

# MECA 2755

## Pneumatique

### 3: Electropneumatique

---

Année académique 2005 - 2006, Q1

1

## Contenu du cours

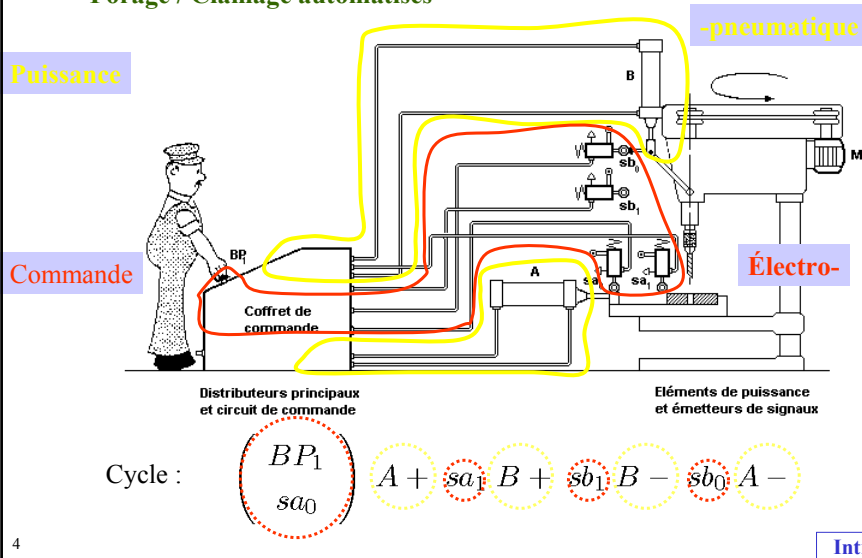
- ✍ **Introduction**
  - ✍ **Distributeurs**
  - ✍ **Relais et Capteurs**
  - ✍ **Symboliques et Conventions**
  - ✍ **Fonctions logiques et circuits de base**
  - ✍ **Circuits sans problèmes**
  - ✍ **Circuits à problèmes (bi- et mono- stables)**
- 
- ✍ **Quoi d'autre et quoi d neuf en pneumatique**

2

?

# La mécanisation électropneumatique

## Forage / Clamage automatisés



## Contenu du cours

- ✍ Introduction
- ✍ **Distributeurs**
- ✍ Relais et Capteurs
- ✍ Symboliques et Conventions
- ✍ Fonctions logiques et circuits de base
- ✍ Circuits sans problèmes
- ✍ Circuits à problèmes (bi- et mono- stables)

---

- ✍ Quoi d'autre et quoi d neuf en pneumatique

# Distributeurs électro-pneumatiques



## 2 familles :

- à commande électromagnétique directe
- à commande électropneumatique (externe ou interne)

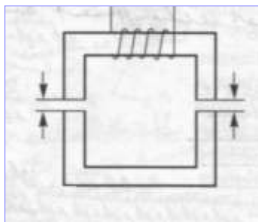
4

5

Distributeurs

# Principe de base

Lorsque 2 matériaux magnétiques différents ( $\mu_1 > \mu_2$ ) soumis à un champ normal  $B$  ont une interface commune, il existe une force d'attraction perpendiculaire à cette surface, donc une pression, qui vaut:  $p = (1/2)B^2 (1/\mu_2 - 1/\mu_1)$



! 2 noyaux (matériau à haute perméabilité,  $\mu_1 \gg 1$ )

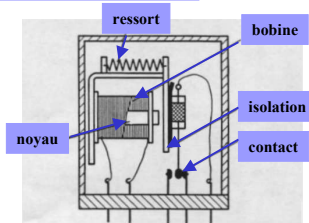
ex. fer ferromagnétique :  $\mu = 5000 \dots 200000$

! Un bobinage parcouru par un courant

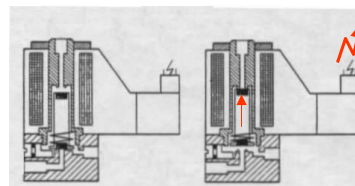
=> Champ magnétique  $B$  engendré

La force d'attraction vaut (faible entrefer):

$$F = B^2 A / \mu_0$$



Relais: Noyau fixe



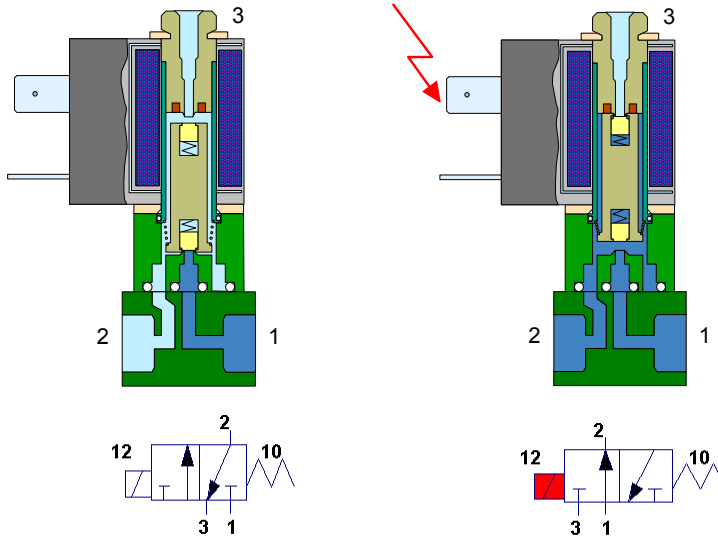
Electrovanne: Noyau Plongeur

4

6

Distributeurs

## Commande électromagnétique directe



7

Distributeurs

## Commande électromagnétique directe

$F_2 > F_1 > F_3$  → car doit pouvoir s'ouvrir si  $p_3 = 0$   
 → pour avoir obstruction au repos

