AUTOMATISATION DES SYSTEMES

Généralités

1 - Notion de systèmes

L'association d'un **objet technique** et de **l'homme** qui le **commande** s'appelle un **système**.
Un système est dit « **mécanisé** » lorsque l'homme n'apporte pas la **totalité de l'énergie** nécessaire.
Un système est dit « **automatisé** » lorsque l'homme n'est plus «indispensable» pour le **commander.**

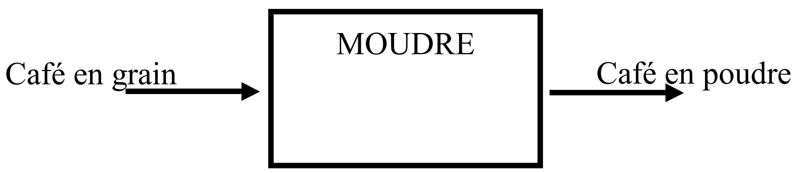
2 - Fonction globale d'un système.

La valeur ajoutée est l'objectif global pour lequel a été défini, conçu, et réalisé le système.

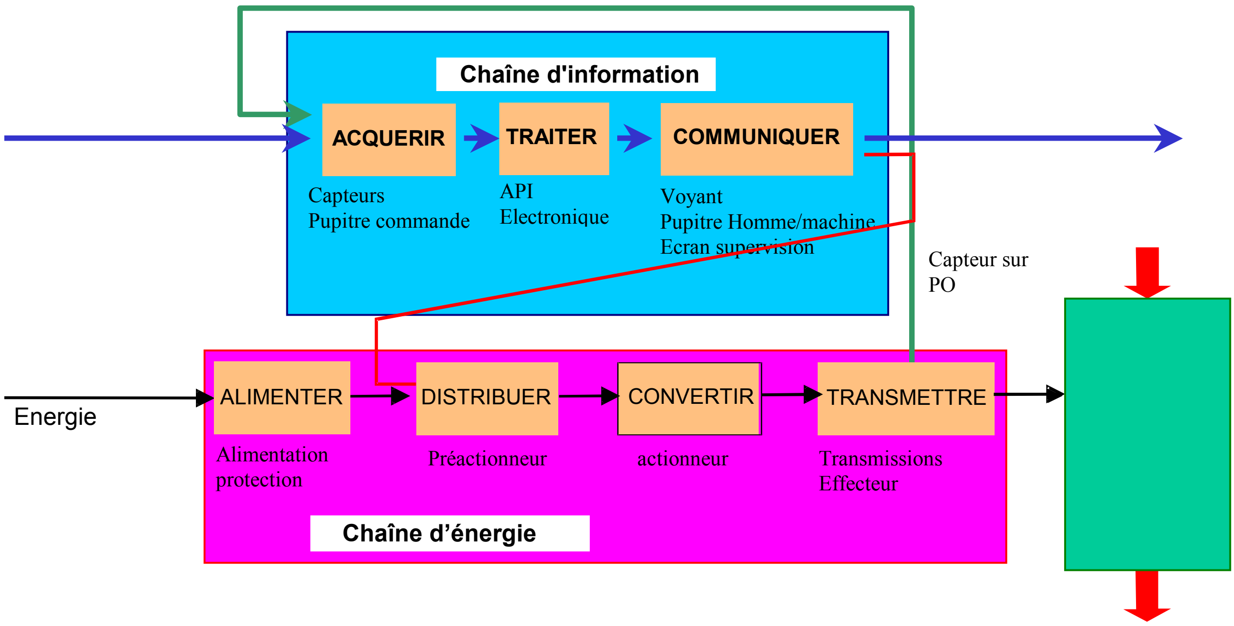
Exemple : Une personne veut boire un café (c'est le besoin).

Avant de préparer le café, la personne doit préalablement moudre les grains de café à l'aide d'un moulin.
L'homme et l'objet technique qu'est le moulin forment **un système**. La fonction de ce système est de moudre du café initialement en grains.
Le café est **la matière d'œuvre** sur laquelle opère **le système**. Le café est introduit dans l'objet technique (le moulin) sous son état initial (en grains) pour en ressortir, après action de la personne (mise en fonctionnement), sous son état final (moulu).

