

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Brest

Vendredi, 29 octobre 1999.

Durée : 2 heures

Nom :Groupe :Prénom :

**PRODUCTIQUE**  
**Devoir surveillé n° 1**

- **« Sachez faire plaisir à votre Professeur... »**
- Tout résultat ou toute réponse doit être **justifié**.
  - Il faut **soigner** la susceptibilité du correcteur et rendre une **copie propre**, où les **résultats sont encadrés** et les **questions numérotées**.
  - **Respectez les notations** et le formalisme imposés par le sujet.
  - Toute **remarque judicieuse** placée de manière adéquate sera appréciée.

Bon courage.

- **Barème indicatif :**

Systeme de contrôle de pièce :	6
Etude d'un circuit pneumatique :	10
GRAF CET :	4

Aucun document autorisé

Calculatrice autorisée

## 1. Systèmes automatisés de contrôle de pièces :

Lors de la fabrication d'une pièce, on est amené à vérifier si la cote fabriquée (la dimension) est bien égale à la cote exigée lors de la conception et de la mise en production.

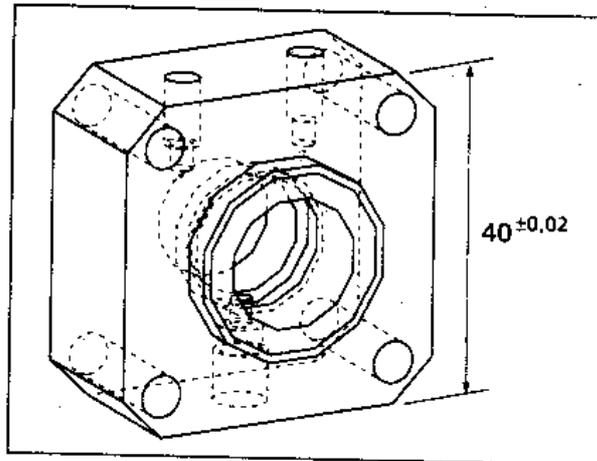
Par ailleurs, il est impossible d'obtenir lors de la fabrication une cote absolument égale à la cote désirée. Ceci pour plusieurs raisons : jeux dans les différents organes des machines outils, imprécision de l'opérateur dans la manipulation de la machine, imprécision dans la mesure du résultat, etc.

On est donc amené à définir un intervalle de tolérance afin que la pièce fabriquée convienne au mécanisme dans lequel elle doit s'insérer. Par exemple,  $C=40^{+0.02}$  signifie que si la dimension obtenue est dans l'intervalle  $[39.98 ; 40.02]$  alors la pièce est bonne. Dans tout autre cas, la pièce est réputée mauvaise.

On désire vérifier les cotes extérieures d'un flasque avant de vérin. Pour éviter que le contrôle des dimensions de cette pièce ne soit une tâche manuelle abrutissante, on réalise un montage de contrôle représenté sur le schéma page suivante.

On considérera comme négligeable l'erreur due à la lecture.

### Pièce à fabriquer



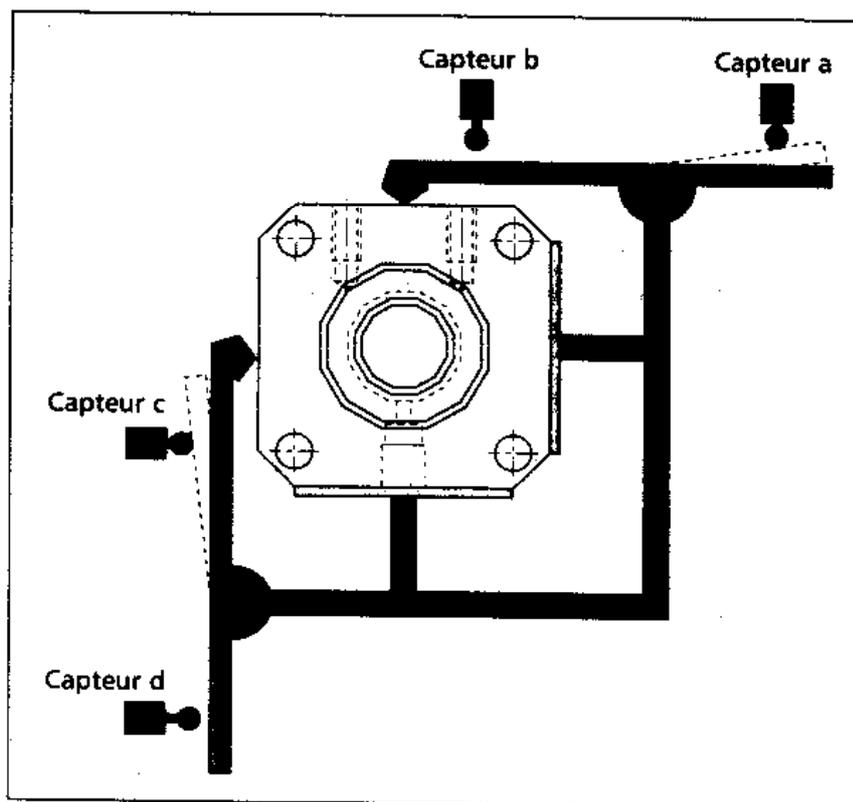
## 1.1. Description du système

Le mécanisme étudié est composé de deux leviers munis chacun de deux capteurs à contact qui recueille l'information « *inclinaison du levier* ». Par exemple, le capteur a informe que la cote verticale de l'embase est trop faible.

Le système est muni de trois voyants (un vert, un bleu, un rouge) non représentés ici.

## 1.2. Fonctionnement

- Lorsque les deux cotes dont à l'intérieur des intervalles de tolérance, aucun des capteurs **a**, **b**, **c**, **d** n'est actionné, le voyant vert s'allume.
- Lorsque l'une (ou les deux) cote est trop forte, le voyant bleu (**B**) s'allume. La pièce doit être réusinée.
- Lorsque l'une (ou les deux) cote est trop faible, le voyant rouge (**R**) s'allume. La pièce doit être mise au rebut.
- On peut avoir au plus un voyant allumé.



### 1.3. Travail demandé



**Remarque importante :** toutes les réponses sont à inscrire dans les cases prévues à cet effet. Aucune réponse hors-cadre ne prise en compte (ou corrigée).

1.3.1. Tracer en couleurs la position des leviers dans chacun des cas pour une cote.

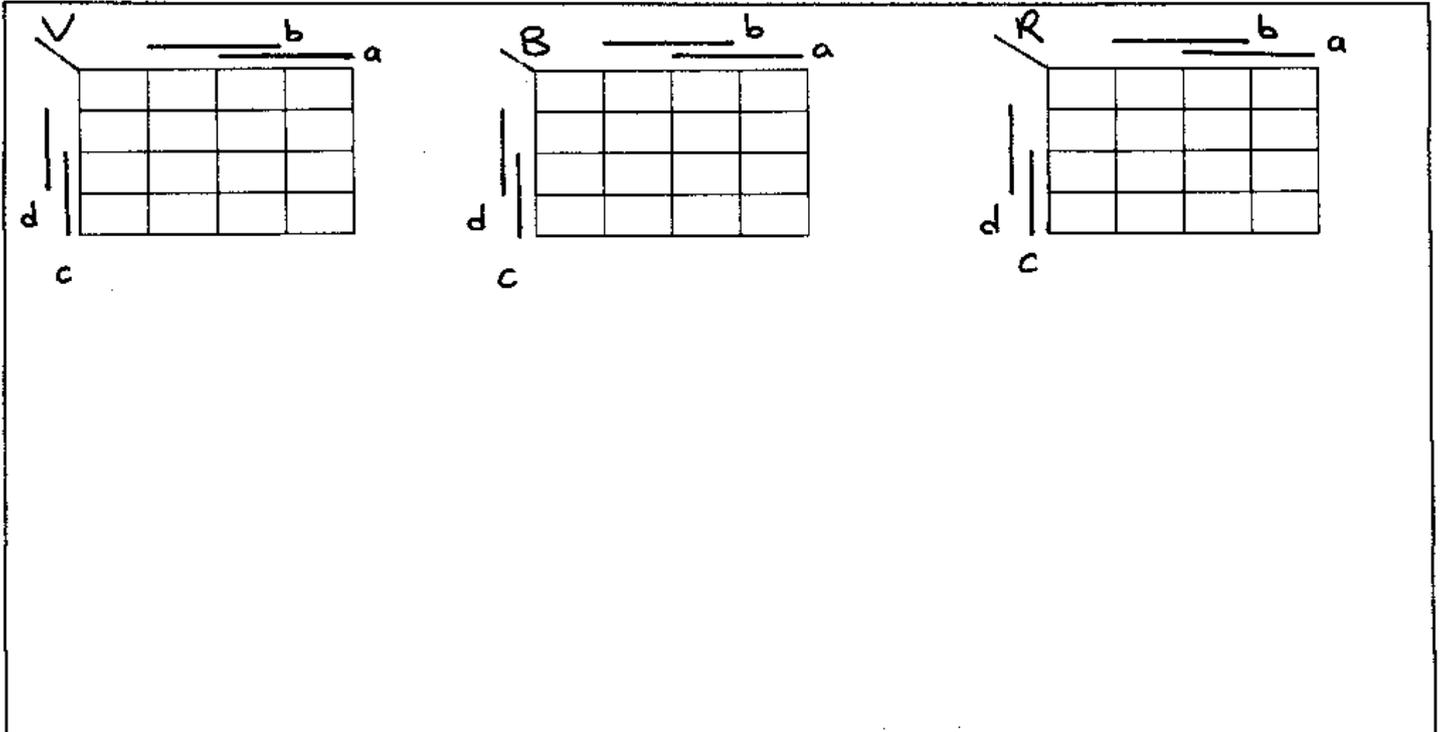
1.3.2. Tracer la table de vérité du système de contrôle de pièces. Préciser dans chaque cas envisagé la nature des cotes (bonnes, faibles, fortes, etc.). Identifier et rayer les configurations impossibles.