$$F_2 > F_1 > p_3 \cdot S_3$$

$$F_2 > F_1 > p_3 \cdot \frac{\Pi \cdot (d_3)^2}{4}$$

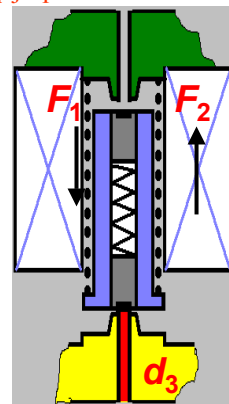
Soit une bobine (ex. 6 W)

$F_2$  (solenoid datasheet)

$F_1$  (spring datasheet)

$S_3$  (choix gicleur)

$F_1$  : force du ressort  
 $F_2$  : force d'attraction  
 $p_3$  : pression du fluide



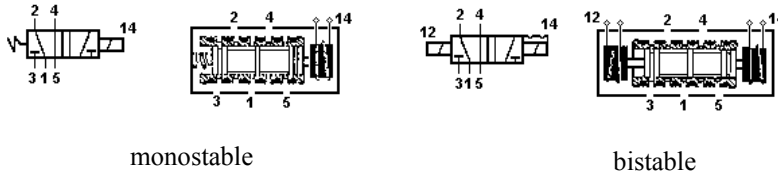
$$F_3 = p_3 \cdot S_3$$

4

Distributeurs

## Commande électromagnétique directe

### Distributeur 5/2 à tiroir

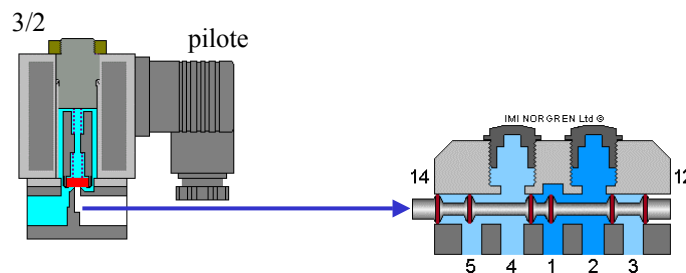


+ : très fiable et temps d'inversion très courts ( $\ll 25$  msec)

- : grosses bobines donc puissance supérieures (... 20 W)

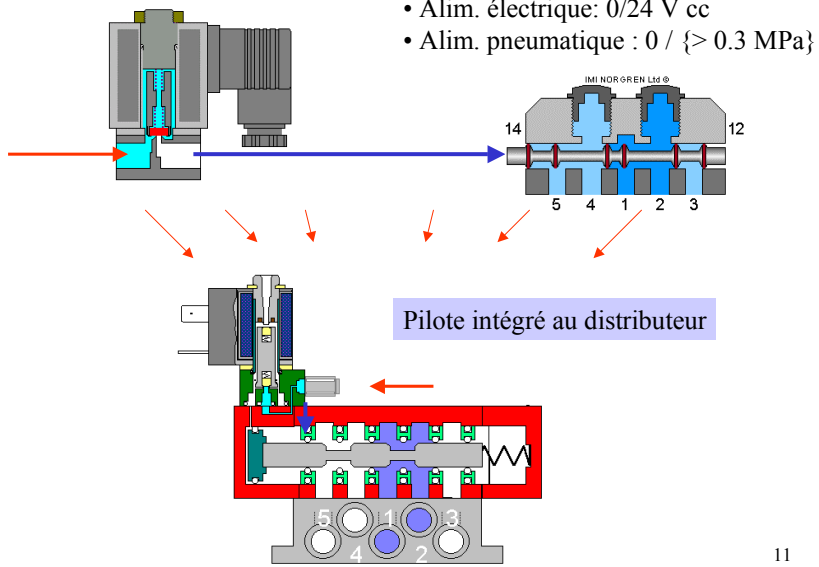
échauffement : peut atteindre  $100^{\circ}\text{C}$

## Commande électropneumatique externe



- Pilote électrique de petite taille
- Puissance réduite : 1 ... 3 W
- Standardisation des pilotes pour une gamme de distributeurs

## Commande électropneumatique externe

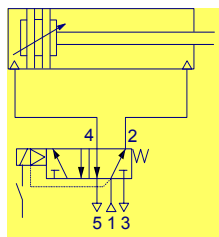
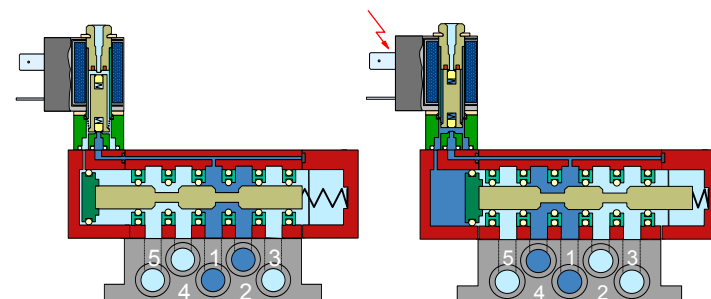