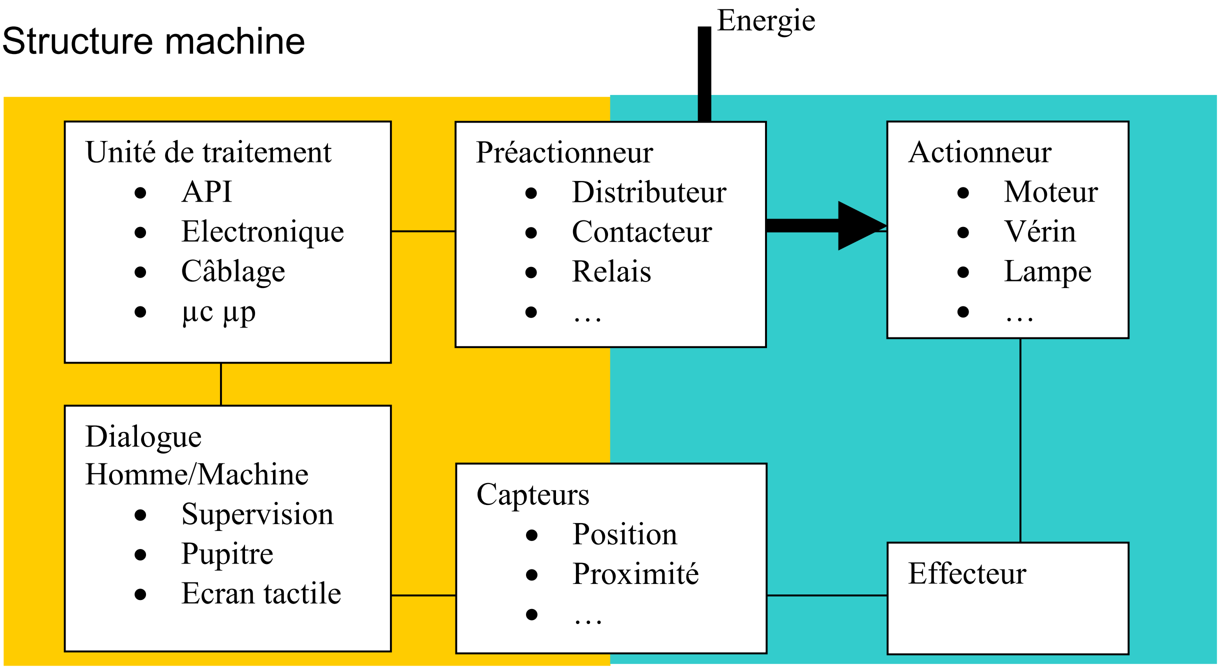
Le système a donc apporté une **valeur ajoutée** à la **matière d'œuvre**.



Chaîne fonctionnelle



Structure machine



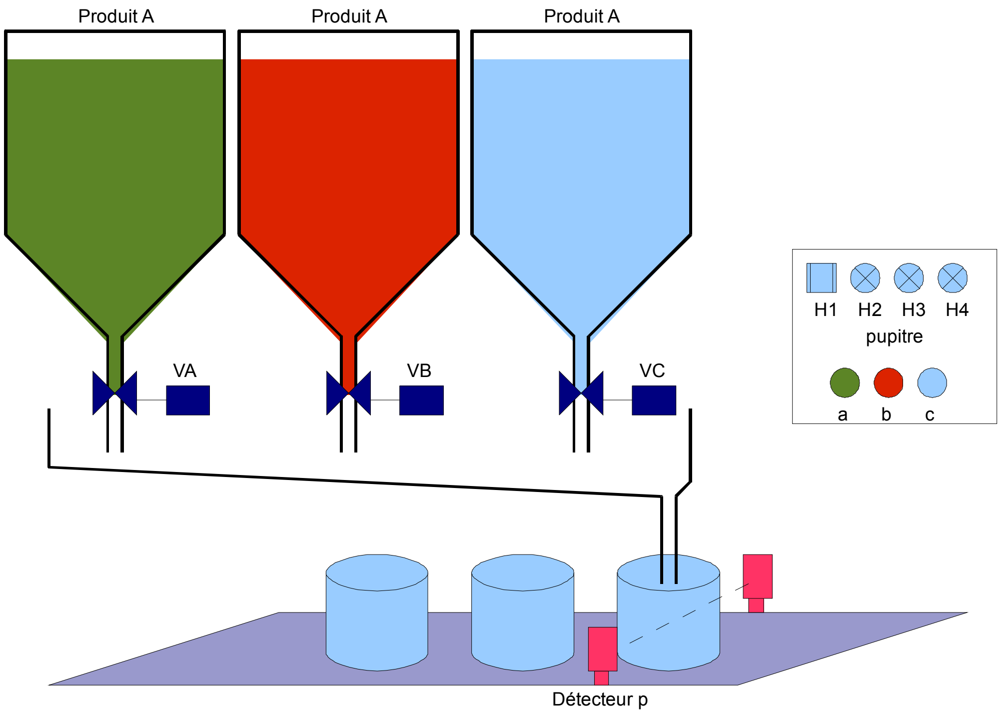
Partie Commande Partie Opérative

Actionneur : Convertir des énergies.

Préactionneur : Contrôler l'énergie nécessaire au fonctionnement des actionneurs en suivant les ordres de l'unité de commande.

La logique combinatoire

Système d'étude



Descriptif du fonctionnement

- Il s'agit d'un système semi-automatique de mélange de produits toxiques.
- Un opérateur doit mettre un baril (présence baril détecté par "p") pour procéder au mélange des produits.
- Lorsque le baril est en place, il peut en appuyant sur les boutons **a, b et c** ; ouvrir respectivement les électrovannes **VA, VB et VC** pour procéder au mélange des produits.
- Certains mélanges ne peuvent être obtenus compte tenu de la toxicité des produits.

  - Le mélange des produits A et B est autorisé.
  - Le mélange des produits A et C est autorisé.
  - Le mélange des produits B et C est autorisé.
  - Le mélange des trois produits est interdit.
  - Les produits A et B peuvent être délivrés seuls.
  - Le produit C ne peut être délivré seul.

- Un buzzer H1 signale à l'opérateur une fausse manœuvre (mélange interdit) ou une absence de baril (détecteur p), ou aucun choix de l'opérateur.
- Un voyant vert H2 signale à l'opérateur que le mélange est possible.
- Un voyant H3 signale la présence d'un baril

L'utilisation de l'arithmétique binaire est possible grâce à un mathématicien anglais George BOOLE. On parle couramment de l'algèbre de BOOLE. On verra que cette arithmétique est très voisine de l'arithmétique décimale, elle est basée sur l'utilisation d'informations logiques.

