

Le système de pesage de bouteilles de gaz GazMaticc

 Domaine d'application :
Etude d'un système

 Type de document :
Exercice

 Classe :
Première

Date :

I - Présentation du système GAZMATICC

GAZMATICC est une machine automatisée permettant de trier des petites bouteilles de gaz utilisées au camping, en fonction de leur remplissage. Chaque bouteille peut contenir jusqu'à 400 g de gaz. Pour connaître la quantité de gaz présente dans une bouteille, GAZMATICC évalue son poids. Le but de GAZMATICC est de distinguer quatre catégories de bouteilles correspondant à quatre contenances différentes.

I - 1 - Principe de fonctionnement

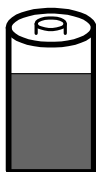
Les bouteilles arrivent non triées sur une palette : la palette contient des bouteilles de toutes contenances. Une pince saisie une bouteille sur la palette, puis la dépose sur une balance où elle est pesée. En fonction du poids de la bouteille, elle est poussée par un vérin dans un des quatre containers.

La machine recommence cette procédure de test pour chaque bouteille. L'arrêt du cycle est obtenu lorsqu'il n'y a plus de bouteilles sur la palette : toutes les bouteilles sont alors triées.

Les containers destinés à recevoir les bouteilles triées sont disposés sous la balance. Sur la *figure 2*, si la tige du vérin **V1** sort, alors la bouteille est poussée vers le **Container 1**. Si la tige du vérin **V2** sort, alors la bouteille sera évacuée vers le **Container 2**.

De la même manière que sur la *figure 2*, quatre vérins en tout sont positionnés autour du plateau de la balance. Chaque vérin faisant tomber la bouteille dans un des 4 containers disposés sous la balance.

La *figure 3* montre la position de chacun des quatre vérins autour du plateau de la balance [les quatre containers ne sont pas représentés sur la *figure 3*].



Symbole d'une petite bouteille de gaz

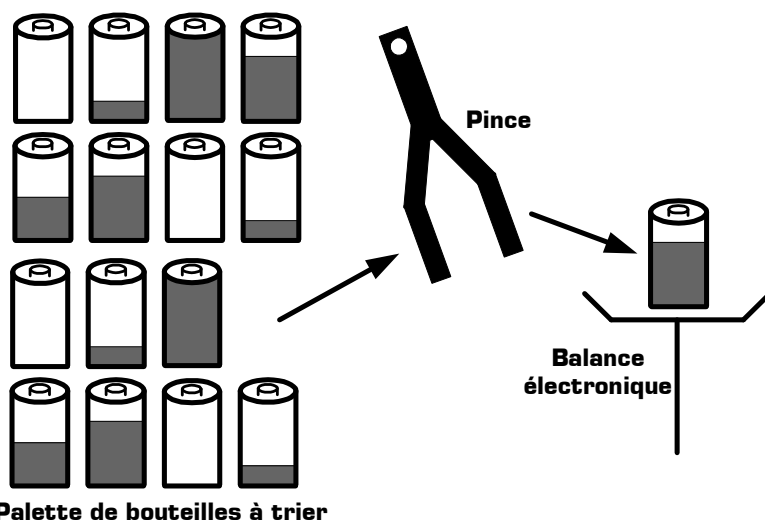


Figure 1 : la pince permet de déplacer une bouteille de la palette vers la balance

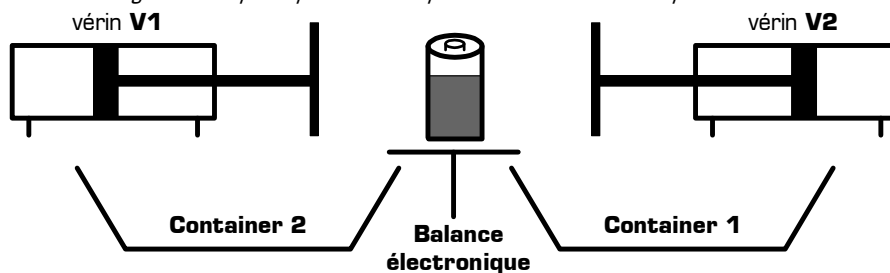


Figure 2 : disposition des containers sous la balance (vue de face)