4

11

Distributeurs

## Commande électropneumatique interne



L'alimentation pneumatique du pilote électrique se fait par dérivation sur l'arrivée 1 du distributeur principal

4

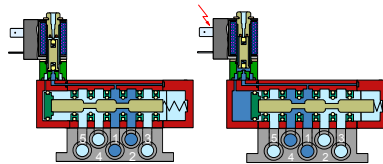
12

Distributeurs

## Commande externe ? / interne ?

On choisira de préférence « interne » sauf:

- Lorsque la pression de service de l'air principal (ex. vide) est plus basse que la pression de pilotage min. (ex. ressort à vaincre)
- Lorsque la pression de service de l'air principal est plus élevée que la pression max. du distributeur pilote
- Lorsqu'on doit alimenter le distributeur par les orifices 3 et 5.

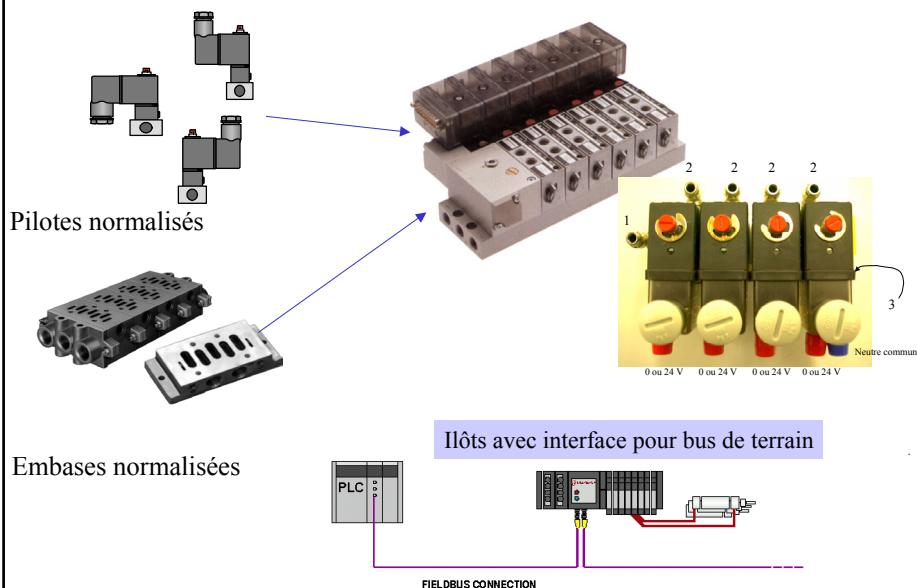


4

13

Distributeurs

## Ilôts de distributeurs



4

Distributeurs

# Contenu du cours

- ✍ Introduction
  - ✍ Distributeurs
  - ✍ **Relais et Capteurs**
  - ✍ Symboliques et Conventions
  - ✍ Fonctions logiques et circuits de base
  - ✍ Circuits sans problèmes
  - ✍ Circuits à problèmes (bi- et mono- stables)
- 
- ✍ **Quoi d'autre et quoi d'neuf en pneumatique**

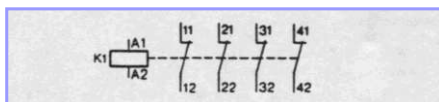
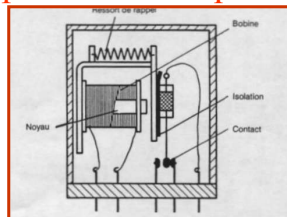
15

?

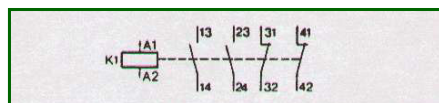
## Relais : principe

Dispositif électromécanique

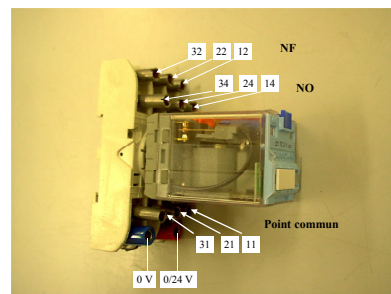
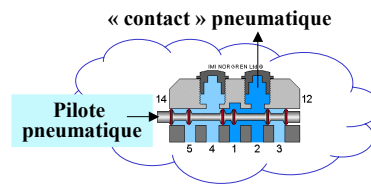
- à contacts électriques
- pilotés électriquement



ex.: relais à 4 contacts à ouverture (NF)



ex.: relais à 2 contacts NO / 2 contacts NF



... au labo

16

Relais

## Attention ! : NO / NF

### Electricité

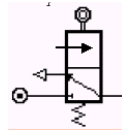


Contact  
Normalement Quvert  
NO  
action: « ferme le **circuit** »

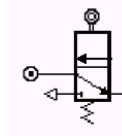


Contact  
Normalement Fermé  
NF  
action: « ouvre le **circuit** »

### Pneumatique



Distributeur  
Normalement Fermé  
NF  
action: « ouvre le **passage** »



Distributeur  
Normalement Quvert  
NO  
action: « ferme le **passage** »

17

Relais

## Relais : caractéristiques/types

- Vitesse d'enclenchement: 8 ... 20 msec
- Nombre de cycles : 100 millions
- Vitesse max: 15 commutations /sec
- Alimentation bobine : DC ou AC (de 3 à 200 V suivant modèle)
- Puissance de fonctionnement : quelques Watts
- Puissance commutée: ... kW...