1 – Représentation d'une information logique

On suppose que sur le système étudié, un voyant H3 permet de savoir si l'opérateur a placé un baril :

S'il y a un baril p = 1 : Le voyant est allumé
S'il n'y a pas de baril p = 0 : Le voyant est éteint

On réalise la **fonction logique** OUI

1 – 1 Représentation par un circuit électrique

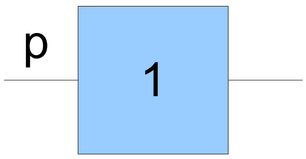
1 – 2 Représentation sous forme d'équation BOOLÉENNE

$H3 = p$

1 – 3 Représentation par table de vérité

p	H3
0	0
1	1

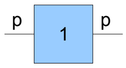
1 – 4 Représentation par logigramme



1 – 5 Représentation LADDER ou schéma à contact

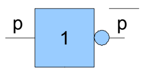
2 – Les opérateurs logiques de base

<table>
<tr><td>Oui</td><td>$H3 = p$</td><td>

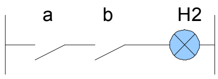



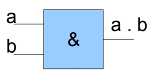
<table><tr><td>p</td><td>H3</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td></tr></table>

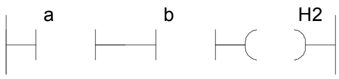

</td></tr>
<tr><td>Non</td><td>$H1 = \overline{a}$</td><td>

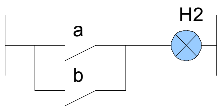



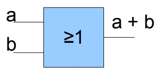
<table><tr><td>p</td><td>H1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>

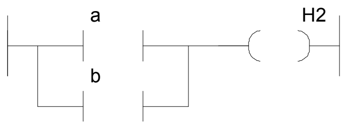

</td></tr>
<tr><td>ET</td><td>$H2 = a.b$</td><td>




<table><tr><td>b</td><td>a</td><td>H2</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>


</td></tr>
<tr><td>OU</td><td>$H2 = a + b$</td><td>




<table><tr><td>b</td><td>a</td><td>H2</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>


</td></tr>
</table>

3 – La complémentation

Il existe d'autres opérateurs logiques qui sont obtenus en complémentant les relations existantes. Cette possibilité est très intéressante, car on verra qu'elle permet d'utiliser qu'un seul type d'opérateur pour traiter tous les problèmes de logique combinatoire. C'est un automaticien du nom de DE MORGAN qui a développé cette théorie.

3 – 1 Le Théorème de DE MORGAN

Complément d'une somme logique :

$$\boxed{\overline{a \,.\, b} = \overline{a} + \overline{b}}$$

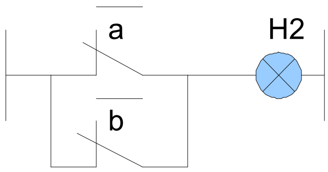
Complément d'un produit logique :

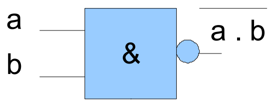
$$\boxed{\overline{a + b} = \overline{a} \,.\, \overline{b}}$$

3 – 2 Les opérateurs logiques complémentés

NAND

$H4 = \overline{a.b}$

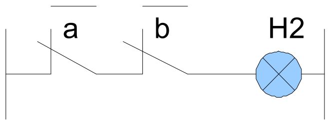


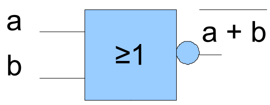


b	a	H2
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NOR

$H4 = \overline{a + b}$

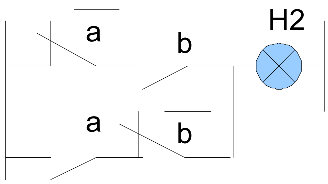


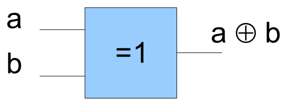


b	a	H2
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Ou exclusif

$H4 = a \oplus b$





b	a	H2
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

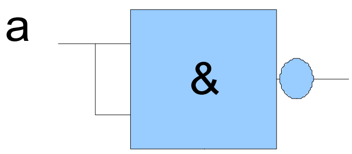
NON en NAND ou NOR

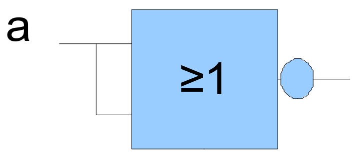
$a.a = a$

$\overline{a.a} = \overline{a}$

$a + a = a$

$\overline{a + a} = \overline{a}$





4 – La logique combinatoire

On parle de traitement combinatoire ou de commande à effet direct, lorsqu'à chacune des combinaisons des entrées correspond un seul état des sorties.
Le problème étudié est une commande à effet direct, car pour une combinaison des entrées (a,b,c,p) on aura un seul état des sorties (VA, VB, VC, H1, H2).