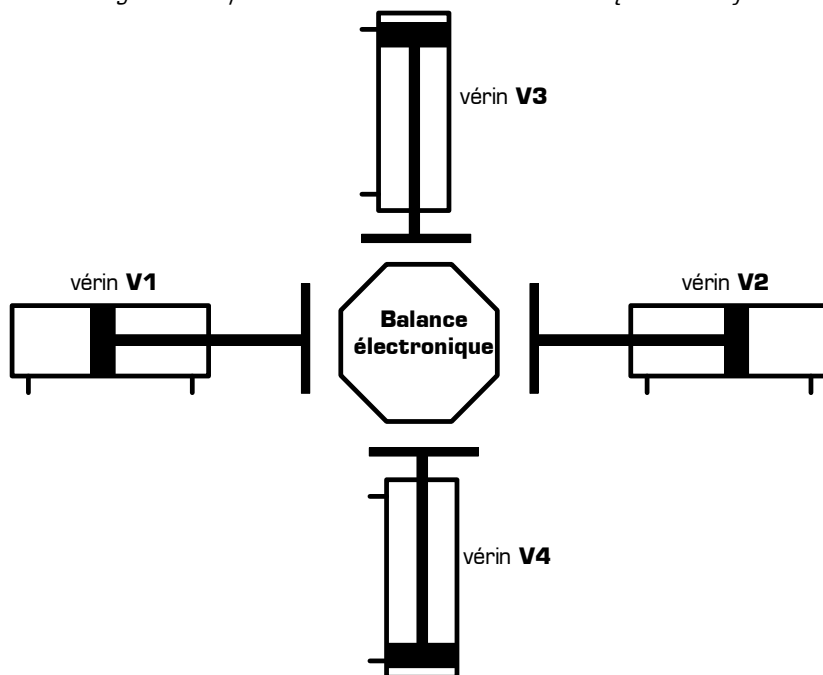
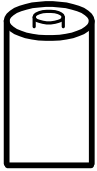


Figure 3 : disposition des 4 vérins autour de la balance (vue de dessus)

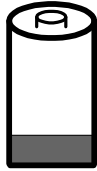
I - 2 - Présentation du problème

On désire peser les bouteilles de gaz dans le but de différencier quatre remplissages différents, et donc quatre poids différents. Les bouteilles seront ainsi classées selon quatre catégories :

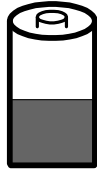
- * Une bouteille de **catégorie 1** est remplie à moins d'un quart de sa capacité et sera évacuée dans le **Container 1**
- * Une bouteille de **catégorie 2** est remplie entre un quart et la moitié de sa capacité et sera évacuée dans le **Container 2**
- * Une bouteille de **catégorie 3** est remplie entre la moitié et trois quarts de sa capacité et sera évacuée dans le **Container 3**
- * Une bouteille de **catégorie 4** est remplie à plus de trois quarts de sa capacité et sera évacuée dans le **Container 4**