à distinguer du « contacteurs »  
(grosses puissances commutables)

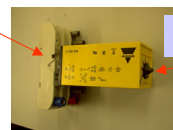
### Types:

relais standard (monostable)

relais avec verrouillage mécanique

relais temporisé retardé à l'enclenchement

relais temporisé retardé au déclenchement



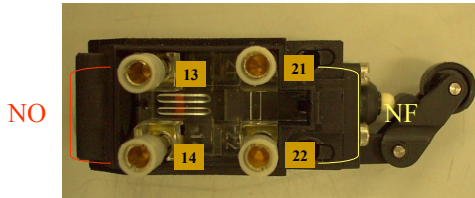
de 1.5 à 60 sec.

18

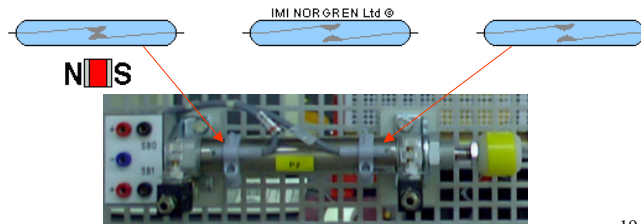
Relais

# Capteurs

Electrique/action mécanique



Electrique/action magnétique « contact reed »



19

Relais

# Contenu du cours

- ✍ Introduction
  - ✍ Distributeurs
  - ✍ Relais et Capteurs
  - ✍ **Symboliques et Conventions**
  - ✍ Fonctions logiques et circuits de base
  - ✍ Circuits sans problèmes
  - ✍ Circuits à problèmes (bi- et mono- stables)
- 
- ✍ Quoi d'autre et quoi d neuf en pneumatique

# Symboles



**Contact à fermeture (NO)**

**Représentation générale**

---



**Contact à ouverture (NF)**

**Représentation générale**

---



**Contact inverseur**

# Symboles



**Un contact de relais bloqué dans les deux positions**

---



**Capteur magnétique (contact à fermeture NO)**

---



**Commande par bouton-poussoir à  
rappel par ressort**

# Symboles



**Commande par bouton rotatif à  
rappel par ressort**



**Commande pneumatique**



**Commande par galet à rappel par ressort**

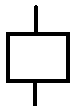
23

Symboles

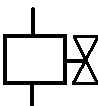
# Symboles



**Une commande avec maintien**



**Élément de commande d'un relais (bobine)**

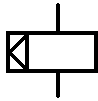


**Bobine de commande d'une  
électrovanne**

24

Symboles

# Symboles



Bobine d'un relais avec verrouillage mécanique



Contact NO actionné au repos “↑↑”

Rem.: on représente ici un contact NF



Contact NF actionné au repos “↑↑”

Rem.: on représente ici un contact NO

# Symboles



Numérotation des bornes des contacts à fermeture d'un relais

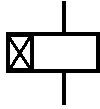


Numérotation des bornes des contacts à ouverture d'un relais

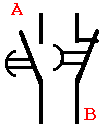


Les 2 bobines d'un relais bistable

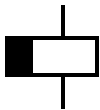
# Symboles



Bobine d'un relais temporisé retardé à l'enclenchement



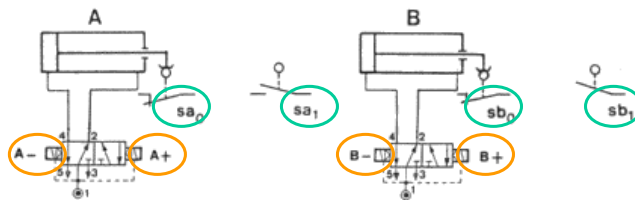
A) contact à fermeture temporisé à l'enclenchement  
B) contact à ouverture temporisé au déclenchement



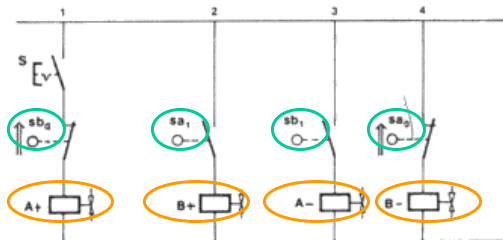
Bobine d'un relais temporisé retardé au déclenchement

# Convention de câblage

Pneumatique

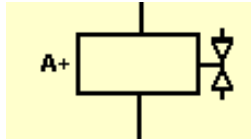


Electrique

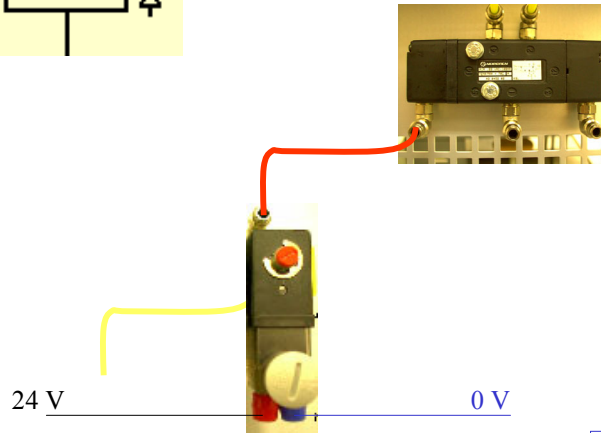


Cycle : S | A+sa<sub>1</sub> B+sb<sub>1</sub> A-sa<sub>0</sub> B-  
sb<sub>0</sub>