S'il y a un baril	**ALORS**	Comme le mélange de A et B est autorisé :
Si l'opérateur veut du produit A		L'électrovanne A s'ouvre
Si l'opérateur veut du produit B		L'électrovanne B s'ouvre
Si l'opérateur ne veut pas du produit C		L'électrovanne C reste fermée
		Le buzzer ne sonne pas
		Le Voyant vert est allumé

Il faut envisager toutes les combinaisons : **S'il y a n entrées, il y aura 2^n combinaisons des entrées**

Pour regrouper toutes les combinaisons, on utilise **une table de vérité.**

p	c	b	a		VC	VB	VA	H1	H2
0	0	0	0		0	0	0	1	0
0	0	0	1		0	0	0	1	0
0	0	1	0		0	0	0	1	0
0	0	1	1		0	0	0	1	0
0	1	0	0		0	0	0	1	0
0	1	0	1		0	0	0	1	0
0	1	1	0		0	0	0	1	0
0	1	1	1		0	0	0	1	0
1	0	0	0		0	0	0	1	0
1	0	0	1		0	0	1	0	1
1	0	1	0		0	1	0	0	1
1	0	1	1		0	1	1	0	1
1	1	0	0		0	0	0	1	0
1	1	0	1		1	0	1	0	1
1	1	1	0		1	1	0	0	1
1	1	1	1		0	0	0	1	0

Le but de cette table est de trouver l'équation logique de chacune des variables de sortie.

L'équation logique est une somme logique (Fonction OU) des différentes combinaisons des entrées (produit logique ou fonction ET) pour lesquelles la variable de sortie est à l'état logique 1.

Représentation de l'état d'une variable :

La variable **"a"** à l'état 1 est appelée a et sera notée a La variable **"a"** à l'état 0 est appelée a « barre » et sera notée $\overline{a}$

Exemple :

$$
\begin{aligned}
&Vc = 1 \\
&si \\
&p = 1, c = 1, b = 0, a = 1 \\
&p = 1, c = 1, b = 1, a = 0
\end{aligned}
$$

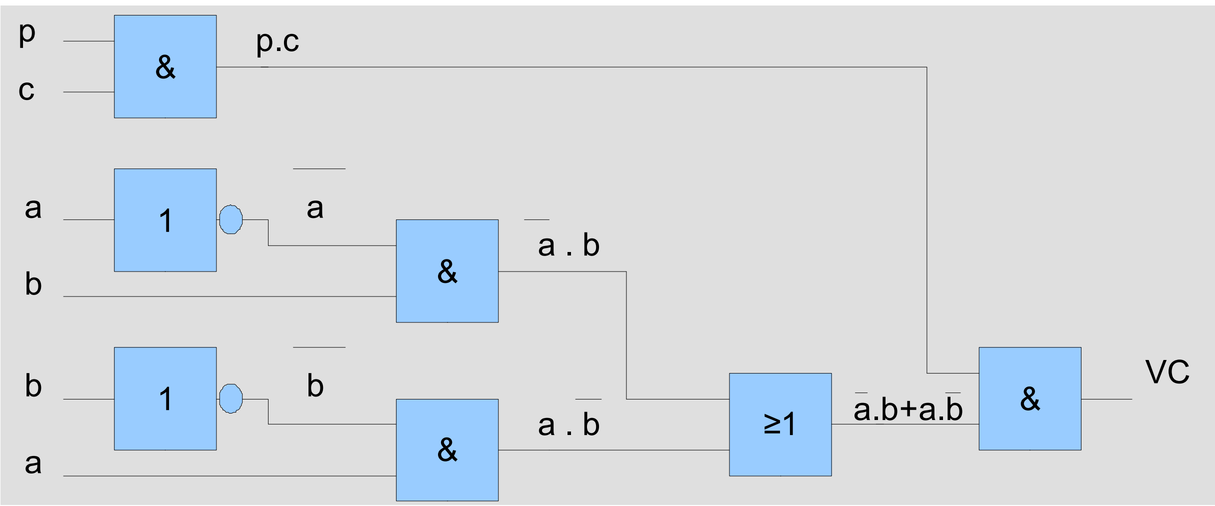
L'équation de VC sera :

$$VC = (p.c.\overline{b}.a) + (p.c.b.\overline{a}) = p.c.\overline{b}.a + p.c.b.\overline{a}$$

5 - Représentation sous forme de logigramme

On reconstitue l'équation logique avec les fonctions logiques

Il est utile de mettre les résultats intermédiaires pour vérifier



Logique combinatoire
Simplification des équations logiques

Support technique : ***Système de mélange des produits***

Dans l'étude du système de mélange des produits toxiques, on a déterminé les équations de fonctionnement. Certaines semblent compliquées à exploiter pour la réalisation technique du système de traitement combinatoire. Nous allons voir avec deux méthodes différentes comment simplifier ces équations.

1 – Règles et relations particulières de l'arithmétique binaire

1 – 1 La commutativité

$$a \,.\, b = b \,.\, a \;;\; a + b = b + a$$

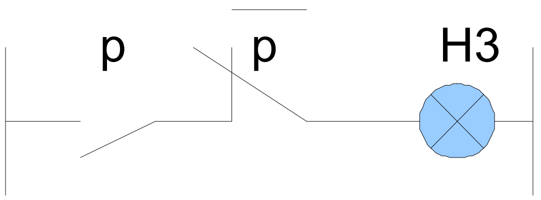
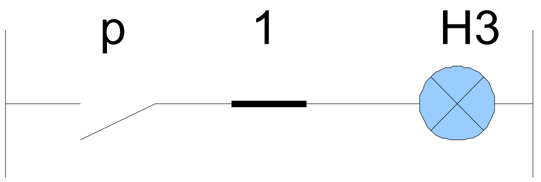
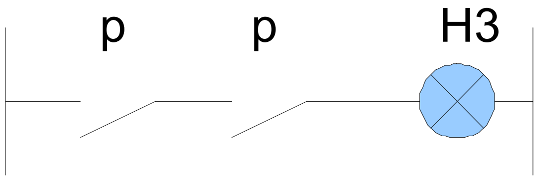
1 – 2 L'associativité