Symbole d'une bouteille de gaz vide



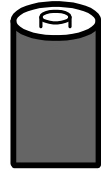
Bouteille de catégorie 1



Bouteille de catégorie 2



Bouteille de catégorie 3

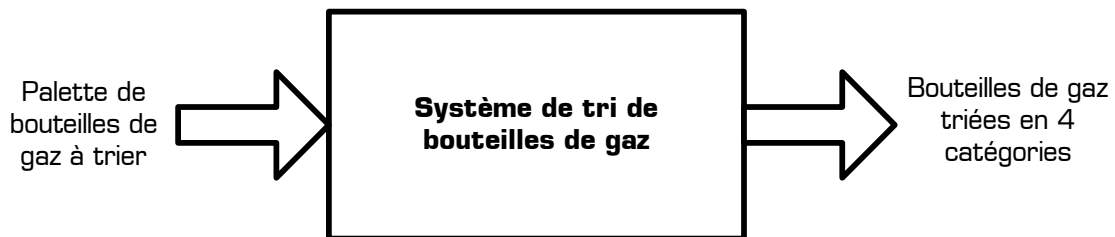


Bouteille de catégorie 4

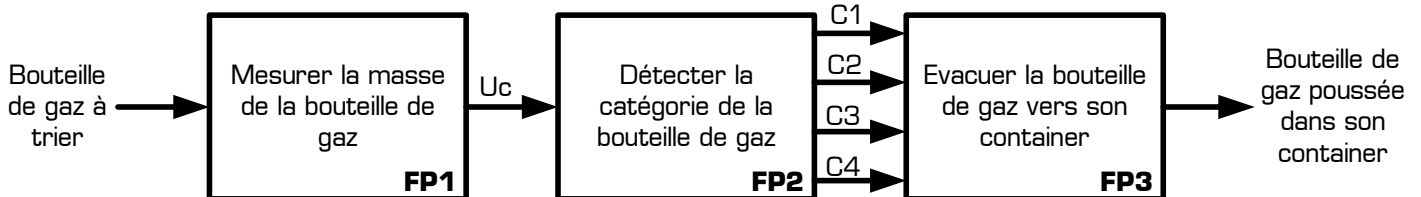
La masse d'une bouteille vide est considérée négligeable et chaque bouteille peut contenir jusqu'à 400 g de gaz. La catégorisation des bouteilles en fonction de leur masse **m** donne alors la répartition suivante :

Catégorie de la bouteille de gaz	Masse de la bouteille de gaz
Catégorie 1	$0 \text{ g} \leq m < 100 \text{ g}$
Catégorie 2	$100 \text{ g} \leq m < 200 \text{ g}$
Catégorie 3	$200 \text{ g} \leq m < 300 \text{ g}$
Catégorie 4	$300 \text{ g} \leq m \leq 400 \text{ g}$

Le but du système étudié est de trier les bouteilles de gaz en les poussant vers un container particulier en fonction de leur catégorie :



Comme le montre le schéma fonctionnel suivant, le système est composé de 3 fonctions principales :



Uc est une tension continue proportionnelle à la masse de la bouteille de gaz pesée, et les signaux **C1** à **C4** sont 4 signaux logiques indiquant la catégorie de la bouteille de gaz.

II - Etude de FP1 : Mesurer la masse de la bouteille de gaz

Le rôle de la fonction FP1 est de mesurer la masse de la bouteille de gaz et de fournir à sa sortie une tension **Uc** proportionnelle à la masse.

Le principe de la mesure de la masse est de déformer, sous l'action du poids de l'objet à peser, un corps d'épreuve sur lequel ont été placées des jauges de contrainte [voir Figure 4].

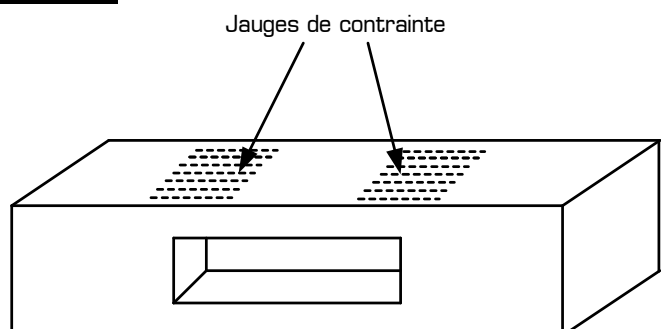
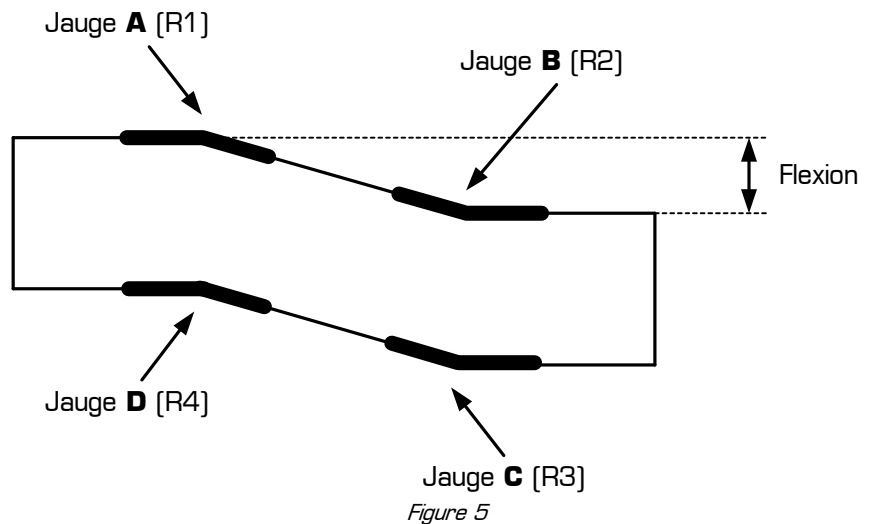


Figure 4

Dans le cas du système de pesage des bouteilles de gaz, quatre jauges de contrainte **A**, **B**, **C** et **D** ont été collées sur le corps d'épreuve.