a	b	c	d	B	V	R	cotes
0	0	0	0				
0	0	0	1				
0	0	1	0				
0	0	1	1				
0	1	0	0				
0	1	0	1				
0	1	1	0				
0	1	1	1				
1	0	0	0				
1	0	0	1				
1	0	1	0				
1	0	1	1				
1	1	0	0				
1	1	0	1				
1	1	1	0				
1	1	1	1				

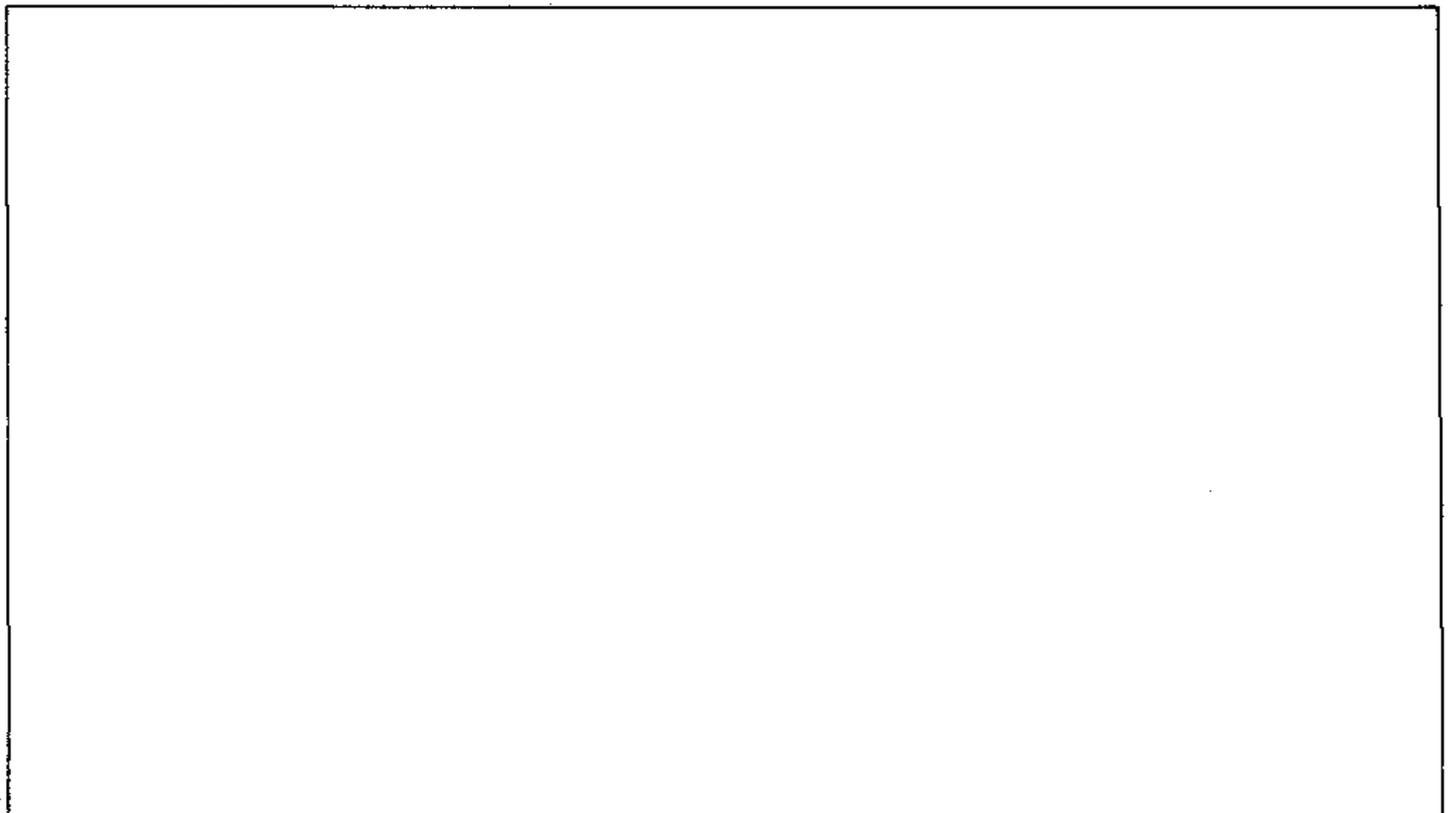
1.3.3. **Etablir** les équations logiques du fonctionnement des voyants.

V=  
B=  
R=

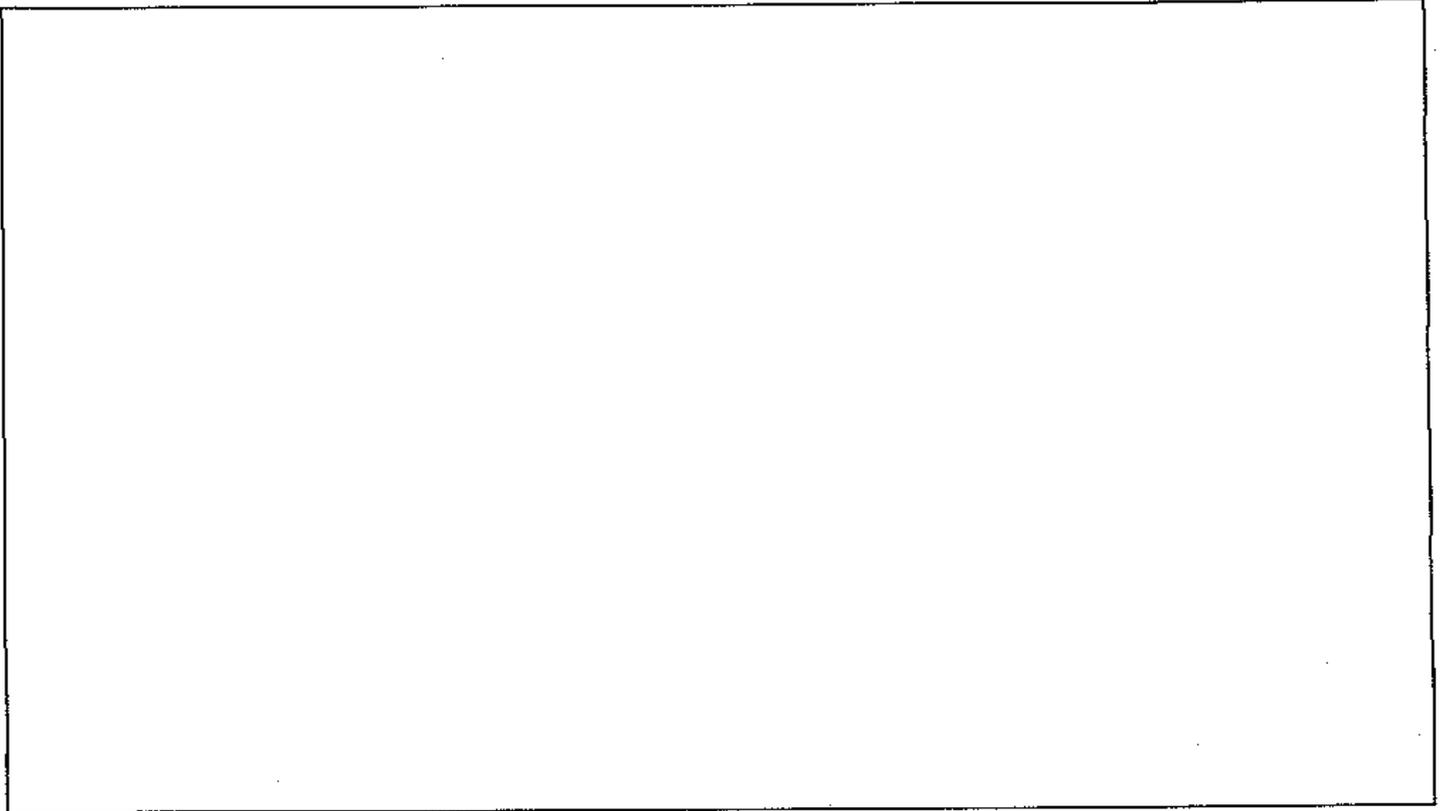
1.3.4. A l'aide de tableaux de Karnaugh, **mettre** les équations logiques du fonctionnement des voyants sous la forme canonique  $\Sigma\Pi$ .