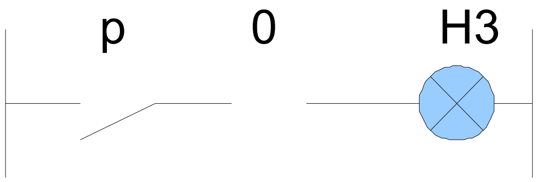
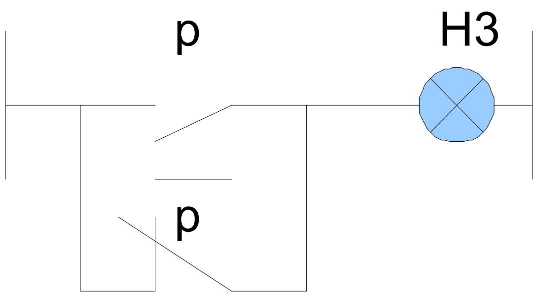
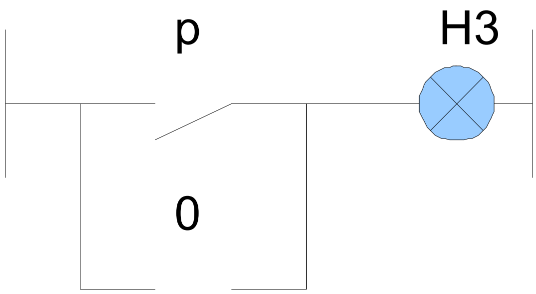
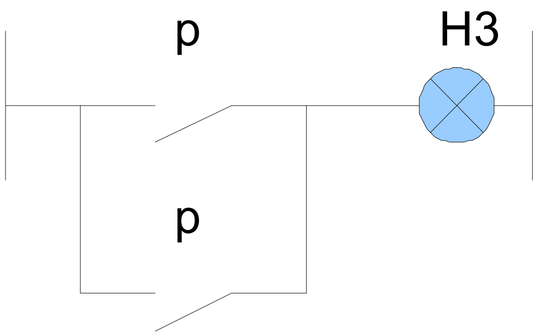
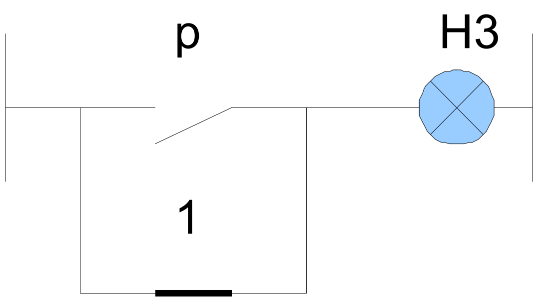
$$a + (b + c) = a + b + c = (a + b) + c$$
$$a \,.\, b \,.\, c = (a \,.\, b) \,.\, c = a \,.\, (b \,.\, c)$$

1 – 3 La distributivité

$$a \,.\, (b + c) = a \,.\, b + a \,.\, c$$
$$a + (b \,.\, c) = (a + b) \,.\, (a + c)$$

2. Les relations particulières

$H3 = p.\overline{p}$		$H3 = 0$
$H3 = p\,.1$		$H3 = p$
$H3 = p.p$		$H3 = p$

$H3 = p \, . \, 0$		$H3 = 0$
$H3 = p + \overline{p}$		$H3 = 1$
$H3 = p + 0$		$H3 = p$
$H3 = p + p$		$H3 = p$
$H3 = p + 1$		$H3 = 1$

3 – Simplification algébrique des équations logiques

Les règles et les relations particulières permettent de simplifier les équations logiques. Une relation appelée la relation d'absorption est également très utile.

3 – 1 Relation d'absorption

Dans le système étudié, l'équation de VA peut se mettre sous la forme suivante :

$VA = p.\overline{c}.\overline{b}.a + p.\overline{c}.b.a + p.c.\overline{b}.a$

$VA = p.\overline{c}.(\overline{b}.a + b.a) + p.c.\overline{b}.a$

$VA = p.\overline{c}.a + p.c.\overline{b}.a$

$VA = p.a.(\overline{c} + c.\overline{b})$

La relation d'absorption permet de simplifier encore cette équation.

Si on rajoute à une somme logique un multiple d'un des termes de cette somme, on ne change pas la nature de cette somme.

$(\overline{c} + c.\overline{b})$

$\overline{c} + c.\overline{b} + \overline{c}.\overline{b}$

$\overline{c} + \overline{b}.(c + \overline{c})$

$\overline{c} + \overline{b}$

$\Rightarrow VA = p.a.(\overline{c} + \overline{b})$

3 – 2 Méthode générale de simplification

Les mises en facteur successives permettent d'utiliser les relations particulières et donc de simplifier les équations. La relation d'absorption est utile si dans une parenthèse il y a par exemple une somme logique dont un terme comporte une variable de moins que l'autre terme.