Comme le montre la *Figure 5*, le poids d'une bouteille de gaz provoque une flexion du corps d'épreuve, ce qui entraîne une déformation (**étirement** ou **compression**) des jauges de contrainte.

Les résistances des jauges de contrainte A, B, C et D sont appelées respectivement R1, R2, R3 et R4.



Les 4 jauges de contrainte A, B, C et D sont identiques et possèdent les caractéristiques suivantes :

- * Leur résistance au repos est $R_0 = 720 \Omega$ [lorsque la jauge n'est pas déformée]
- * Leur longueur au repos est notée L_0 [lorsque la jauge n'est pas déformée]
- * Leur facteur de jauge est $K = 4$
- * La variation de la résistance, identique pour les quatre jauges, est notée ΔR
- * La variation de la longueur, proportionnelle à la masse de la bouteille et identique pour les 4 jauges, est notée ΔL
- * Si une jauge de contrainte est **étirée** d'une longueur ΔL alors sa résistance **augmente** d'une valeur ΔR
- * Si une jauge de contrainte est **compressée** d'une longueur ΔL alors sa résistance **diminue** d'une valeur ΔR

De plus, pour le modèle de la balance étudié ici, on précise que la déformation ΔL [en mètre] des jauges est liée à la masse m [en gramme] de la bouteille pesée par la relation suivante : $\Delta L = a.m$ avec $a = 10^{-5} m.g^{-1}$

$$K = \frac{\frac{\Delta R}{R_0}}{\frac{\Delta L}{L_0}}$$

Enfin, on rappelle ci-contre la définition du facteur de jauge **K**.

II - 1 - Sachant que la surface sensible des jauges de contrainte est placée **à l'extérieur** de la partie collée sur le corps d'épreuve, indiquez pour chacune des quatre jauges A, B, C et D quelles sont les jauges **étirées** et quelles sont les jauges **compressées** sous l'action du poids d'une bouteille de gaz.

II - 2 - Donnez l'expression littérale en fonction de R_0 puis la valeur numérique de chacune des quatre résistances R1, R2, R3 et R4 lorsque aucune bouteille de gaz n'est placée sur la balance.

II - 3 - Donnez l'**expression littérale** de chacune des quatre résistances R1, R2, R3 et R4 en fonction de R_0 et de ΔR lorsqu'une bouteille de gaz est placée sur la balance (*on ne demande pas une valeur numérique à cette question*).

Les quatre résistances R1, R2, R3 et R4 des jauges de contraintes sont placées dans le montage de la *Figure 6* dans lequel :

- * U_A est la tension d'alimentation du montage
- * On appelle U_3 la tension aux bornes de R3 [tension entre les points E et M]
- * On appelle U_4 la tension aux bornes de R4 [tension entre les points F et M]
- * On appelle U_c la tension centrale du montage [tension entre les points E et F]

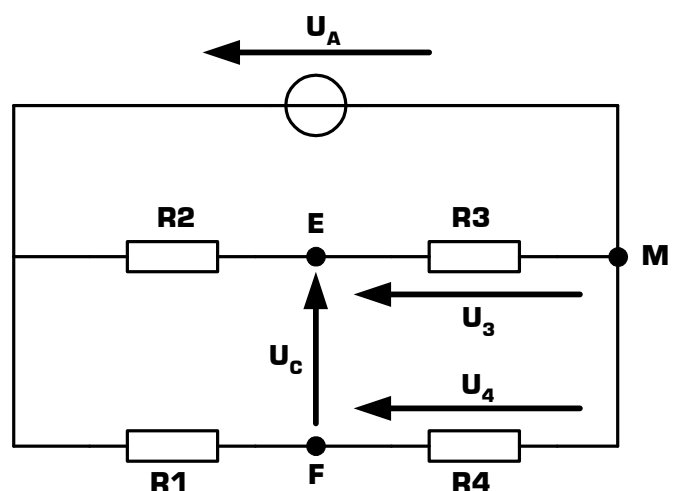


Figure 6

II - 4 - Donnez l'expression de U_c en fonction de U_3 et de U_4 .

II - 5 - Donnez l'expression de U_3 en fonction de U_A , de R2 et de R3.

II - 6 - Donnez l'expression de U_4 en fonction de U_A , de R1 et de R4.

