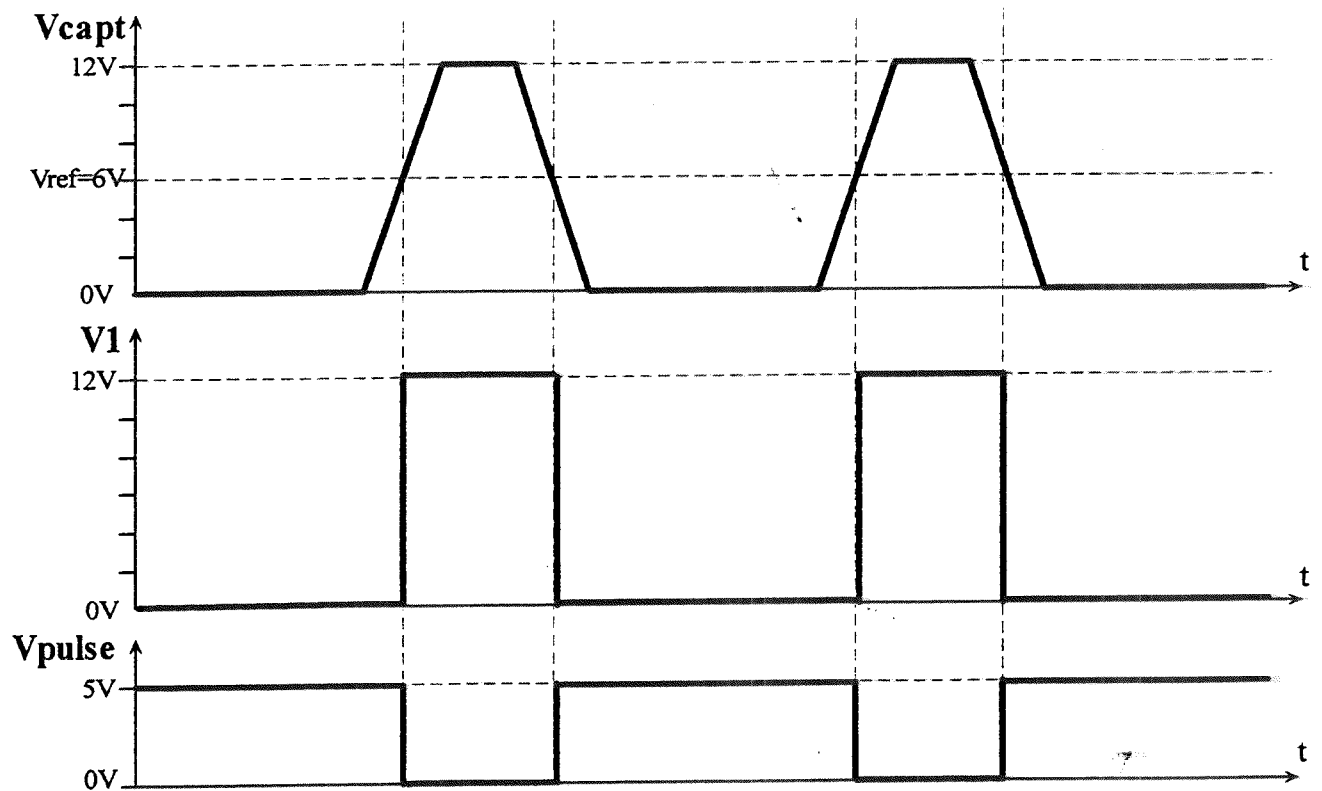


### Remarque sur le capteur à effet Hall :

Capteur de proximité qui délivre un signal électrique  $V_{capt}$  (voir ci-dessous) à chaque passage d'un élément magnétique dans sa zone de détection.

On utilise ici, un disque mobile en rotation composé de 20 secteurs magnétiques en ferrite. (Rep : 53 page 5/13).

## Chronogrammes des signaux de la fonction "interfacer"



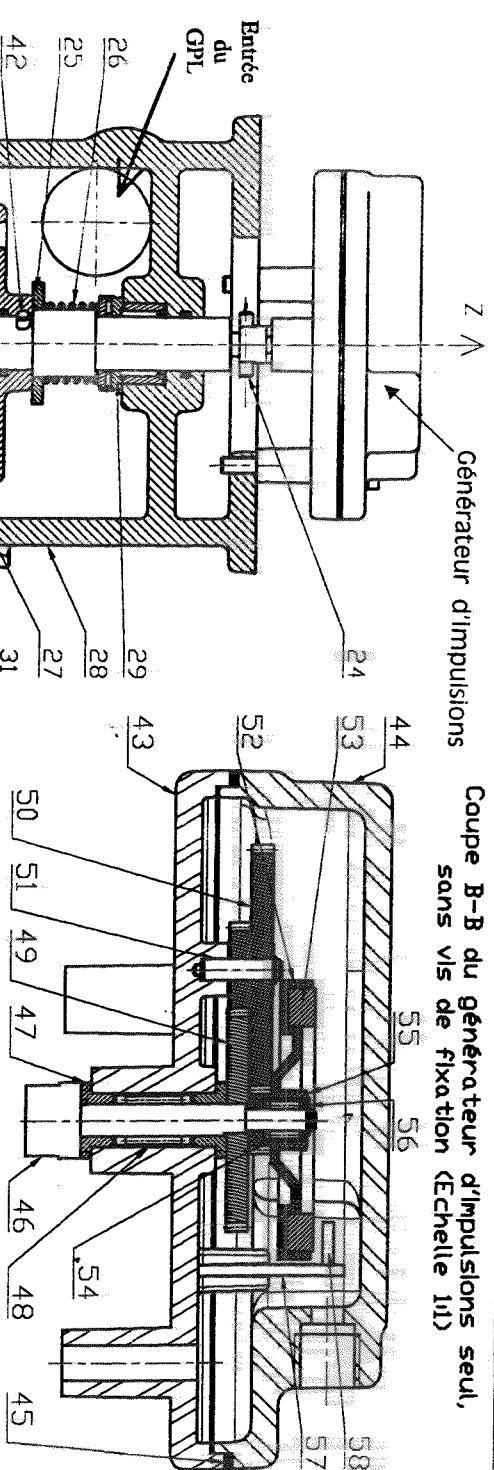
Le capteur à effet HALL génère des impulsions  $V_{capt}$  d'amplitude 12V, pouvant être parasitées.