# Convention de câblage



? En pratique (au labo)

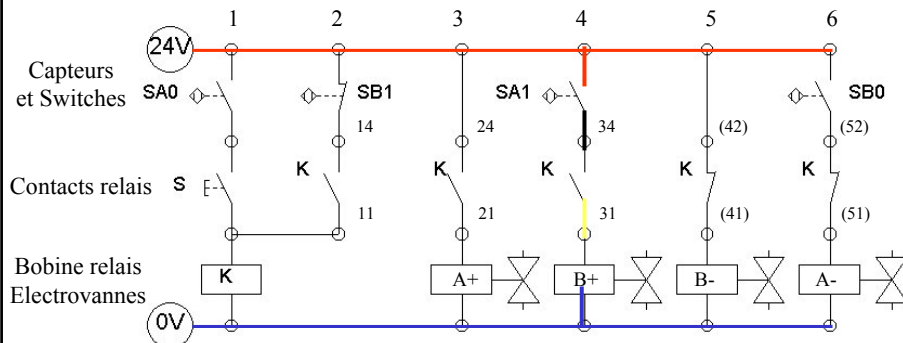


29

Conventions

# Convention de câblage

Code couleur laboratoire



30

Conventions

# Contenu du cours

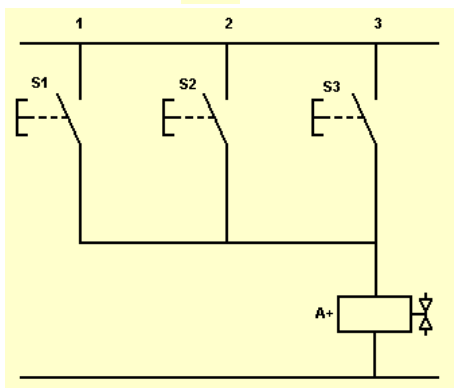
- ✍ Introduction
  - ✍ Distributeurs
  - ✍ Relais et Capteurs
  - ✍ Symboliques et Conventions
  - ✍ **Fonctions logiques et circuits de base**
  - ✍ Circuits sans problèmes
  - ✍ Circuits à problèmes (bi- et mono- stables)
- 
- ✍ Quoi d'autre et quoi d'neuf en pneumatique

31

?

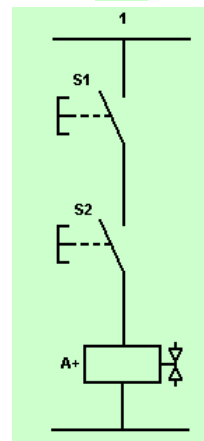
# Fonctions logiques de base

OU



$$f(A+) = S1 + S2 + S3$$

ET

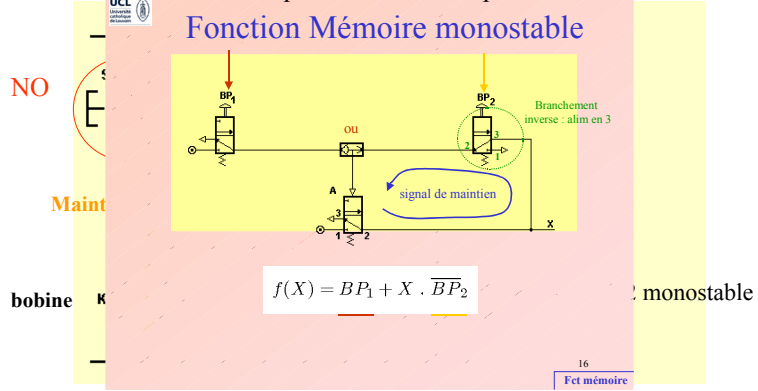


$$f(A+) = S1 \cdot S2$$

32

# Fonctions mémoire (relais)

« mémoriser l'impulsion du bouton poussoir S1 »

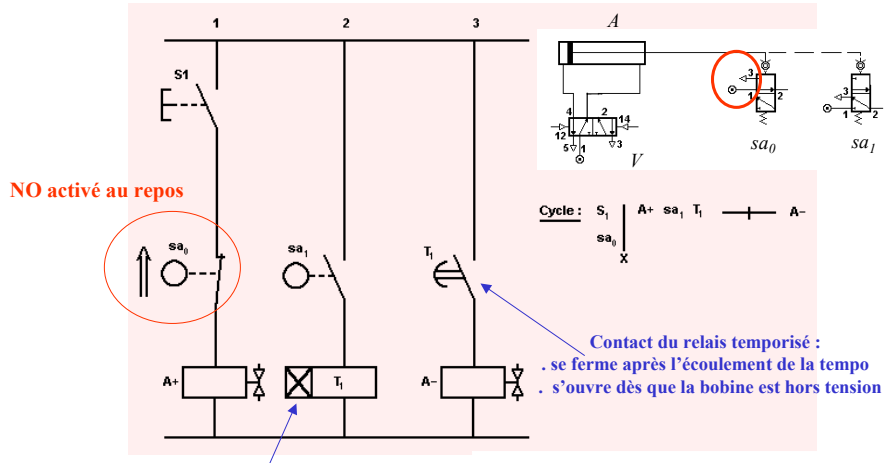


ex.: A : simple effet

$$f(A+) = S_1 + K \cdot \overline{S}_2$$

$$f(A-) = S_2$$

# Temporisation (relais)



**Bobine du relais temporisé (à l'enclenchement) :**  
 reste sous-tension tant que sa<sub>1</sub> est actif  
 A : double effet, distr. bi-stable