II - 7 - Dédurre des questions précédentes une expression de U_c en fonction de ΔR .

II - 8 - En déduire l'expression de U_c en fonction de ΔL .

II - 9 - Enfin, donnez l'expression littérale de la tension U_c en fonction de la masse m de la bouteille de gaz.

II - 10 - La sensibilité s de la balance permet de calculer la valeur de la tension U_c en fonction de la masse m d'après la relation suivante : $U_c = s.m$. Sachant que $U_A = 12 \text{ V}$ et $L_0 = 24 \text{ mm}$, donnez la valeur numérique de la sensibilité s de la balance en précisant son unité de mesure.

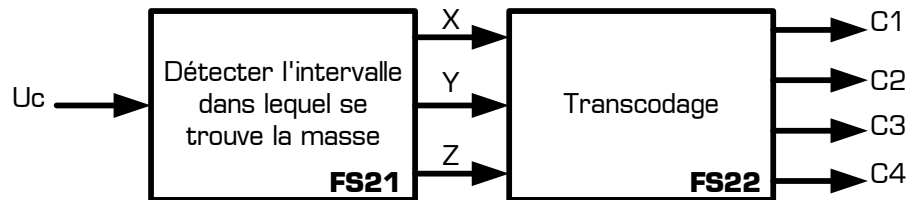
II - 11 - Complétez le tableau ci-dessous en indiquant la valeur de la tension U_c pour les différentes masses m des bouteilles de gaz pesées :

Masse de la bouteille de gaz	0 g	100 g	200 g	300 g	400 g
Tension U_c					

III - Etude de FP2 : Détecter la catégorie de la bouteille de gaz

IMPORTANT : quelque soit le résultat obtenu dans la partie II, on considèrera désormais que la relation entre la tension U_c et la masse m de la bouteille de gaz pesée est la suivante : $U_c = 20.10^{-3}.m$

Le rôle de la fonction FP2 est d'indiquer la catégorie de la bouteille en fonction de la tension U_c image de la masse. La fonction principale FP2 est structurée en 2 fonctions secondaires FS21 et FS22 :



Remarque : les signaux X, Y, Z, C1, C2, C3 et C4 sont tous des signaux logiques.

III - 1 - Etude de FS21

Comme le montre le schéma de FS21 sur la figure 7, la tension U_c , image de la masse de la bouteille de gaz, est comparée à 3 tensions seuil S1, S2 et S3 dans le but de savoir à quelle catégorie appartient la bouteille de gaz.

III - 1 - 1 - Quelles doivent être les valeurs des 3 tensions seuils S1, S2 et S3 afin que la fonction FS21 détecte correctement les quatre catégories de bouteilles de gaz ?

III - 1 - 2 - Sachant que la résistance R5 a comme valeur 6 k Ω et que la tension d'alimentation V_{cc} vaut 12V, calculez les valeurs des 3 autres résistances R6, R7 et R8 afin que les tensions S1, S2 et S3 soient égales aux résultats obtenus à la question précédente.

III - 1 - 3 - Complétez les 5 colonnes du tableau suivant donnant les valeurs [0 ou 1] des 3 sorties logiques X, Y et Z de FS21 en fonction de la tension U_c et de la masse de la bouteille de gaz :

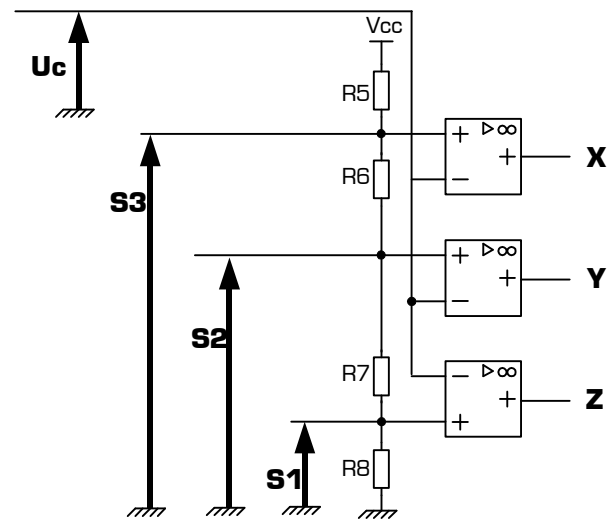


Figure 7 : schéma structurel de FS21

Catégorie de la bouteille de gaz	Masse de la bouteille de gaz	Tension U_c	Sortie X de FS21	Sortie Y de FS21	Sortie Z de FS21
Catégorie 1	$\dots \leq m < \dots$	$\dots \leq U_c < \dots$			
Catégorie 2	$\dots \leq m < \dots$	$\dots \leq U_c < \dots$			
Catégorie 3	$\dots \leq m < \dots$	$\dots \leq U_c < \dots$			
Catégorie 4	$\dots \leq m \leq \dots$	$\dots \leq U_c \leq \dots$			