1.3.5. **Tracer** le logigramme correspondant au fonctionnement de ce système en n'utilisant que les cellules **ET** et **OU** à deux entrées et la cellule **NON** à une entrée.



1.3.6. **Tracer** le logigramme correspondant au voyant bleu en n'utilisant que des cellules **NON-OU (NOR)** à deux entrées.



## 2. Etude d'un circuit pneumatique :

On souhaite soulever une charge (ensemble chape-poulie-masse) à l'aide d'un vérin double effet (Cf. fig1).

L'étude mécanique de la machine dont ce vérin fait parti, nous a fourni les premières données de notre problème :

- la course du vérin doit être de 400 mm
- la masse  $M$  que l'on doit déplacer vaut 40,4 kg
- la masse  $m_t$  de l'ensemble tige-piston-chape est estimée à 3.6 kg
- la masse  $m_p$  de la poulie est estimée à 5kg
- le câble a une masse nulle
- $g=9.81 \text{ m.s}^{-2}$
- la pression atmosphérique est de 1 bar

D'autre part, l'étude économique de la machine a permis de déterminer la cadence de la machine. Une répartition du temps de cycle total entre les différents mouvements élémentaires de la machine a conduit à choisir un temps de sortie de la tige du vérin de 0.72 s.

Les contraintes d'implantation de la machine dans un atelier imposent l'utilisation du réseau de distribution pneumatique existant. Ce dernier fournit de l'air à la pression de 6 bars.

On s'intéresse au dimensionnement et au choix des constituants technologiques qui forment le mécanisme de la figure fig. 1.

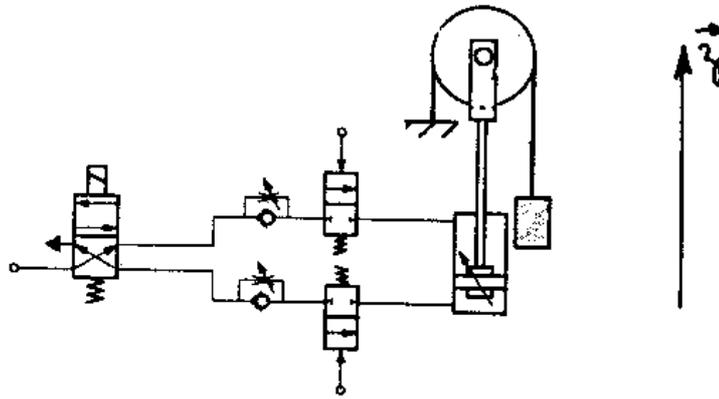
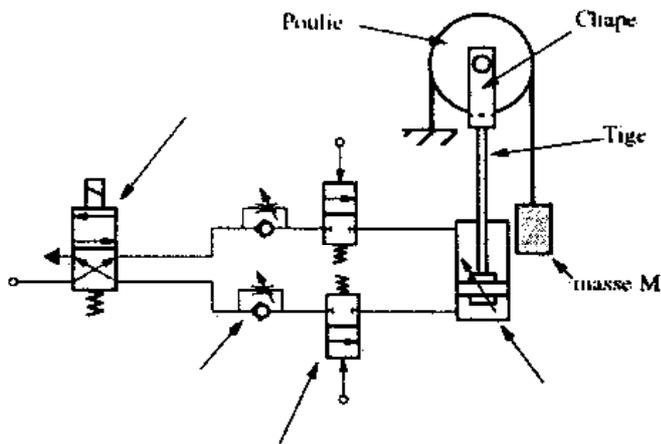


Figure 1 : vue du circuit à dimensionner

## 2.1. Compréhension de l'installation

2.1.1. **Nommer et définir** le rôle de chacun des composants technologiques représentés sur la fig. 1.



2.1.2. **Définir** les caractéristiques (ou grandeurs) principales de chaque composant technologique représenté sur la fig. 1.

## 2.2. Modélisation de l'installation

La fig. 2 met en place les paramètres du problème sur un schéma simplifié. Dans un premier temps, on assimilera l'ensemble du circuit pneumatique amont (respectivement aval) au vérin comme un constituant unique dont la caractéristique de débit est donnée par le débit mesuré à l'eau dans des conditions normales  $K_{v1}$  (respectivement  $K_{v2}$ ).

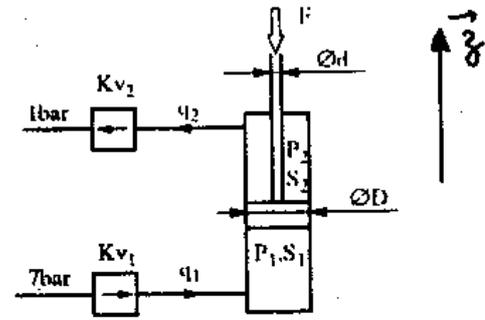


Figure 2 : Schéma simplifié

On rappelle que le théorème du centre d'inertie (équation vectorielle du principe fondamental de la dynamique concernant la résultante dynamique) appliqué au système  $S$  se met sous la forme :

$$\sum_i (\vec{F}_{\text{ext} \rightarrow S})_i = m_S \cdot \vec{a}(G \in S /_0)$$

avec  $G$  centre d'inertie du système et  $0$  repère galiléen.

- 2.2.1. On isole l'ensemble {piston ; tige ; chape}. **Appliquer** le théorème du centre d'inertie selon  $\vec{z}$  (vertical ascendant parallèle à l'axe de la tige) à ce système en précisant clairement vos hypothèses. En **déduire** une équation différentielle permettant d'exprimer l'action mécanique de la poulie sur le système isolé. (**ne pas chercher à résoudre cette équation !!!**)

- 2.2.2. On isole la masse  $M$ . **Appliquer** le théorème du centre d'inertie à ce système et **exprimer** l'action du câble sur  $M$ .

On montre que la vitesse de M selon  $\vec{z}$  vaut le double de celle du centre de la poulie selon  $\vec{z}$ .