La fonction "mettre en forme", fournit la tension  $V1$  d'amplitude 12V à partir du signal  $V_{capt}$ .

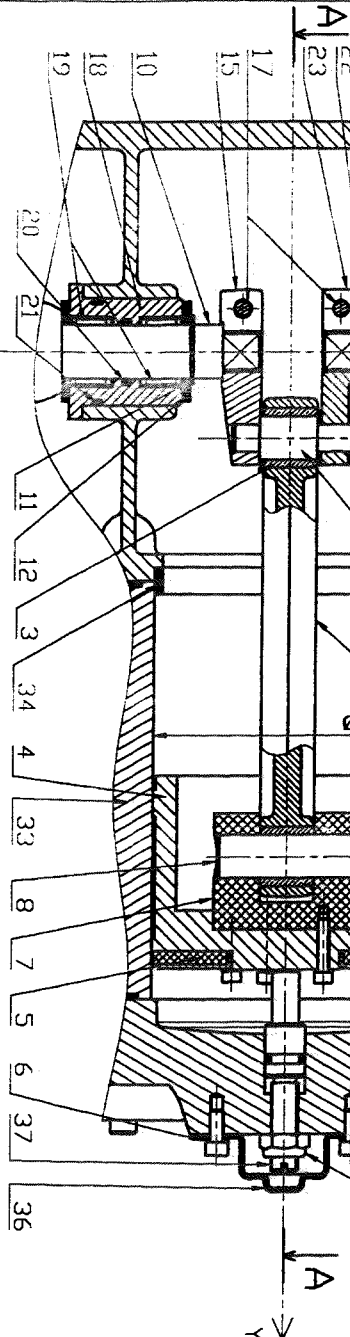
La fonction "adapter" fournit la tension  $V_{pulse}$  d'amplitude 5V à partir du signal  $V1$ .

Le microcontrôleur, alimenté en 5V, compte les fronts descendants des signaux  $V_{pulse}$  d'amplitude 5V.

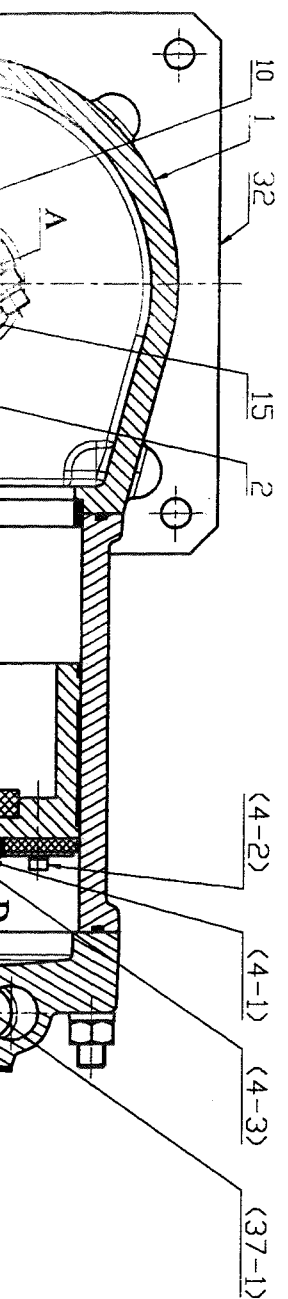
Coupe B-B du générateur d'impulsions seul,  
sans vis de fixation (Echelle 1/1)

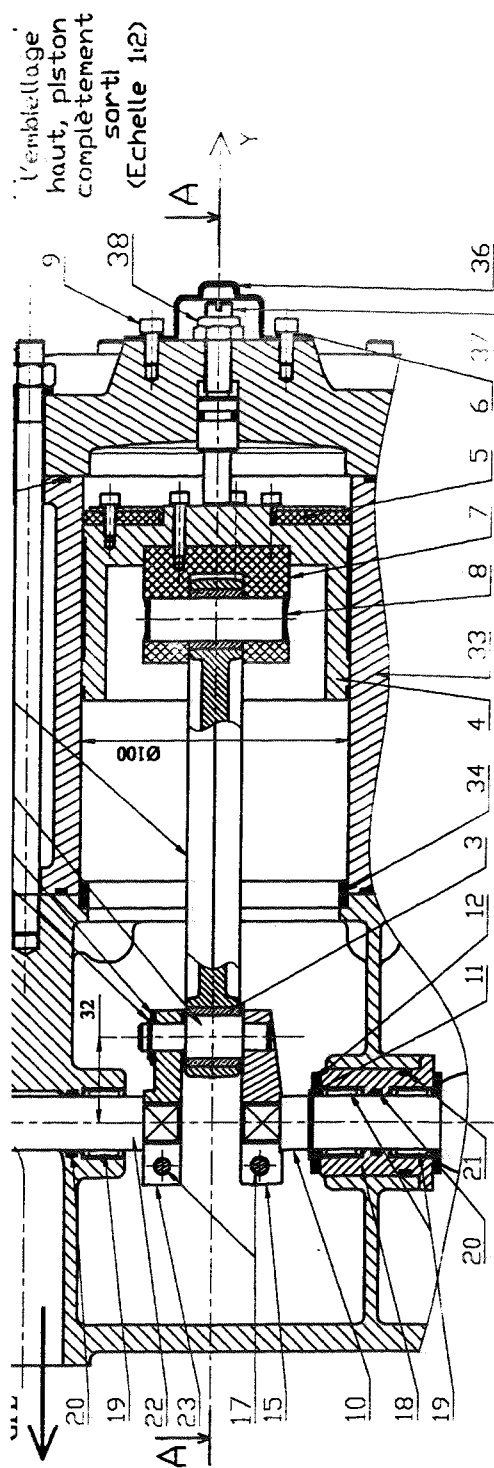


Coupe B-B  
partielle ne  
faisant  
apparaître que  
l'embellage  
haut, piston  
complètement  
sorti  
(Echelle 1/2)