$$S_1 \mid A+sa_1T_1 \ A -$$

$$sa_0 \mid$$

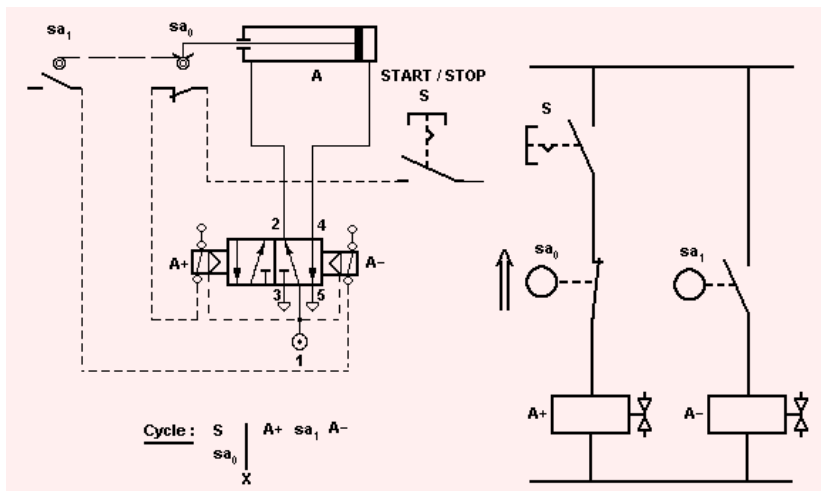
# Contenu du cours

- ✍ Introduction
  - ✍ Distributeurs
  - ✍ Relais et Capteurs
  - ✍ Symboliques et Conventions
  - ✍ Fonctions logiques et circuits de base
  - ✍ **Circuits sans problèmes**
  - ✍ Circuits à problèmes (bi- et mono- stables)
- 
- ✍ Quoi d'autre et quoi d'neuf en pneumatique

35

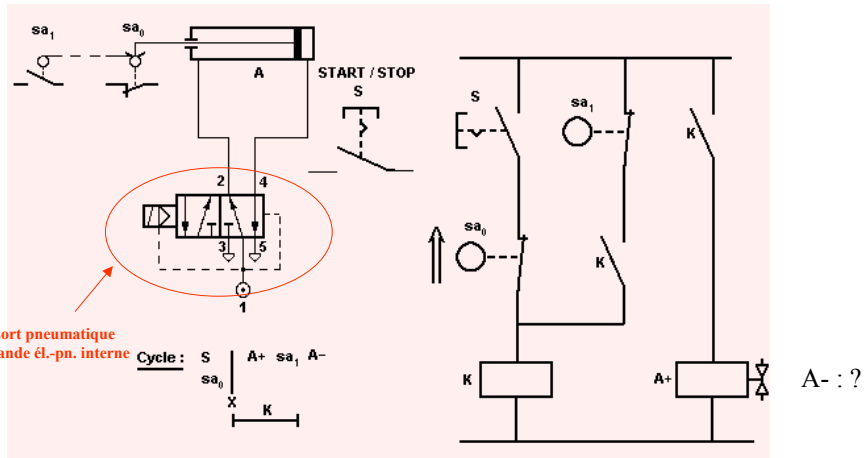
?

## Va-et-vient continu (distributeur bistable)



36

# Va-et-vient continu (distributeur monostable)

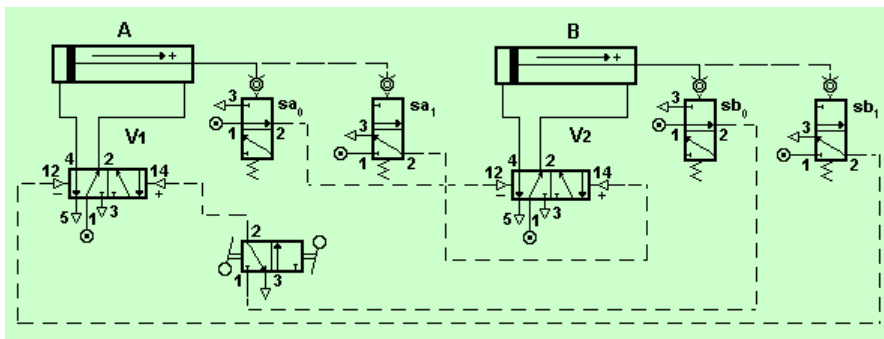


$$f(K) = S \cdot sa_0 + K \cdot \overline{sa_1}$$

37

Circuit de base

# Cycle en carré

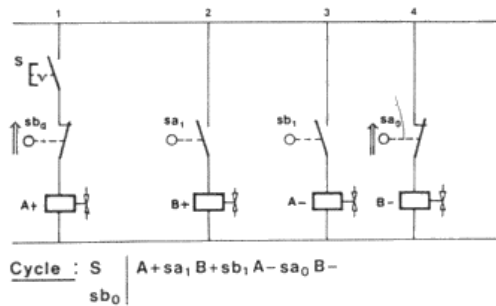
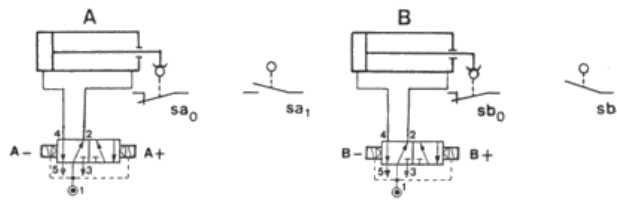