III - 2 - Etude de FS22

On donne dans le tableau ci-dessous l'état des 4 sorties logiques **C1**, **C2**, **C3** et **C4** de FS22 en fonction de la catégorie de la bouteille de gaz pesée :

Catégorie de la bouteille de gaz	Sortie C1 de FS22	Sortie C2 de FS22	Sortie C3 de FS22	Sortie C4 de FS22
Catégorie 1	1	0	0	0
Catégorie 2	0	1	0	0
Catégorie 3	0	0	1	0
Catégorie 4	0	0	0	1

III - 2 - 1 - Complétez ci-dessous les tableaux de Karnaugh de chacune des 4 sorties **C1**, **C2**, **C3** et **C4** de la fonction FS22 en fonction de l'état des entrées **X**, **Y** et **Z** :

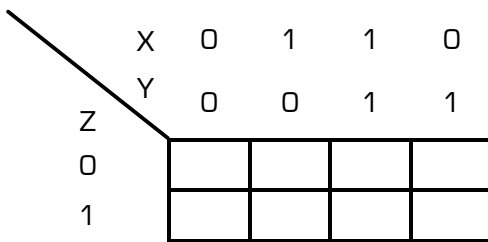


Tableau de Karnaugh de **C1**

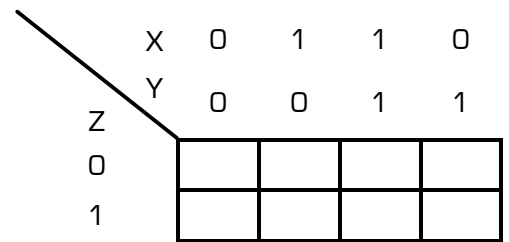


Tableau de Karnaugh de **C2**

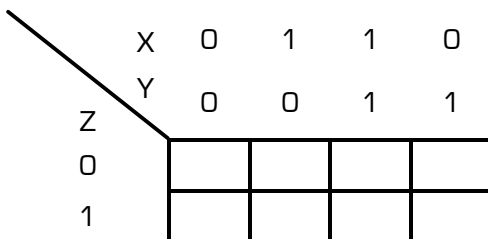


Tableau de Karnaugh de **C3**

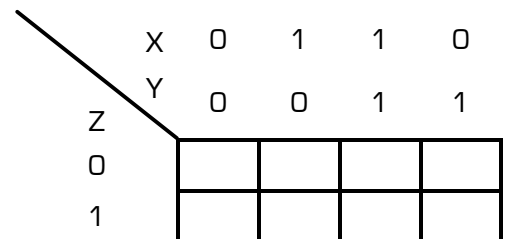


Tableau de Karnaugh de **C4**

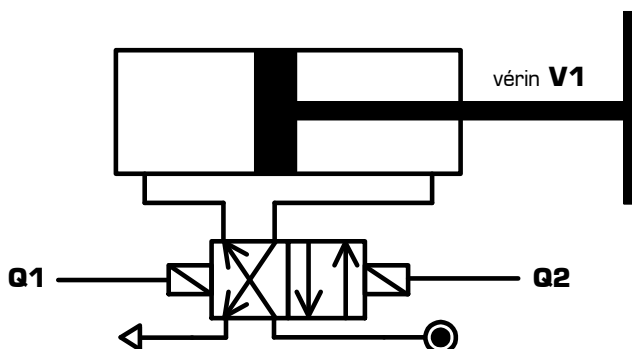
III - 2 - 2 - A partir des tableaux de Karnaugh, et après y avoir fait apparaître clairement les regroupements les plus optimisés, dégagez les équations simplifiées de chacune des 4 sorties de FS22 en fonction de X, de Y et de Z.

III - 2 - 3 - Proposez un logigramme pour la fonction FS22 en utilisant un nombre minimal de portes logiques.