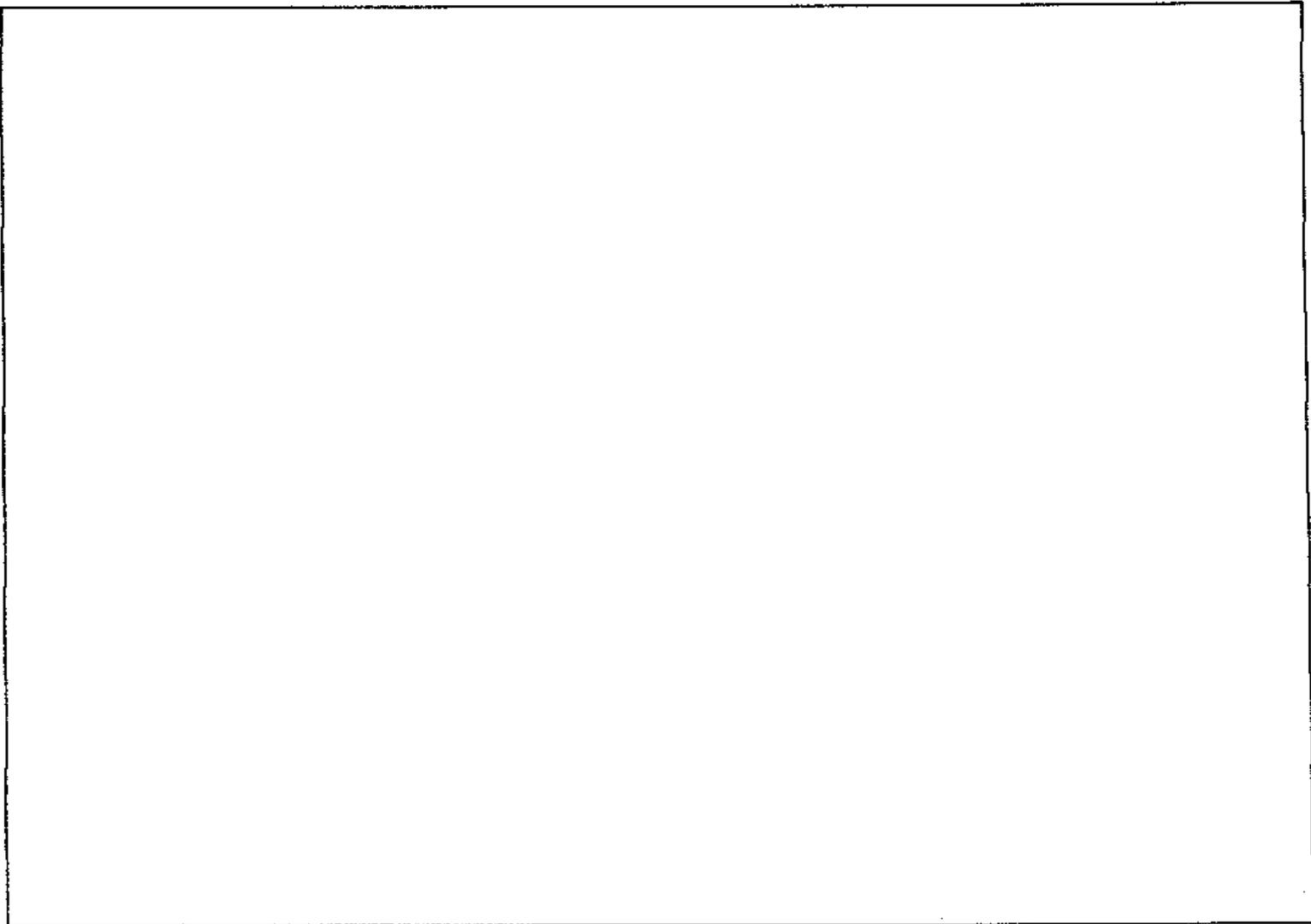
2.2.3. On isole l'ensemble {poulie; câble}. En appliquant partiellement le principe fondamental de la dynamique, on montre que :

$$R_2 - R_1 = \frac{m_p}{2} \cdot \ddot{z} \quad (1)$$

avec  $\vec{z}$  axe vertical ascendant,  $z$  position du centre de la poulie,  $\vec{R}_1 = -R_1 \cdot \vec{z}$  action de M sur le câble et  $\vec{R}_2 = -R_2 \cdot \vec{z}$  action du sol sur le câble. En appliquant le théorème du centre d'inertie à ce système, **montrer** que l'on a :

$$F = \ddot{z} \left( \frac{3}{2} m_p + 4M \right) + g \cdot (2M + m_p) \quad (2)$$

avec  $\vec{F} = F \cdot \vec{z}$  action de la tige du vérin sur le système.



On cherche à approcher la valeur de  $\vec{F}$  l'action que doit fournir le vérin, de manière à le dimensionner. On va donc s'intéresser aux grandeurs intrinsèques à notre installation pneumatique : pression, volume de gaz, type de gaz, etc.

On admet que, selon la position du piston suivant l'axe  $\vec{z}$ , on peut exprimer les volumes de chambres avant ( $V_2$ ) et arrières ( $V_1$ ) de la manière suivante:

$$V_1 = S_1 \cdot z + V_{initial1}$$

$$V_2 = S_2 \cdot z + V_{initial2}$$

avec  $V_{initial1}$  et  $V_{initial2}$  des volumes constants restants dans les chambres lorsque le piston est en positions extrêmes,  $S_1$  (respectivement  $S_2$ ) la surface du piston en chambre avant (respectivement arrière).

Remarque : Le piston est considéré comme un disque.  $z$  désigne la position du centre de gravité du piston et  $z=0$  quand le vérin est rentré.

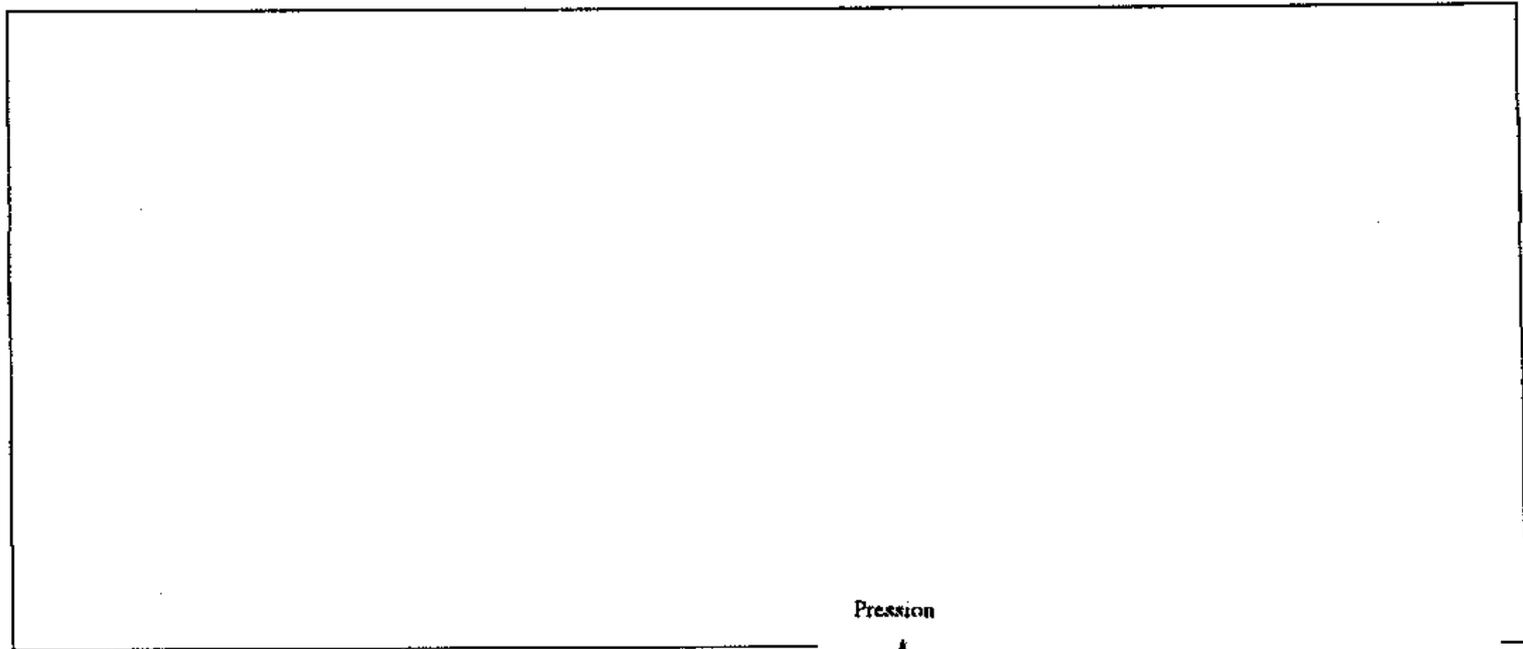
2.2.4. Hypothèses: l'air est un gaz parfait et les transformations sont isothermes. On peut alors écrire:

$$\dot{P}_1 V_1 + P_1 \dot{V}_1 = \lambda \cdot K_{v1} \sqrt{(P_{admission} - P_1) P_{admission}} \quad (3)$$

$$\dot{P}_2 V_2 + P_2 \dot{V}_2 = \mu \cdot K_{v2} \cdot P_2$$

avec  $\lambda$  et  $\mu$  deux constantes,  $P_1$ ,  $P_2$  et  $P_{admission}$  les pressions absolues dans respectivement la chambre arrière, la chambre avant et la pression absolue d'admission.