Version pneumatique (rappel)

38

Circuit de base

## Cycle en carré



39

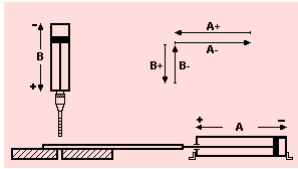
Circuit de base

## Contenu du cours

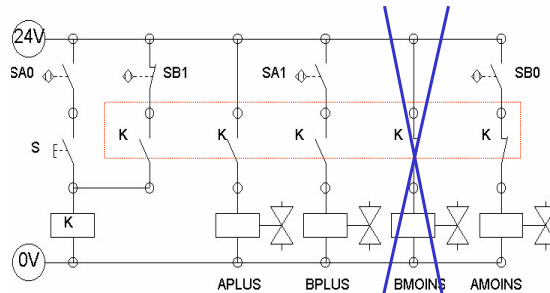
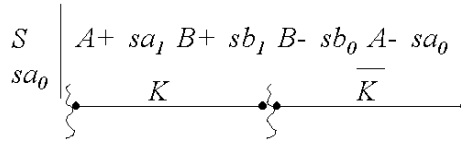
- ✍ Introduction
- ✍ Distributeurs
- ✍ Relais et Capteurs
- ✍ Symboliques et Conventions
- ✍ Fonctions logiques et circuits de base
- ✍ Circuits sans problèmes
- ✍ **Circuits à problèmes (bi- et mono- stables)**

✍ Quoi d'autre et quoi d neuf en pneumatique

# Cycle en L

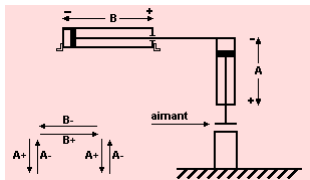


$$\begin{aligned}
 f(A+) &= K \\
 f(A-) &= sb_0 \cdot \bar{K} \\
 f(B+) &= K \cdot sa_1 \\
 f(B-) &= \bar{K} \\
 f(K) &= sa_0 \cdot S + K \cdot \bar{sb}_1
 \end{aligned}$$

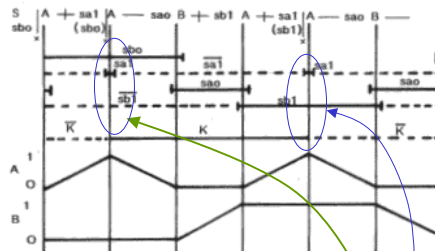


si distributeur de B monostable

# Cycle en U



$$\begin{aligned}
 f(A+) &= S \cdot sb_0 \cdot \bar{K} + sb_1 \cdot K \\
 f(A-) &= sb_0 \cdot K + sb_1 \cdot \bar{K} \\
 f(B+) &= K \cdot sa_0 \\
 f(B-) &= \bar{K} \cdot sa_0
 \end{aligned}$$



? f(K)

- enclenchement:  $sa_1 \cdot sb_0$
- déclenchement:  $sa_1 \cdot sb_1$
- maintien:  $\overline{sa_1 \cdot sb_1}$