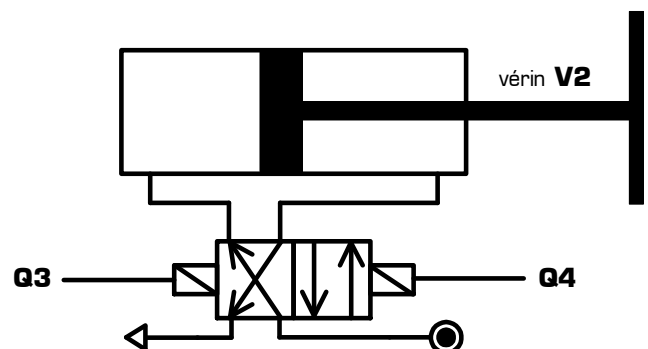
IV - Etude de FP3 : Evacuer la bouteille de gaz vers son container

Les 4 sorties **C1**, **C2**, **C3** et **C4** de FS22 sont reliées respectivement aux 4 entrées **i1**, **i2**, **i3** et **i4** d'un automate programmable Zelio. Les 6 sorties **Q1** à **Q6** de l'automate commandent des distributeurs pneumatiques bistables à commandes électriques comme le montre les 4 schémas suivants sur lesquels :

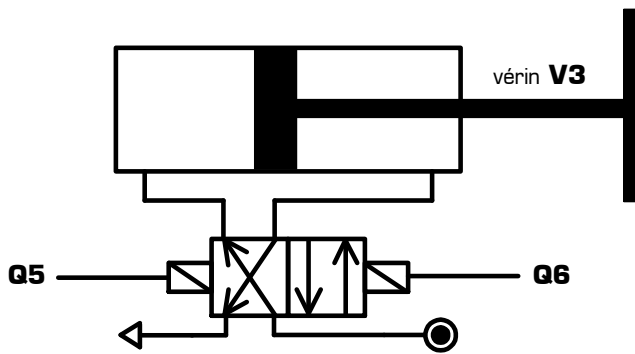
- * Le vérin **V1** pousse les bouteilles de **catégorie 1** vers le **container 1**
- * Le vérin **V2** pousse les bouteilles de **catégorie 2** vers le **container 2**
- * Le vérin **V3** pousse les bouteilles de **catégorie 3** vers le **container 3**
- * Le vérin **V4** pousse les bouteilles de **catégorie 4** vers le **container 4**



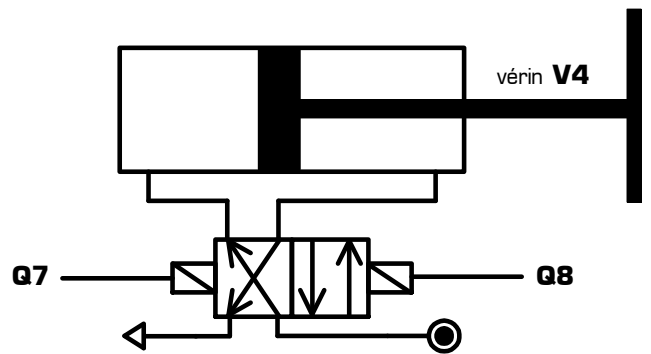
Les sorties Q1 et Q2 de l'automate Zelio pilotent le vérin V1



Les sorties Q3 et Q4 de l'automate Zelio pilotent le vérin V2



Les sorties Q5 et Q6 de l'automate Zelio pilotent le vérin V3



Les sorties Q7 et Q8 de l'automate Zelio pilotent le vérin V4

Pour activer une entrée de commande d'un distributeur pneumatique il faut que la sortie correspondante Qn de l'automate soit **mise à 1** pendant une durée de **100 ms**.

Pour faire tomber dans un container la bouteille de gaz se trouvant sur la balance, il faut que la tige d'un vérin sorte en plein, **reste sortie pendant 500 ms**, puis rentre.

IV - 1 - Complétez ci-dessous le grafcet du **point de vue partie commande** permettant à l'automate d'évacuer chaque bouteille vers son container en fonction de sa catégorie. Vous utiliserez la syntaxe des opérateurs d'Automgen aussi bien pour écrire les actions dans les étapes que pour écrire les réceptivités dans les transitions, en utilisant les symboles **i1, i2, i3** et **i4** pour désigner les entrées de l'automate et les symboles **Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7** et **Q8** pour désigner les sorties :