4. Simplification par les tableaux de KARNAUGH

4 – 1 Principe général du tableau de KARNAUGH

Les tableaux de KARNAUGH permettent de représenter les combinaisons de la table de vérité d'un système combinatoire.
Si on a un système à n variables, on aura 2^n cases ; un système à 4 variables sera représenté par un tableau à 16 cases.
On retranscrit les solutions de la table de vérité ou les termes de l'équation dans le tableau.
On effectue des regroupements par groupe de 1, 2, 4, 8

c \ b a	00	01	11	10
0				
1				

c \ b a	00	01	11	10
0	1	1		
1				

c \ b a	00	01	11	10
0	1	1		
1				

4 – 2 Méthode générale appliquée au système de mélange de produits

4 – 2 – 1 Utilisation du voyant H4

Le voyant H4 est allumé lorsque l'on a un mélange avec le produit A seul, Le produit B seul ou les deux à la fois.

$$H4 = a + b + a.b$$

C'est un système à deux variables (a et b). On aura un tableau avec 2^2 cases soit quatre cases.
Sur un côté, on représente les états de a, et sur le dessus du tableau les états de b.

b \ a	0	1
0		
1		

On met un 1 dans une case lorsque la sortie est à l'état logique 1.
On regroupe les 1 dont les cases sont adjacentes en essayant d'avoir les regroupements les plus importants.

b \ a	0	1
0	0	1
1	1	1

Lorsqu'à l'intérieur d'un regroupement une variable change d'état on ne la conserve pas.
Donc on réalise pour chaque regroupement un produit logique (ET) des variables qui ne changent pas d'état.

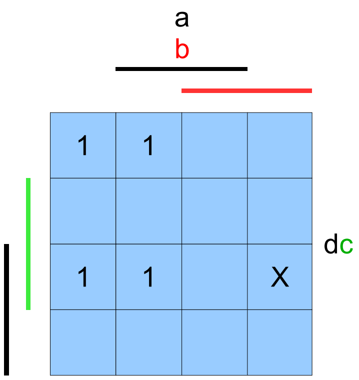
1ier Regroupement b fixe a bouge b

2ième Regroupement a fixe b bouge a

On obtient le résultat en faisant la somme logique (OU) des regroupements

S = b + a

4 – 2 – 2 Tableau à plus de 2 variables & impossibilité technologique



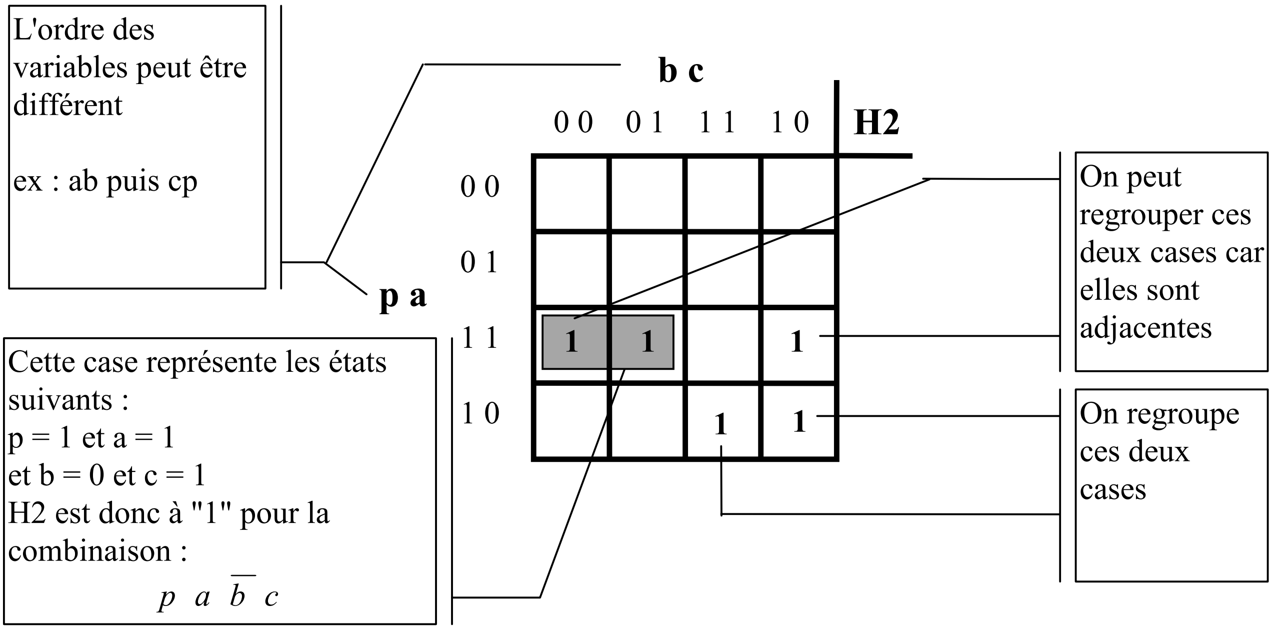
dc \ ba	00	01	11	10
00	1	1		
01				
11	1	1		X
10				