**Justifiez** d'après le graphe d'évolution des pressions fournit fig.6 que  $\dot{P}_1$  peut être considéré comme nulle. En **déduire** une expression simple de  $F$ .



Remarque : on considère une grandeur négligeable par rapport à une autre si il existe au moins un rapport de 10 entre les deux.

Dans la suite de l'étude, on prendra  $F=842$  N.

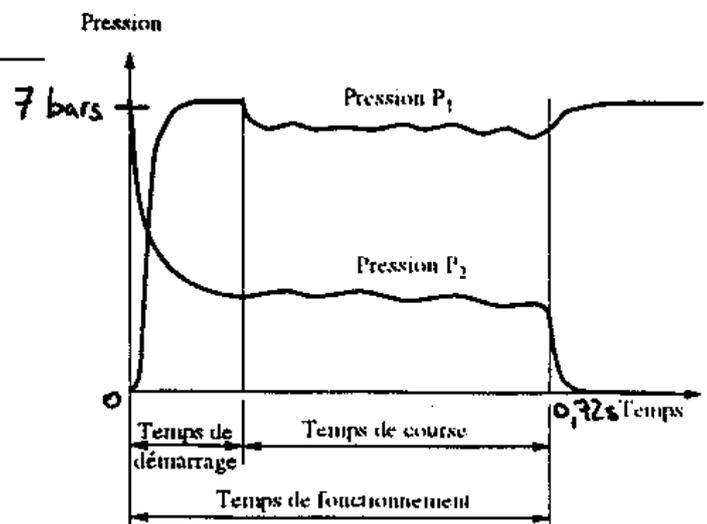


Figure 6 : évolution des pressions dans les chambres du vérin au cours de la sortie de tige.

## 2.3. Dimensionnement du vérin

### 2.3.1. Définir le taux de charge d'un vérin.

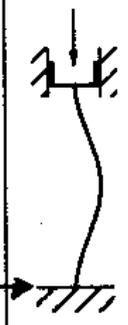
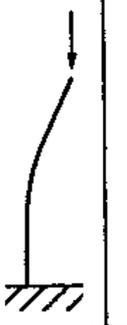
Dans la suite de l'étude on prendra un **taux de charge de 0.5.**

### 2.3.2. Calculer le diamètre du vérin. Choisir en justifiant un vérin dans le tableau 1.

Tableau 1 : vérin double effet avec amortissement pneumatique réglable (ISO 6432-8140-8139)

Ø Alésage	Longueur d'amortissement (mm)	Ø Tige (mm)	Énergie dissipée pendant l'amortissement (J)	Ø Raccordement	Ø Fond de filet du raccordement (mm)
Ø 40	14	18	7	G 1/4	13,153
Ø 50	14	18	14	G 1/4	13,153
Ø 63	21	22	36	G 3/8	16,662
Ø 80	21	22	60	G 3/8	16,662
Ø 100	24	30	100	G 1/2	20,955
Ø 125	24	30	140	G 1/2	20,955
Ø 160	30	40	270	G 3/4	33,249
Ø 200	30	40	440	G 3/4	33,249

Tableau 2 : coefficient  $a$  en fonction des diverses conditions terminales

$a = 4$	$a = 1$	$a = 0,25$	$a = 2,046$	$a = 1$
				
Sortie du vérin				Longueur de $f_1$ hors vérin

2.3.3. On veut vérifier que la tige du vérin résiste au flambage. On définit la charge critique d'Euler, charge maximale admissible avant flambage, qui s'exprime sous la forme:  $P_c = a \cdot \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L^2}$  où  $E$  est le module de Young du matériau de la tige,  $I$  le moment quadratique de la tige,  $L$  la longueur de la tige sortie du vérin et  $a$  le coefficient de prise en compte de conditions terminales (Cf tab.2). Ici, on a

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \text{ avec } d \text{ le diamètre de la tige, } L=400 \text{ mm} \quad E=2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

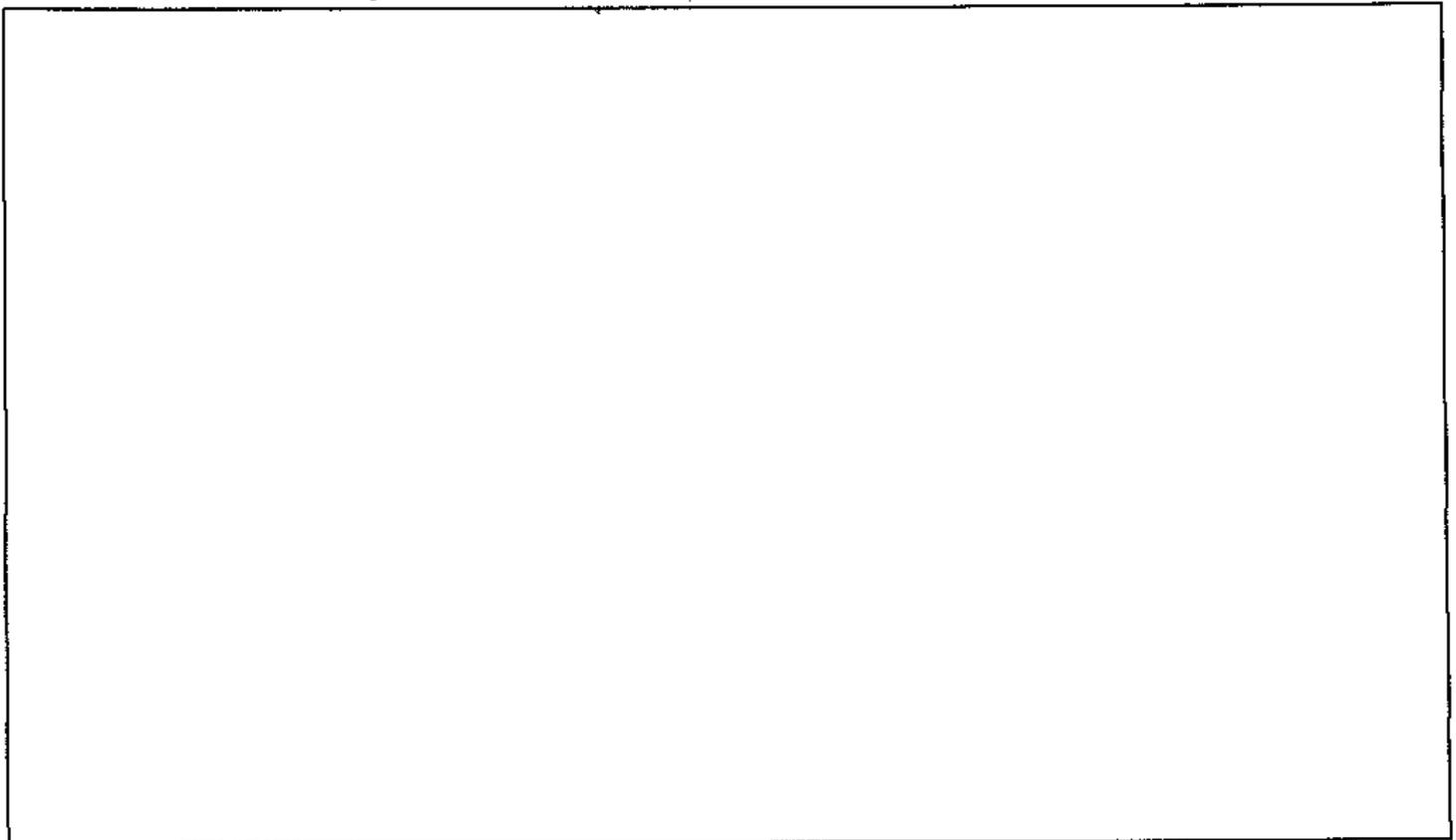
**Vérifier** que le vérin choisi convient à notre installation.