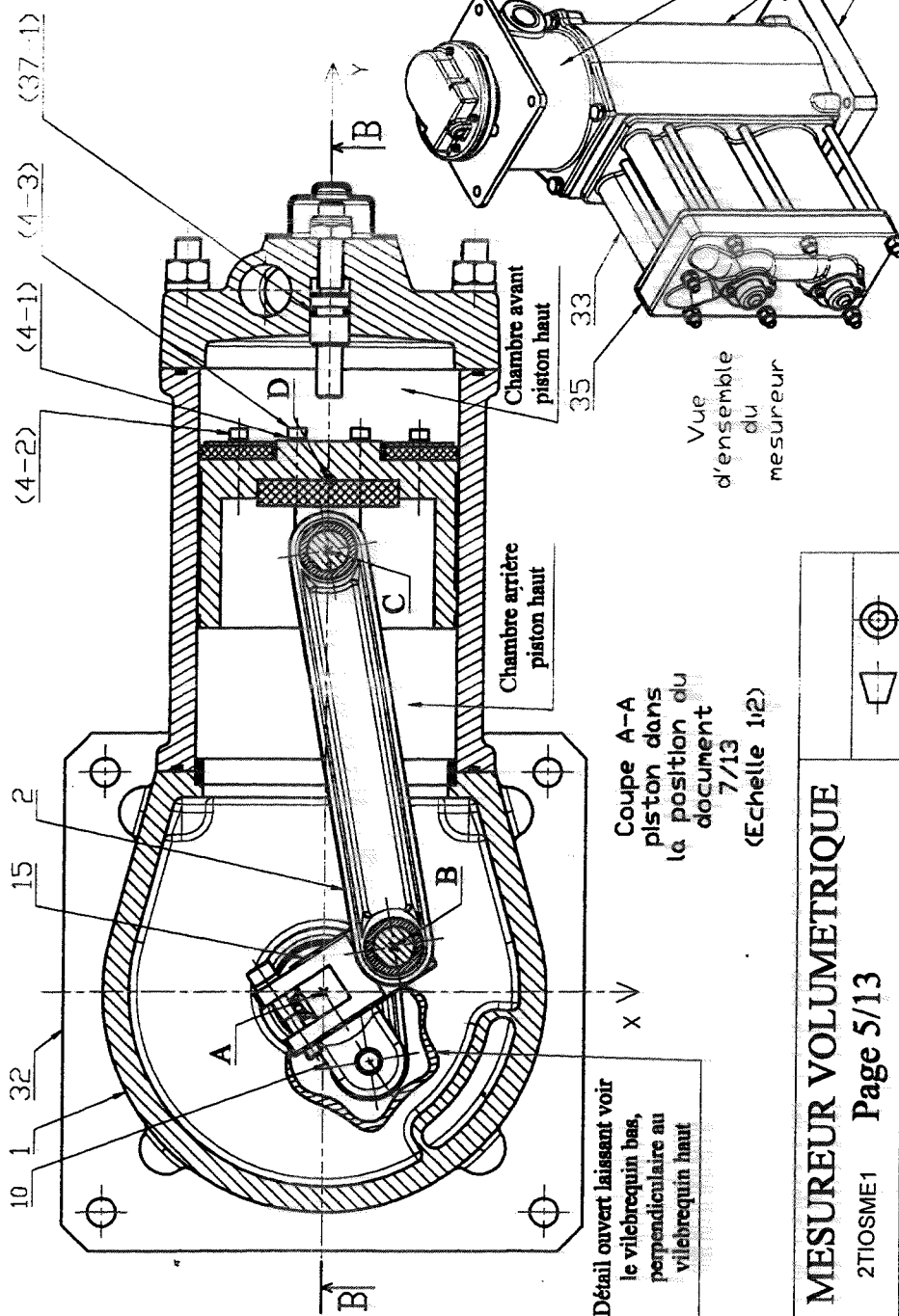


N.B. : Les vues en coupe A-A et B-B représentent le mesureur volumétrique dans deux positions différentes





N.B. : Les vues en coupe A-A et B-B représentent le mesureur volumétrique dans deux positions différentes