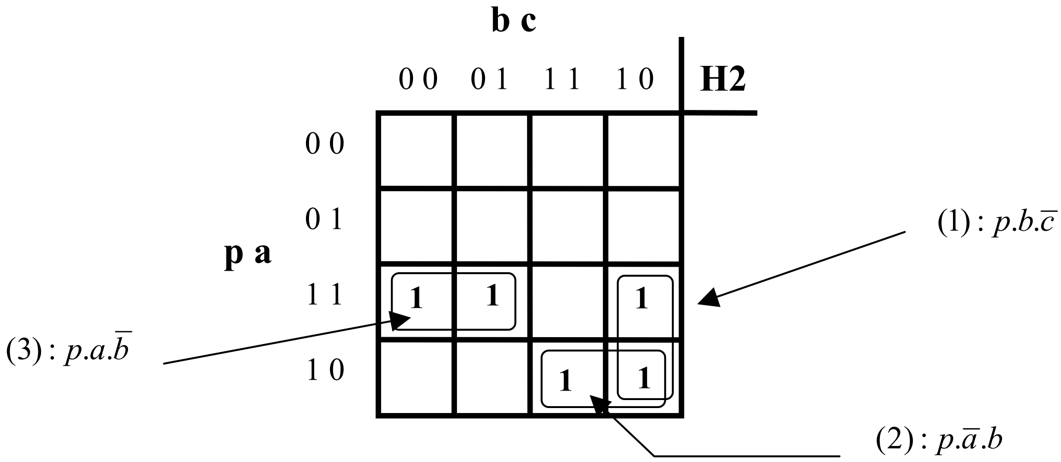
Impossibilité technologique
on fixe une valeur 0 ou 1

4 – 2 – 3 Equation du voyant vert H2

Dans le système de base, on a quatre variables d'entrée (a, b, c et p).

Le tableau de KARNAUGH correspondant aura 16 cases.





Il y a donc trois regroupements, pour chaque regroupement on donne l'équation :

Regroupement 1 : p fixe à 1, a bouge, b fixe à 1, c fixe à 0 → $p.b.\overline{c}$

Regroupement 2 : p fixe à 1, a fixe à 0, b fixe à 1, c bouge → $p.\overline{a}.b$

Regroupement 3 : p fixe à 1, a fixe à 1, b fixe à 0, c bouge → $p.a.\overline{b}$

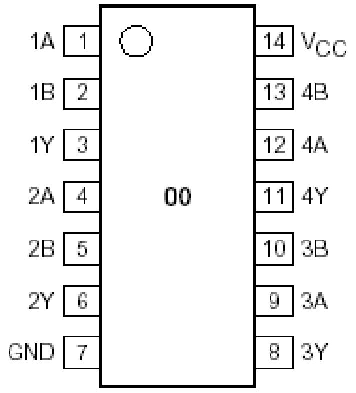
Equation finale :

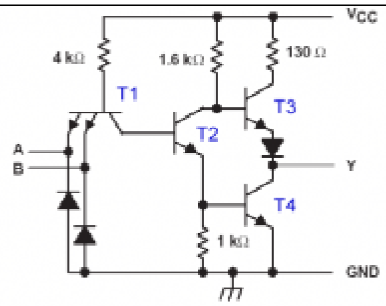
$H2 = p.b.\overline{c} + p.\overline{a}.b + p.a.\overline{b}$

Technologies des portes

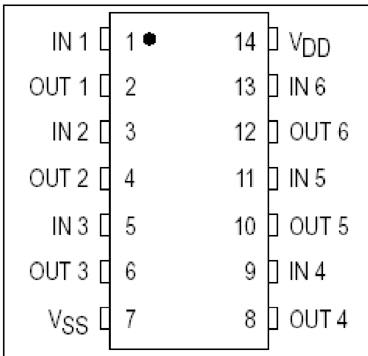
Il existe deux grandes familles

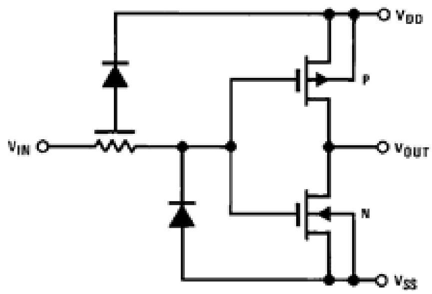
TTL : transistor transistor logique
CMOS : Complementary Metal Oxyde Semi conducteur