loi de "Morgan" :  $\overline{a \cdot b} = \bar{a} + \bar{b}$

$$f(K) = sa_1 \cdot sb_0 + (\overline{sa_1} + \overline{sb_1}) \cdot K$$

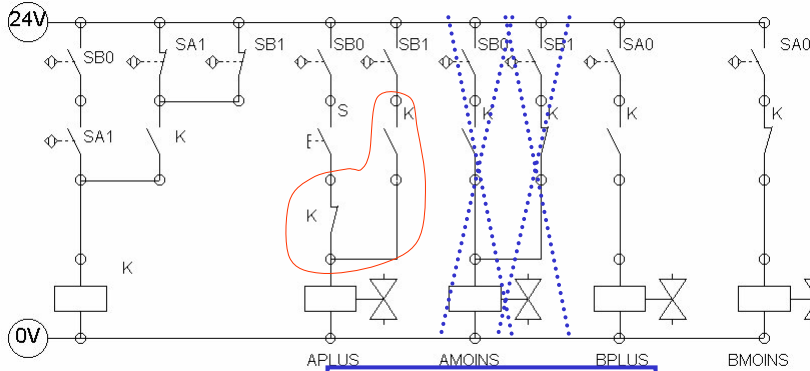
# Cycle en U

$$f(A+) = S \cdot sb_0 \cdot \bar{K} + sb_1 \cdot K$$

$$f(A-) = sb_0 \cdot K + sb_1 \cdot \bar{K}$$

$$f(B+) = K \cdot sa_0$$

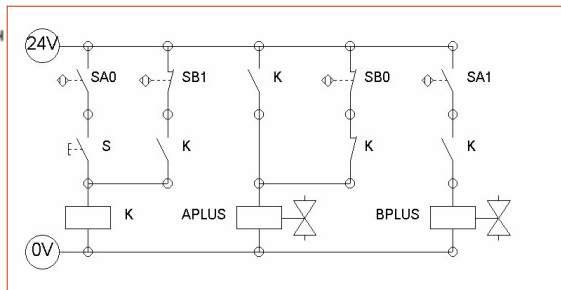
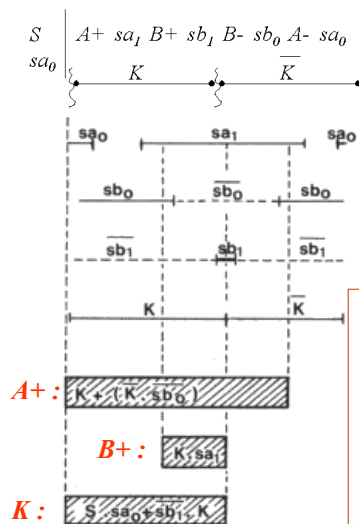
$$f(B-) = \bar{K} \cdot sa_0 \quad f(K) = sa_1 \cdot sb_0 + (\overline{sa_1} + \overline{sb_1}) \cdot K$$



si distributeur de A monostable

Circuit probl.

# Cycle en L - distr. monostables



Circuit probl.

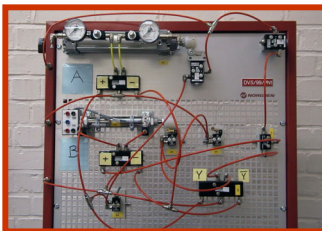
# Contenu du cours

- ✍ **Introduction**
  - ✍ **Distributeurs**
  - ✍ **Relais et Capteurs**
  - ✍ **Symboliques et Conventions**
  - ✍ **Fonctions logiques et circuits de base**
  - ✍ **Circuits sans problèmes**
  - ✍ **Circuits à problèmes (bi- et mono- stables)**
- 
- ✍ **Quoi d'autre et quoi d'neuf en pneumatique**

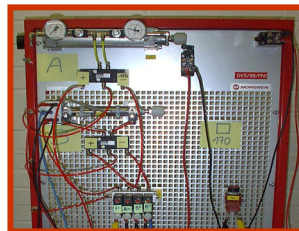
45

?

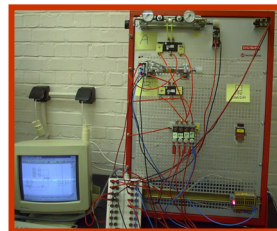
# Logique câblée / programmée



Puissance: pneumatique  
Commande: pneumatique  
Logique : pneumatique



Puissance: pneumatique  
Commande: électrique  
Logique : électrique



Puissance: pneumatique  
Commande: électrique  
Logique : programmée

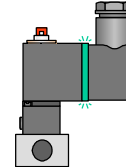
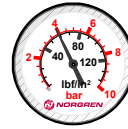
max. 2 ... 3 cylindres  
max. 2 mémoires (5/2 ou relais)

• PC  
• PLC

46

# Appareils de contrôle

- Les manomètres indiquent la présence et le niveau de la pression
- Les témoins de pression signalent la présence d'air comprimé
- Les témoins lumineux signalent la présence d'électricité
- Les témoins par LED signalent si une bobine est sous tension ou si un capteur magnétique est actionné



47

conclusions

# Accessoires (!)

Silencieux ...



Limiteurs de débit



Systèmes FRL



Raccords et clapets anti-retour ...

Tuyauteries ...



48

conclusions

## Revue spécialisée



conclusions

## Revue spécialisée

- **Distributeurs haute vitesse** (temps de commutation de 2 ms)  
=> Triage du riz, haute vitesse (en fonction de la couleur du grain) à l'éjection (Stars microelectronics)
- **High speed pick and place robot**, variantes :
  - Axes flexibles pneumatiques
  - Position intermédiaire active (servopneumatique)
  - Unité de blocage dans une direction (x,y,z)
  - Trajectoires complexes (en combinant vérins linéaires, vérins oscillants et guidage par came)
- **Muscles pneumatiques** : mouvements amples et souples (pas de stick&slip)  
=> Simulateur de vol « humphrey » (Autriche)
- **Ilots de Distributeurs intelligents** (diagnostics de pannes, vérification pression)  
=> Utilisation en bus de terrain
- **Positionnement** :
  - Haute vitesse : ok avec actionneurs électriques : 10 m/s ! (Festo !)
  - Servopneumatique : moins précis, moins rapide mais moins cher et plus fiables et surcharges permises !!  
=> vérin + système de mesure (ex. LVDT\*) + distributeur proportionnel + régulateur électronique
- **Une kyrielle d'applications étonnantes** (en manutention, packaging, ...)

\* Linear Variable Differential Transformer

conclusions

# Laboratoires 3 - 4 - 5

## 🔗 Labo 3:

- Finir cycle L monostable pneumatique
- Va-et-vient électropneumatique
- Temporisation électropneumatique
- Cycle carré électropneumatique

## 🔗 Labo 4:

- Cycle L électropneumatique
- Cycle U électropneumatique
- Cycle L ou ABC monostable électropneumatique

## 🔗 Labo 5:

- Cycle Carré électropneumatique - logique programmée
- Cycle L ou U électropneumatique - logique programmée
- Cycle L ou ABC monostable électropneumatique - logique programmée