## PRESENTATION DU SYSTEME

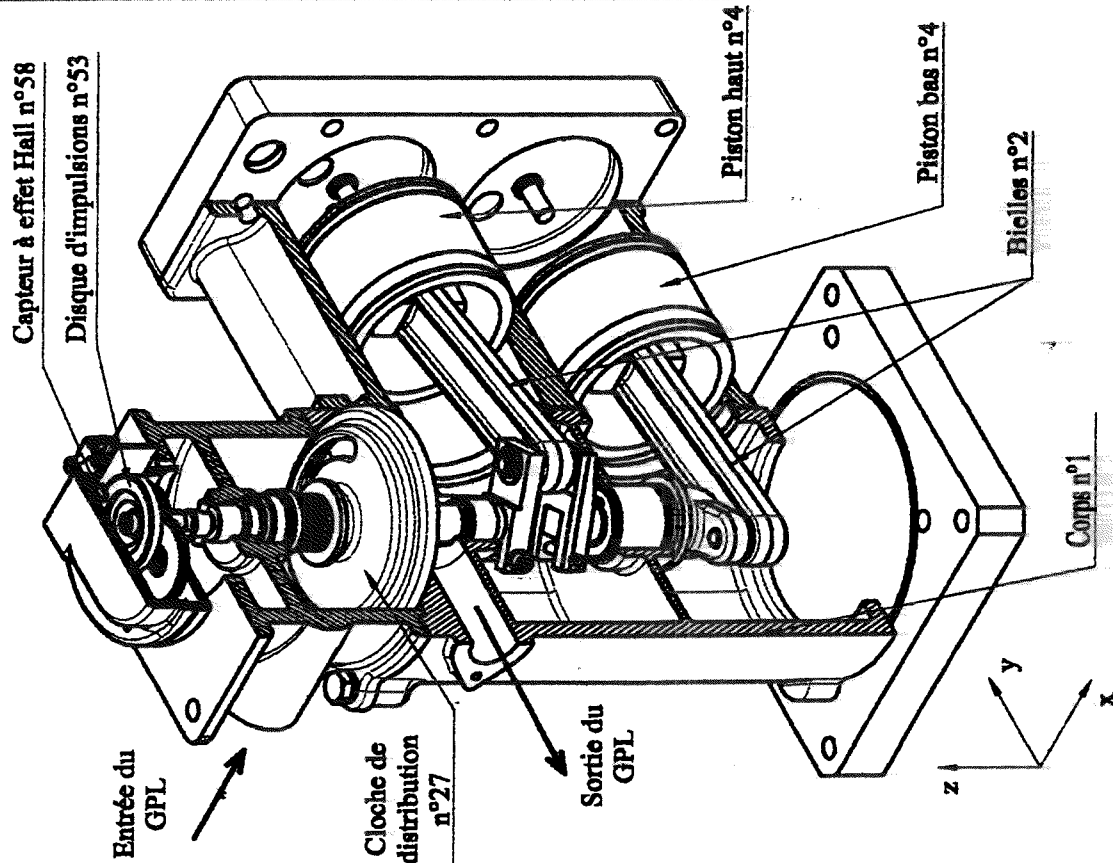
58	1	Capteur à effet Hall	
57	1	Carte capteur	
56	2	Anneau élastique pour arbre Ø 4x1	Acier
55	4	Rondelle de friction Ø 4x10x0.2	Acier
54	1	Roue libre pour arbre Ø 4	Acier
53	1	Disque d'impulsions (20 secteurs magnétiques)	Ferrite
52	1	Support de disque Z4=14 dents	Delrin
51	1	Axe intermédiaire du générateur	Acier
50	1	Roue étagée Z2=20 dents, Z3=56 dents	Delrin
49	1	Roue d'entrée Z1=50 dents	Acier
48	1	Roue libre pour arbre Ø 6	Acier
47	2	Coussinet à collerette 6x6	Bronze
46	1	Axe principal du générateur	Acier
45	1	Joint de générateur d'impulsions	Néoprène
44	1	Couvercle du générateur d'impulsions	Alliage Al
43	1	Base du générateur d'impulsions	Alliage Al
42	1	Goupille de cloche	Acier
41	7	Rondelle, W10	Acier
40	7	Ecrin H, M 10	Acier
39	7	Tirant M10	Acier
38	2	Ecrin auto-freiné H FR, M 10	Acier
37-1	1	Joint torique pour arbre Ø 12x2.62	
37	2	Axe de réglage de course	Acier
36	2	Cache réglage	Acier
35	1	Culasse	Fonte
34	2	Bague de centrage chemise	Acier
33	1	Chemise	Fonte
32	1	Fond	Fonte
31	2	Joint torique à montage axial pour chemise	Nitrile
30	1	Joint torique à montage axial pour couvercle	Nitrile
29	1	Roulement à aiguilles combiné RAXPZ 420	Acier
28	1	Couvercle	Fonte

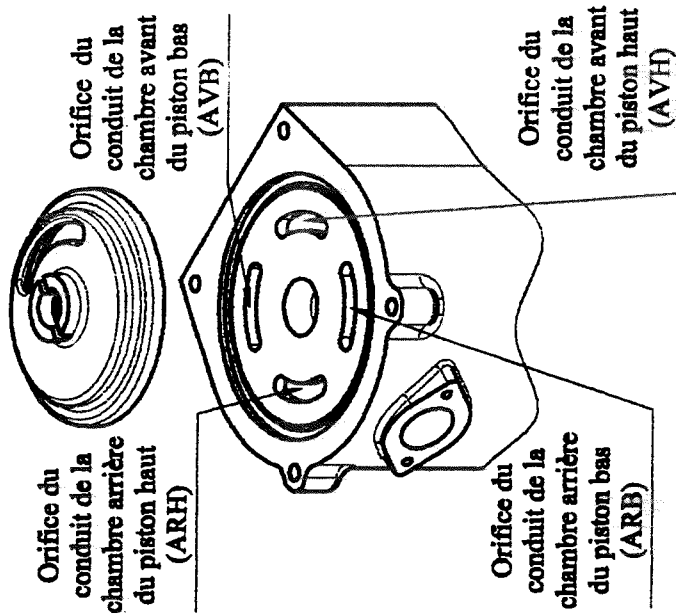
27	1	Cloche de distribution	Acier
26	1	Ressort de cloche	Acier
25	1	Rondelle d'appui ressort	Acier
24	1	Goupille de reprise	Acier
23	1	Vilebrequin de reprise	Acier
22	1	Axe de reprise	Acier
21	1	Joint torique pour arbre Ø 40x2.62	Nitrile
20	3	Joint torique pour arbre Ø 20x2.62	Nitrile
19	3	Douille à aiguille HK 20x16	Acier
18	1	Boîtier de roulements	Acier
17	2	Vis C Hc, M6-30	Acier
16	1	Axe bielle haut	Acier
15	1	Vilebrequin haut	Acier
14	1	Anneau élastique pour arbre Ø 16x1	Acier
13	3	Bague de friction bielle	Acier
12	2	Bague de friction vilebrequin	Acier
11	1	Anneau élastique pour arbre Ø 20x1.2	Acier
10	1	Vilebrequin bas	Acier
9	4	Vis C Hc, M5-12	Acier
8	2	Axe Piston – Bielle	Acier
7	2	Noix	Nitrile
6	4	Rondelle, W5	Acier
5	2	Joint de piston	Composite
4-3	3	Vis C Hc, M4-20	Acier
4-1	6	Rondelle W4	Acier
4-2	3	Vis C Hc, M4-12	Acier
4	2	Piston	Acier
3	4	Coussinet de bielle 22x20	Bronze
2	2	Bielle	Acier
1	1	Corps	Fonte
Rep	Nb	Désignation	Matériau