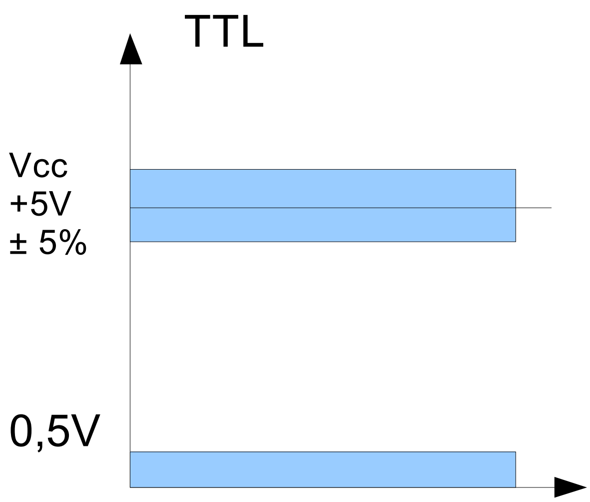
Porte NAND TTL

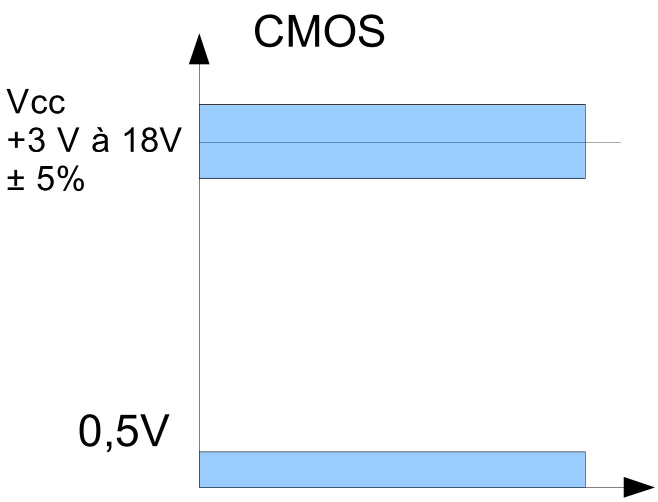




Porte inverseuse CMOS

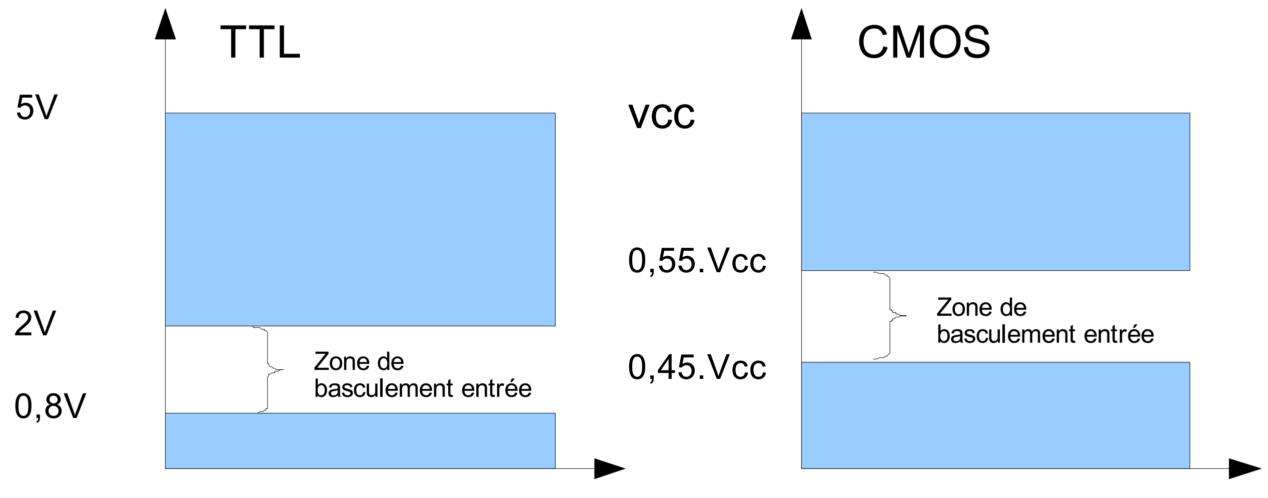
Niveau d'alimentation



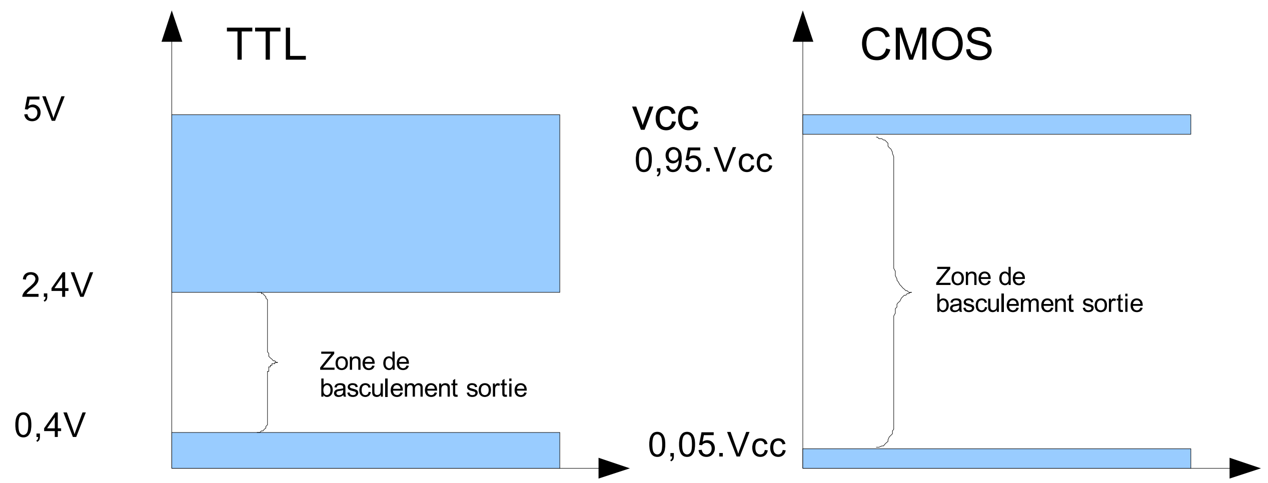


En CMOS, on se fixe une tension d'alimentation entre +3V et + 18V.

Niveau des entrées et des sorties



Niveau d'entrée



Niveau de sortie

Description et recommandation sur les pattes des portes

Vcc	+ 5 V	Gnd	0V
Vdd	+ 3 à 18V	Vss	0V

Une patte ne doit pas être laissée en l'air, surtout en CMOS