2.3.4. On considère que le mouvement se fait avec une accélération constante. La course est une translation de 400 mm et dure 0.72 s . **Vérifier** que l'amortissement du vérin choisi est suffisant.

On rappelle que l'énergie cinétique dans le cas d'une translation s'exprime sous

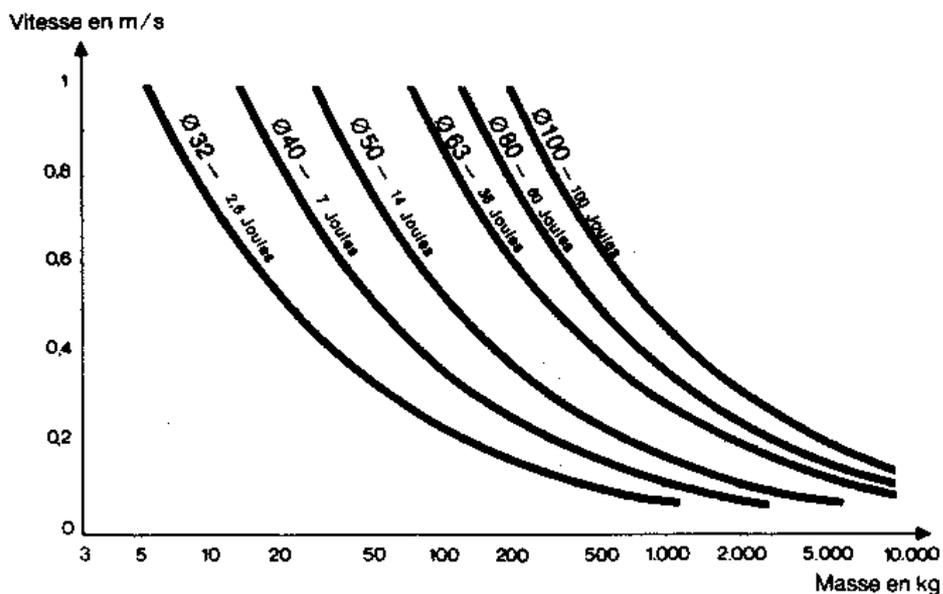
la forme suivante :  $E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$  avec  $m$  masse et  $v$  vitesse du solide considéré.

2.3.5. **Vérifier** si le vérin choisi convient à notre installation cette fois ci en utilisant en utilisant les données constructeur ci-dessous. Le résultat correspond-il au calcul théorique?



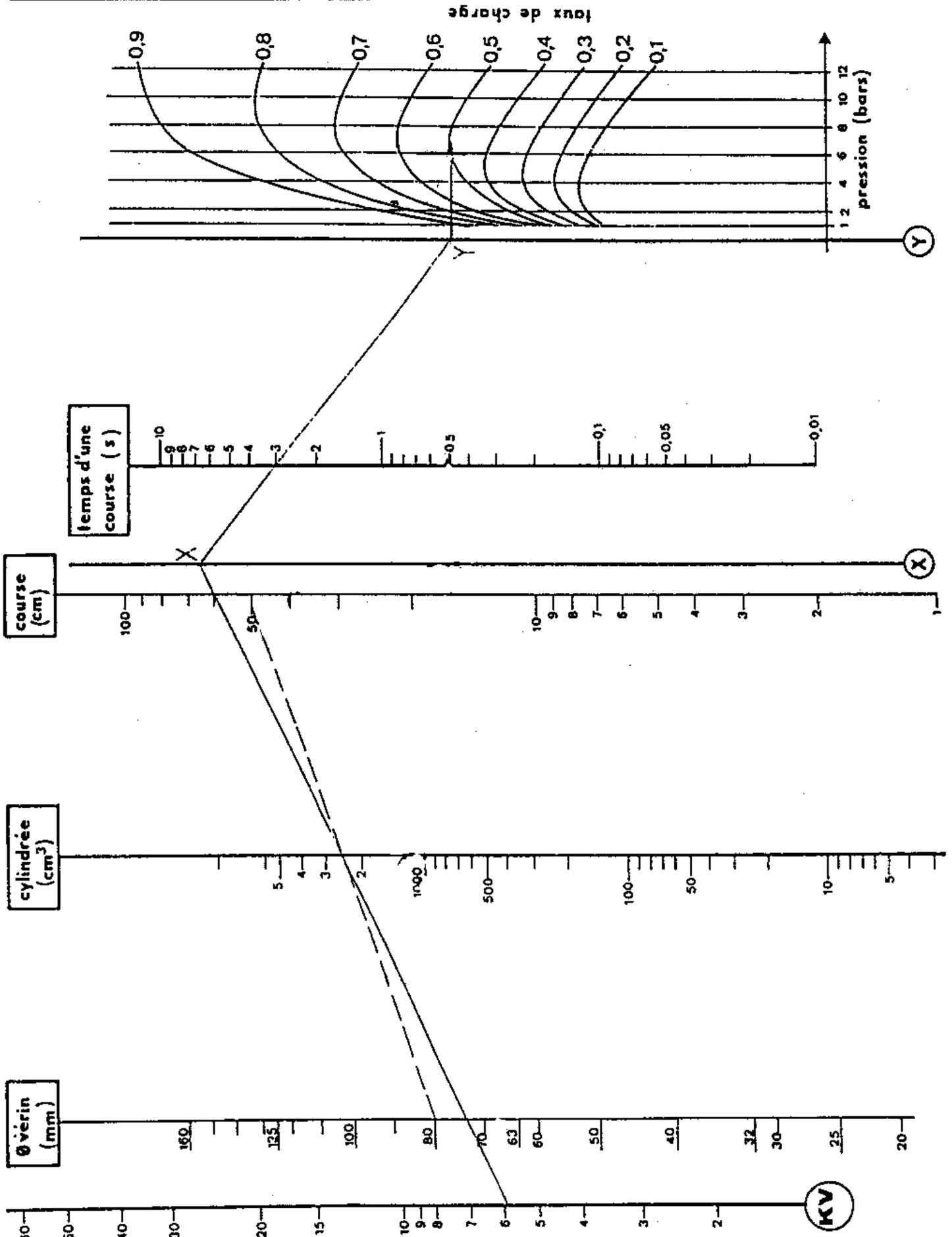
**Vérins double effet à 6 bars ; taux de charge = 1.**

Ø vérin (en mm)	32	40	50	63	80	100
Force théorique en sortie de tige (daN)	47	74	115	183	296	462
Force théorique en rentrée de tige (daN)	41	62	97	165	267	415
Consommation pour 10 mm de course* (Nl) (sortie de tige)	0,056	0,088	0,137	0,218	0,352	0,549



### 2.4. Dimensionnement des constituants du circuit

2.4.1. Déterminer le  $K_v$  du circuit à partir de l'abaque ci-dessous.

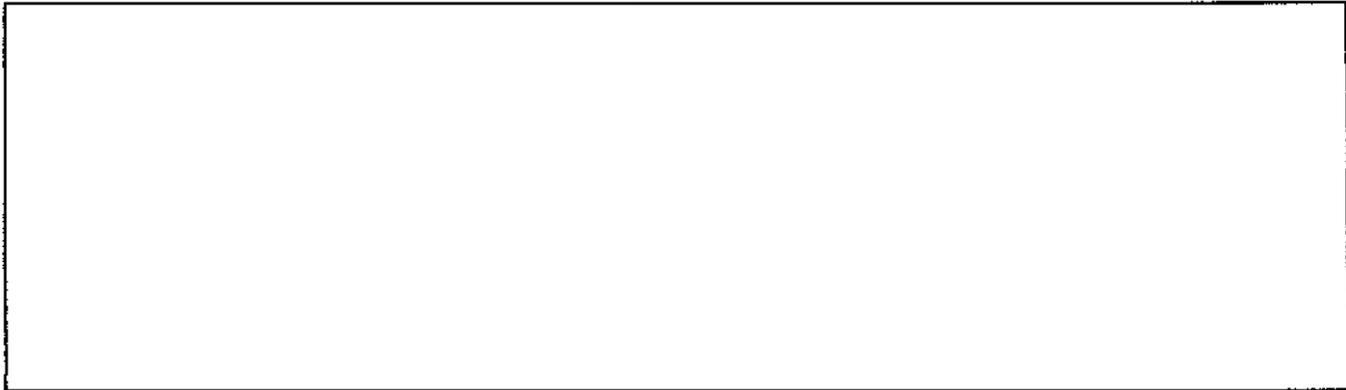


2.4.2. Le  $K_v$  trouvé précédemment correspond à celui du circuit. Or, dans notre cas, trois éléments sont en série à l'admission (et trois à l'échappement). On admet la relation suivante:

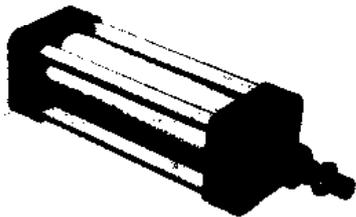
$$\frac{1}{K_{\text{équivalent}}^2} = \frac{1}{K_{v1}^2} + \frac{1}{K_{v2}^2} + \frac{1}{K_{v3}^2}$$

Dans les extraits de catalogue Télémécanique suivants, choisir les composants du circuit alimentant la chambre arrière.

NB : on s'attachera à ce que les différents éléments aient des dimensions compatibles (diamètres, etc.)



Ø du piston en mm	Ø de tige en mm	Orifice de raccordement	Course* en mm	Référence	Masse kg
63	22	3/8" BSP	250	<b>PAE-A1263250</b>	3,150
			320	<b>PAE-A1263320</b>	3,550
			400	<b>PAE-A1263400</b>	4,000



PAE-A1263160

### Bloqueur 2/2 (extrait du catalogue Télémécanique)



PWB-A1400

#### A connexion instantanée avec poussoir de déconnexion

Symbole graphique	Connexion pour orifice pilotage	Filetage pour orifice vérin	Connexion pour tube	Débit à 6 bars	Référence	Masse Kg
	Ø 4 mm	1/4"	Ø 6 mm	550 NI/mn	<b>PWB-A1469</b>	0,150
			Ø 8 mm	550 NI/mn	<b>PWB-A1489</b>	0,150
	3/8"	3/8"	Ø 8 mm	1300 NI/mn	<b>PWB-A1483</b>	0,180
			Ø 10 mm	1300 NI/mn	<b>PWB-A1493</b>	0,180
	1/2"	1/2"	Ø 12 mm	2300 NI/mn	<b>PWB-A1412</b>	0,495

## Réducteur de vitesse (extrait du catalogue Télémécanique)



PWR-E1445

### A connexion instantanée avec poussoir de déconnexion

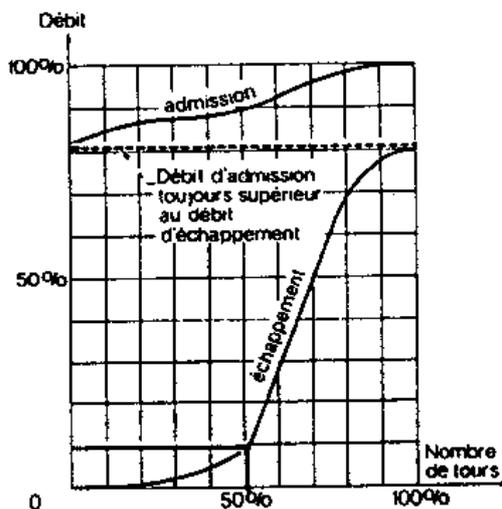
Symbole graphique	Fonctionnement	Filetage pour orifice vérin	Connexion pour tube	Référence	Masse Kg
	Réglage de la vitesse à l'échappement	M5	Ø 4 mm	PWR-E1445	0,015
	Réglage de la vitesse à l'admission*	M5	Ø 4 mm	PWR-E1445	0,015



PWR-E1489

### A connexion instantanée avec poussoir de déconnexion

Symbole graphique	Fonctionnement	Filetage pour orifice vérin	Connexion pour tube	Référence	Masse Kg
	Réglage de la vitesse à l'échappement	1/8"	Ø 4 mm	PWR-E1448	0,040
			Ø 6 mm	PWR-E1468	0,040
		1/4"	Ø 6 mm	PWR-E1469	0,045
			Ø 8 mm	PWR-E1489	0,045
		3/8"	Ø 8 mm	PWR-E1483	0,070
			Ø 10 mm	PWR-E1493	0,075



Référence	Nombre de tours	Débit maximal	
		à l'échappement (vis ouverte)	à l'admission (vis fermée)
PWR-E1445	12	50 NI/mn	50 NI/mn
PWR-E1448	14	280 NI/mn	290 NI/mn
PWR-E1468	14	620 NI/mn	650 NI/mn
PWR-E1469	18	620 NI/mn	620 NI/mn
PWR-E1489	18	1100 NI/mn	1200 NI/mn
PWR-E1483	18	1220 NI/mn	1350 NI/mn
PWR-E1493	18	1900 NI/mn	2100 NI/mn

## Distributeur (extrait du catalogue Télémécanique)

Taille : 1/8", Ø de passage 5 mm, KV = 7

### A pilotage électrique\* avec commandes manuelles auxiliaires\*\*

Symbole Graphique	Raccordement	Fonction	Référence	Masse Kg
	1P 3 4 2	Filetés 1/8" BSP	PVD-B142428	0,260
			PVD-B141428	0,255

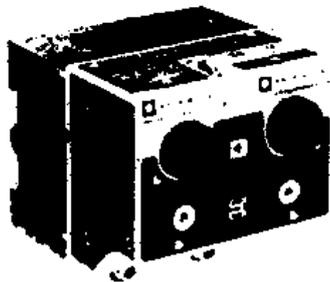


PVD-B142448

Taille : 1/4", Ø de passage 7 mm, KV = 15

### A pilotage pneumatique ou électrique\* avec commandes manuelles auxiliaires\*\*

Symbole Graphique	Raccordement	Fonction	Référence	Masse Kg
	1P 3 4 2	Filetés 1/4" BSP	PVD-C142229	1,030
	14 12 3 4	Instantanés orientables Ø 4 mm	PVD-C141229	1,040

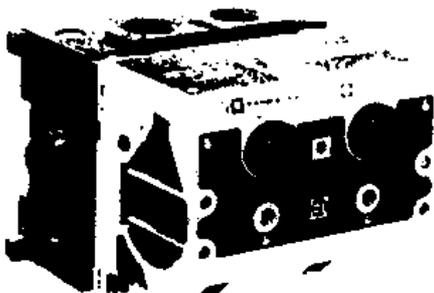


PVD-C142229

Taille : 3/8"-1/2\*\*\*, Ø de passage 11 mm, KV = 29

### A pilotage pneumatique ou électrique\* avec commandes manuelles auxiliaires\*\*

Symbole Graphique	Raccordement	Fonction	Référence	Masse Kg
	1P 3 4 2	Filetés 1/2" BSP	PVD-E142223	1,480
	14 12 3 4	Instantanés orientables Ø 4 mm	PVD-E141223	1,450



PVD-E142223

\* Actionneurs électriques à commander séparément (voir page 2-9)

### 3. GRAFCET :

#### 3.1. *Modèle GRAFCET*

Enoncer les deux postulats temporels du GRAFCET.