Nomenclature de l'ensemble mesureur

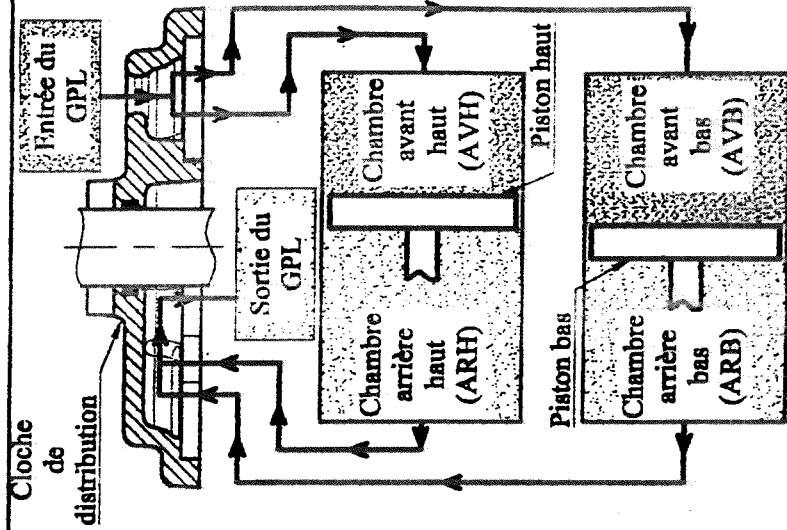
# Ecorché du mesureur volumétrique Vue des embiellages haut et bas



## Détail du corps, montrant les orifices des conduits de GPL de chaque chambre

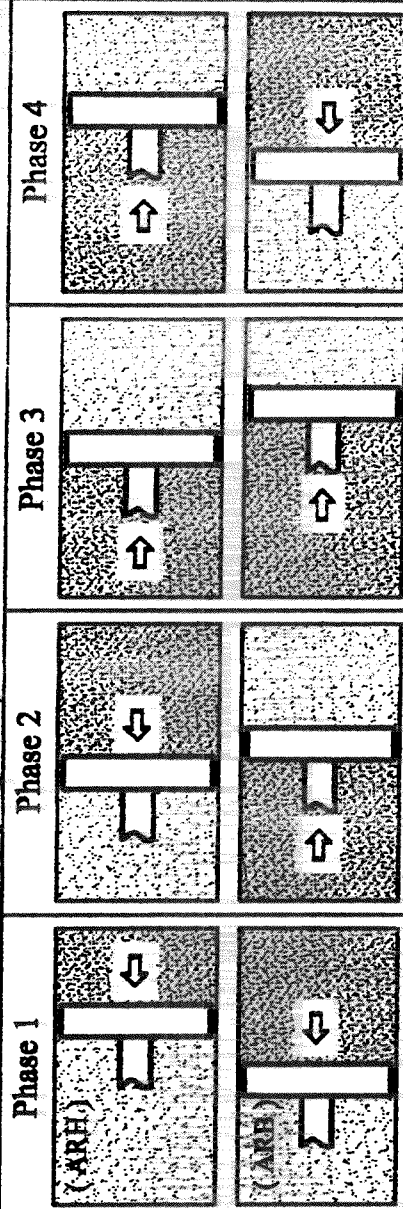


## Schéma de circulation du GPL à partir de la cloche, en phase 1 du fonctionnement.



## Schéma des phases de mouvement du mesureur volumétrique: (les flèches indiquent le sens de déplacement de chaque piston)

GPL allant vers la sortie:  
GPL venant de l'entrée:



L'ensemble de l'étude portera sur les moyens mis en œuvre pour réaliser les fonctions de mesurage du GPL délivré.

- Dans la partie «Analyse du système», on étudiera l'organisation des composants intervenant dans la mesure du volume de GPL et dans les conditions de distribution.
- Dans la partie «Calculs de vérification», on vérifiera la précision du mesureur volumétrique.
- Dans la partie «Production d'une solution», on concevra, en partie, l'interface permettant l'acquisition par un microcontrôleur de la valeur du volume délivré.

## ANALYSE GLOBALE

### Question n°1: (Rôle du dégazeur)

A partir de la description du système page 1/13

- ✎ *Expliquer la nécessité de séparer les bulles de gaz du GPL.*
- ✎ *Le dégazeur pourrait-il être placé à la sortie du mesureur? Justifier la réponse.*

## ANALYSE DE LA PARTIE COMMANDE

A partir du principe de la distribution du carburant GPL page 2/13 et des grafcet de spécification de la partie commande page 3/13

### Question n°2: (Sécurité de la distribution)

- ✎ *Indiquer quelles sont les étapes actives des grafcet GFN et GS pendant la distribution de GPL vers le réservoir d'un véhicule.*
- ✎ *Indiquer quelles seront les étapes actives des grafcet GFN et GS si une erreur de mesure survient pendant la distribution de GPL.*

### Question n°3: (Fin de distribution)

- ✎ *Indiquer, pendant la distribution de GPL vers le réservoir du véhicule, l'étape activée dès que le réservoir est plein.*
- ✎ *Indiquer le temps écoulé entre l'activation de l'étape 13 et l'activation de l'étape 14:*
  - *si le pistolet est raccroché au bout de 9s.*
  - *si le pistolet est raccroché au bout de 20s.*

## ANALYSE DE LA PARTIE OPERATIVE

**Fonctionnement du mesureur volumétrique :** (Voir le plan page 5/13, la nomenclature page 6/13 et les vues complémentaires page 7/13)

En phase 1, le GPL arrive dans le mesureur volumétrique par l'entrée repérée sur les documents 5/13 et 7/13. Il est alors dirigé par la cloche de distribution vers les chambres (AVH) et (AVB). Simultanément, la cloche de distribution dirige le GPL des chambres (ARH) et (ARB) vers la sortie.

La pression à l'entrée du mesureur est supérieure à la pression en sortie. Chaque piston est donc mis en mouvement de translation par la poussée du GPL, refoulant vers la sortie un volume de GPL proportionnel à son déplacement.

Une chaîne cinématique permet de transformer la translation des pistons en un mouvement de rotation de l'axe de reprise 22. Solidaire de cet axe, la cloche de distribution modifie le parcours du GPL dans le mesureur volumétrique en fonction de la position des pistons.

Ainsi, à l'issue de la phase 1 (voir page 7/13), le piston bas étant en bout de course, la cloche de distribution oriente le GPL de la chambre (AVB) vers la sortie et celui de la chambre (ARB) vers l'entrée. Le sens du mouvement du piston bas est inversé, on passe alors en phase 2. Les phases 1,2,3,4 se succèdent à chaque fois qu'un piston arrive en bout de course.

### **Question n°4:** (Mise en mouvement des pistons)

- ✎ *Sur le document réponse R1, compléter le tableau en indiquant, pour chaque phase de mouvement des pistons, les conduits du mesureur reliés à l'entrée et ceux reliés à la sortie.*
- ✎ *Sur le document réponse R1, indiquer quel est le sens de rotation (horaire ou anti-horaire) de la cloche de distribution autour de l'axe z, correspondant à l'ordre de succession des phases défini dans le tableau du document R1.*

### **Question n°5:** (Transformation du mouvement)

On propose ici d'identifier les liaisons qui participent au mouvement de rotation de l'axe de reprise, à partir du mouvement de translation des pistons. On ne tiendra pas compte dans cette étude, des pièces du générateur d'impulsions repérées de 43 à 58.

L'étude sera limitée aux pièces principales de la chaîne cinématique de l'embellage haut.

- ✎ *Sur le document réponse R1, compléter le schéma cinématique décrivant les liaisons entre les classes d'équivalence cinématique suivantes en dessinant, pour chacune de ces liaisons, son symbole dans le plan (x,y) :*

{III} = PISTON HAUT = {4 ; 4-1 ; 4-2 ; 4-3 ; 5 ; 7 ; 8 }

{II} = BIELLE = {2 ; 3}

{I} = AXE DE REPRISE = {10 ; 15 ; 16 ; 22 ; 23 ; 24 ; 27 ; 42 ; ...}

{0} = BÂTI = { pièces en liaison encastrement avec 1 }

- ✎ *Sur le document réponse R1, donner le nom complet de chacune des liaisons définies précédemment.*

### Préambule:

Le distributeur affiche le volume délivré vers le réservoir du véhicule avec une précision d'un chiffre après la virgule, soit au décilitre près. La norme sur les appareils de mesure impose que le mesureur volumétrique soit sensible à l'écoulement d'un volume dix fois moindre, soit au centilitre près.

### Partie 1 : Volume délivré entre deux impulsions

On propose dans cette partie de vérifier que le volume délivré entre deux impulsions fournies par le capteur à effet Hall (voir synoptique page 4/13) correspond bien à l'écoulement d'un centilitre de GPL vers le réservoir du véhicule.

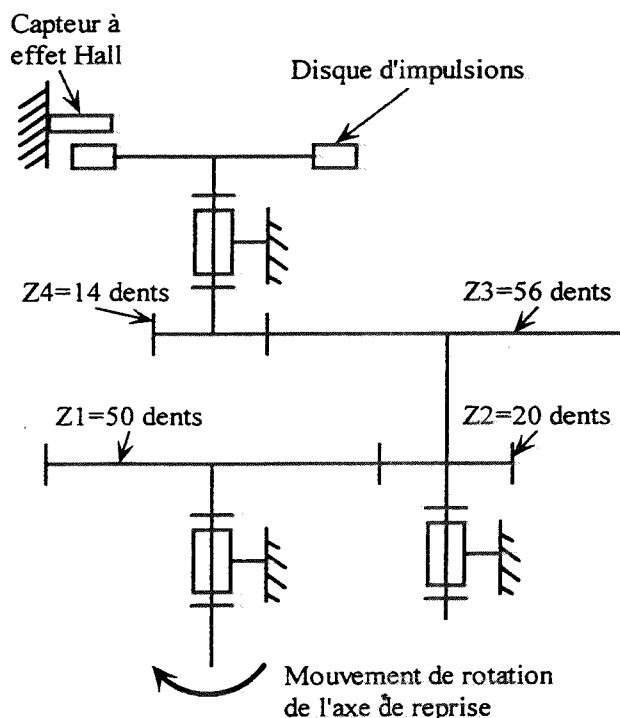
#### Question n°6: (Cylindrée du mesureur)

La cylindrée du mesureur volumétrique correspond au volume de GPL qui en sort pour un tour de l'axe de reprise 22. La cylindrée correspond donc à la somme des volumes « v » délivrés par chaque chambre lorsqu'elle est reliée à la sortie (« v » est égal au volume déplacé pendant un aller ou un retour, par un piston).

✎ En utilisant les deux dimensions indiquées page 5/13, déterminer la cylindrée  $C$  du mesureur, en  $\text{mm}^3$  par tour puis en litre par tour.

#### Question n°7: (Conversion du mouvement de l'axe de reprise)

On peut schématiser la structure du générateur d'impulsions sous la forme ci-dessous.



✎ Indiquer, en justifiant la réponse, le nombre  $N_t$  de tours effectués par le disque d'impulsions pour un tour de l'axe de reprise.

## Question n°8:

(Valeur du volume délivré entre deux impulsions)

Le disque d'impulsions est divisé en 20 secteurs magnétiques. Chaque fois que l'un d'eux passe sous le capteur à effet Hall, celui-ci génère une impulsion à destination du microcontrôleur.

- ✎ En utilisant le résultat précédent, indiquer le nombre d'impulsions  $N_{imp}$  générées par le capteur à effet Hall pour chaque tour de l'axe de reprise.
- ✎ En supposant que la cylindrée du mesureur est de 2 litres par tour, indiquer la valeur  $\Delta Q$  du volume délivré au travers du mesureur volumétrique entre deux impulsions consécutives. Vérifier que  $\Delta Q$  respecte le critère de précision annoncé à la page 10/13.