#### 3.2. *Evolutions du GRAFCET*

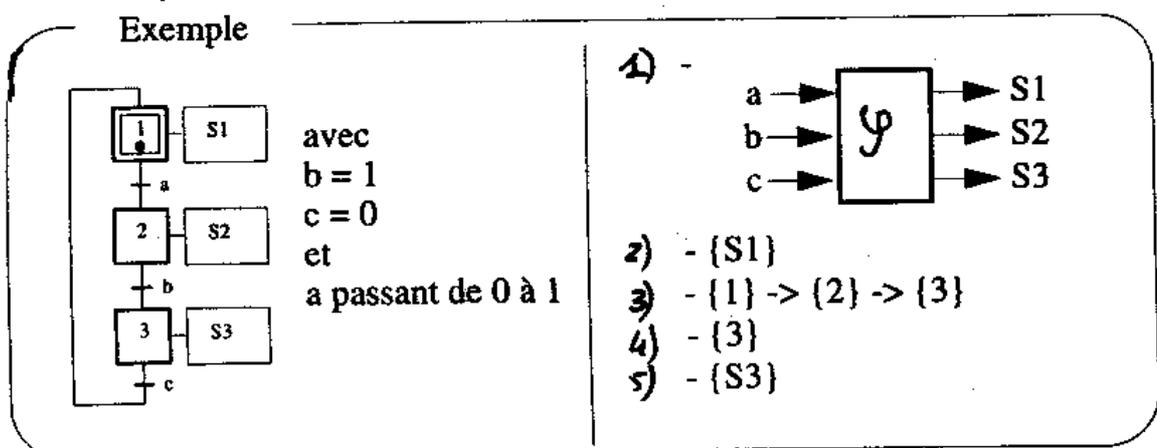
Pour des raisons typographiques des expressions combinatoires, des notations particulières ont été adoptées. Ainsi, le complémentaire de la variable booléenne  $a$  sera notée  $\bar{a}$ , le front montant de  $a$  sera noté  $>a$  et le front descendant de  $a$  sera noté  $<a$  dans les réceptivités des grafjets.

On se propose d'étudier le comportement d'un ensemble de grafjets soumis à une variation particulière de ses entrées.

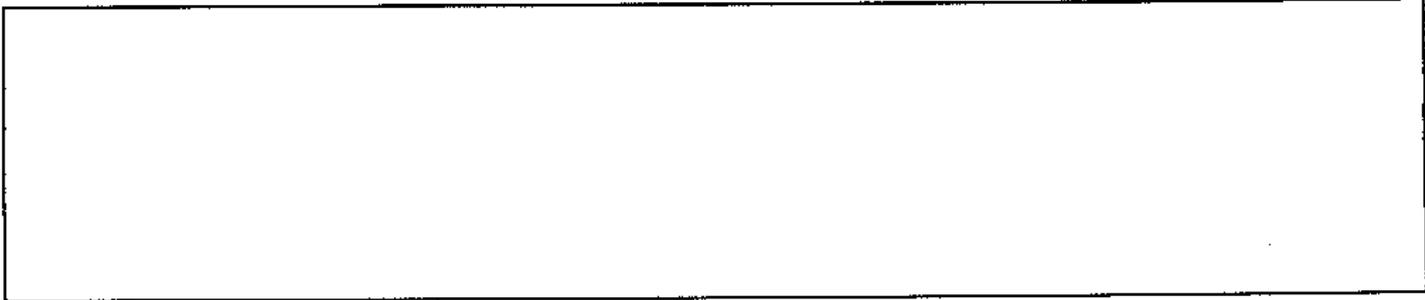
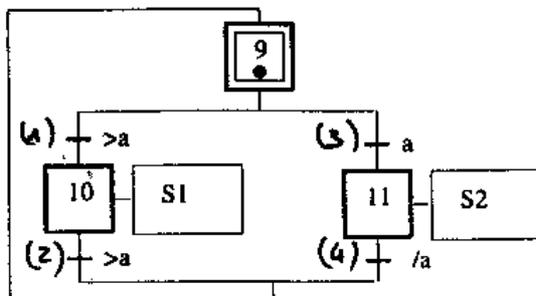
Pour l'ensemble de cette partie, on demande de

- 1) faire l'inventaire des entrées/sorties du modèle grafjet ;
- 2) donner la liste des actions émises dans la situation courante et à partir de la variation du vecteur d'entrée proposée
- 3) donner la succession des situations à l'échelle du temps interne ;
- 4) donner la nouvelle situation à l'échelle du temps externe ;
- 5) donner les actions émises dans cette nouvelle situation.

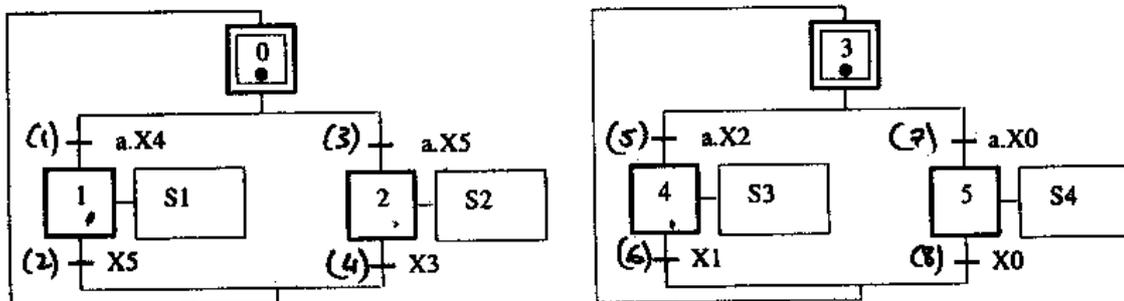
*Remarque* : des tableaux permettant de faire apparaître l'évolution du grafjet sont sur le document réponse Doc.1. Employez les si nécessaire.



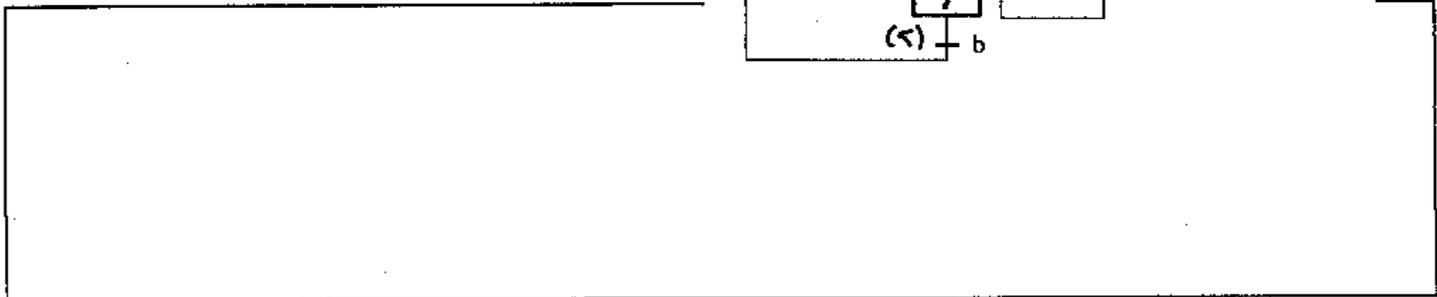
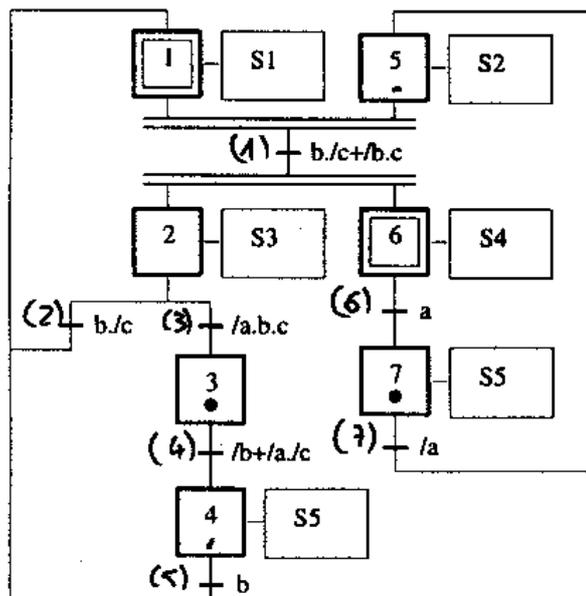
3.2.1. a passe de 0 à 1



3.2.2. a passe de 0 à 1



3.2.3. b=1, c=0 et a passe de 1 à 0



<b>Document réponse <u>Doct</u></b>
-------------------------------------


**Evolution du grafcet n° :** \_\_\_\_\_


**Evolution du grafcet n° :** \_\_\_\_\_


**Evolution du grafcet n° :** \_\_\_\_\_