## Partie 2 : Saisie des impulsions

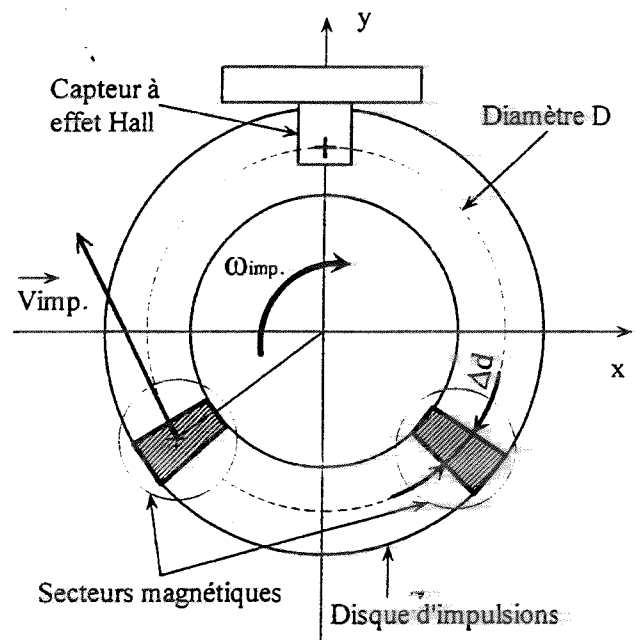
Dans cette partie, on se propose de vérifier que le capteur à effet Hall est capable de saisir sans erreur le passage de chaque secteur du disque d'impulsions, jusqu'à une vitesse angulaire maximale ( $\omega_{imp}$ ) de 26,2 rad/s. Pour ce faire, chaque secteur magnétique doit rester sous le capteur pendant une durée minimale de  $3\mu s$ , temps indiqué par le constructeur pour obtenir la prise en compte de l'information.

## Question n°9:

(Vitesse de passage des secteurs magnétiques sous le capteur)

La vitesse angulaire maxi, du disque d'impulsions autour de z est  $\omega_{imp} = 26,2$  rad/s (voir ci-contre).

- ✎ Le diamètre moyen du disque d'impulsions étant  $D=42mm$ , calculer la vitesse tangentielle  $\|\vec{V}_{imp}\|$  de passage du centre d'un secteur magnétique sous le capteur à effet Hall.



## Question n°10:

(Durée de passage des secteurs magnétiques dans la zone de détection du capteur)

La zone de détection du capteur à effet Hall est assimilée à un point. L'information de présence du secteur magnétique sous ce point est mesurée sur la distance  $\Delta d = 3,3$  mm.

- ✎ Calculer la durée  $\Delta t$  de détection de la présence du secteur magnétique sous le capteur à effet Hall. Vérifier que cette durée est très supérieure à la durée minimale ( $3\mu s$ ), indiquée par le constructeur du capteur.

Toute l'étude de la partie « production d'une solution » fait référence au schéma structurel incomplet du document réponse R2 et aux informations de la page 4/13.

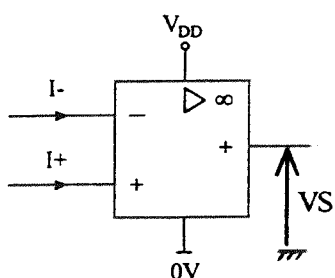
Pour déterminer le volume de GPL délivré, le microcontrôleur de la carte électronique compte le nombre d'impulsions fournies par le capteur à effet Hall placé dans le générateur d'impulsions. Il est nécessaire d'utiliser une fonction d'interfaçage afin d'adapter la forme et le niveau de tension des impulsions aux entrées du microcontrôleur.

Dans cette partie, on propose de concevoir partiellement le schéma structurel de la fonction « interfaçer », constituée des fonctions « mettre en forme » et « adapter » afin d'obtenir les signaux décrits sur les chronogrammes page 4/13, puis de définir la dimension nécessaire du registre interne au microcontrôleur pour la prise en compte des impulsions.

### Question n°11: (Conception de la fonction "mettre en forme")

La mise en forme du signal  $V_{capt}$  est obtenue en comparant  $V_{capt}$  à  $V_{ref}$ . Cette comparaison est réalisée par le Circuit Intégré Linéaire (CIL) U2 fonctionnant en régime saturé. La tension  $V_{ref}$  est obtenue par le pont diviseur de tension constitué des résistances  $R1$  et  $R2$ .

Documentation : circuit intégré linéaire U2 (CIL)



#### Caractéristiques

Tension d'alimentation $V_{DD}$	5V à 15V
Tension de sortie ( $V_s$ ) en saturation niveau haut	$V_{DD}$
Tension de sortie ( $V_s$ ) en saturation niveau bas	0V
Courant d'entrée $I+$ et $I-$	0A

☒ Quelle doit être la valeur de la tension d'alimentation du CIL U2 pour obtenir le signal V1? Justifier votre réponse.

Relier sur le document réponse R2 la broche d'alimentation du CIL U2 à la source de tension d'alimentation trouvée.

☒ A partir du chronogramme page 4/13 indiquer la valeur que prend la tension V1 lorsque  $V_{capt} > V_{ref}$  et lorsque  $V_{capt} < V_{ref}$ .

☒ Compléter alors, sur le document réponse R2, le schéma structurel de la fonction "mettre en forme".

☒ Déterminer la relation entre les résistances  $R1$  et  $R2$  pour obtenir  $V_{ref} = 6V$ .

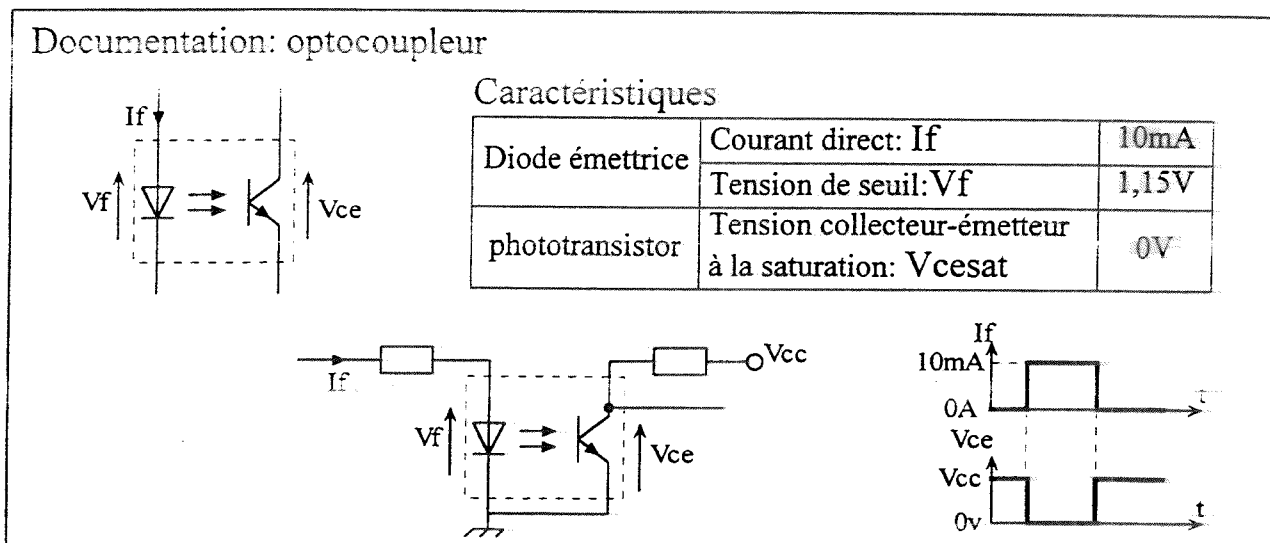
☒ Calculer la valeur des résistances  $R1$  et  $R2$  afin d'obtenir un courant  $I1 < 1mA$ , puis choisir une valeur normalisée dans la série E12 définie ci-dessous.

Série E12	10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82
-----------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

La série définit le nombre des premiers chiffres significatifs auxquels on applique un coefficient multiplicateur de 10 (de  $10^{-2}$  à  $10^5$ ) pour obtenir la valeur de la résistance en  $\Omega$ .

## Question n°12: (Conception de la fonction "adapter")

L'adaptation du signal  $V_1$  d'amplitude 12V en signal  $V_{pulse}$  d'amplitude 5V est réalisée par l'optocoupleur U3.



Compléter, sur le document réponse R2, le schéma structuel de la fonction « adapter » afin d'envoyer le signal  $V_{pulse}$  (dont les caractéristiques sont décrites sur le chronogramme page 4/13) vers le registre du microcontrôleur.

Pour saturer le phototransistor de l'optocoupleur U3, la diode émettrice doit être passante lorsque  $V_1=12V$ . Il faut donc définir la valeur de la résistance R3 qui contrôle la valeur du courant  $I_f$ .

- Quelle doit être la valeur minimale du courant traversant la diode?
- Donner la relation de R3 en fonction de  $V_1$ ,  $V_f$  et  $I_f$ . Calculer la valeur de R3. (Il n'est pas demandé de définir une valeur normalisée).
- Préciser le rôle de la résistance R4.

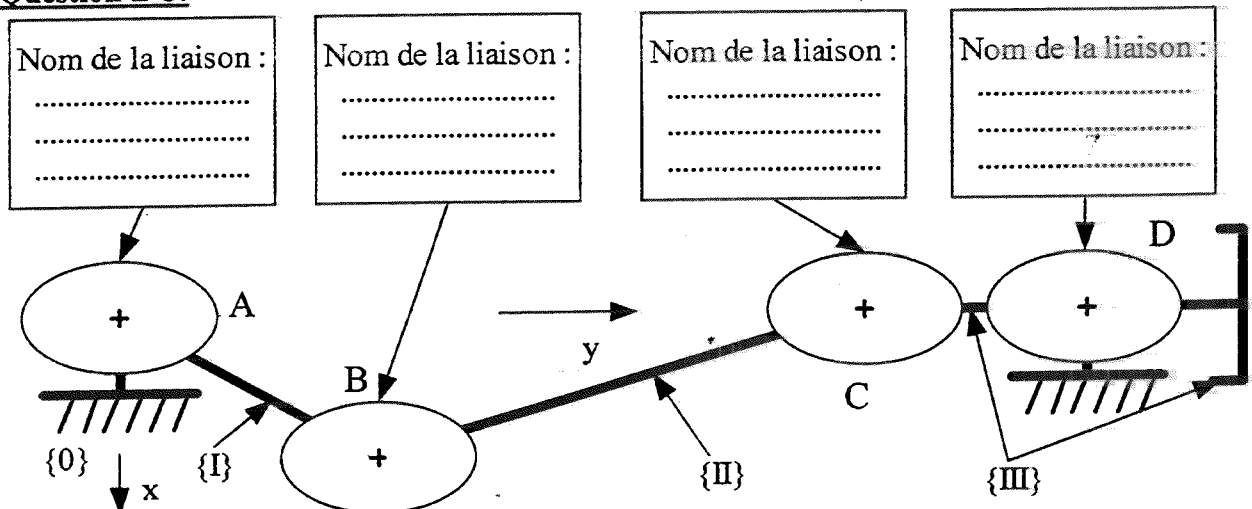
## Question n°13: (Détermination de la dimension du registre du microcontrôleur)

Le volume maximum du réservoir d'un véhicule est de 55 litres. Le générateur d'impulsions délivre 100 impulsions par litre. Un registre du microcontrôleur stockant des valeurs en binaire naturel, est incrémenté à chaque impulsion reçue lors de la distribution. Ce registre est remis à zéro à chaque nouvelle distribution de carburant.

- Calculer le nombre d'impulsions devant être comptées pour le remplissage maximum d'un réservoir. En déduire le nombre  $N_b$  minimum de bits nécessaires pour définir le volume de carburant délivré lors du remplissage complet d'un réservoir.

**Question n°4:****E = Conduit relié à l'entrée****S= Conduit relié à la sortie**

Phase du mouvement	Conduit chambre avant haut (AVH)	Conduit chambre avant bas (AVB)	Conduit chambre arrière haut (ARH)	Conduit chambre arrière bas (ARB)	Schéma des jonctions réalisées par la cloche entre entrée, sortie et chambres du mesureur.
Phase 1	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	
Phase 2					
Phase 3					
Phase 4					

**Sens de rotation de la cloche : .....****Question n°5:**

## PRODUCTION D'UNE SOLUTION

