

## ANNEXE Cours systèmes combinatoires

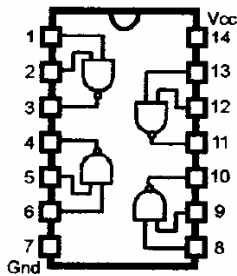
### Réalisation de fonction selon diverses technologies

#### Technologie électrique.

Pour réaliser différentes portes logiques électriques, on connecte des fils et boutons en série ou/et en parallèle. Ces réalisations sont celles représentées dans les schémas à contacts.

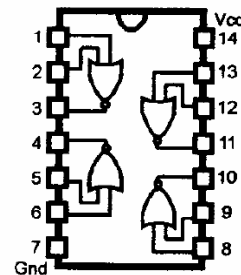
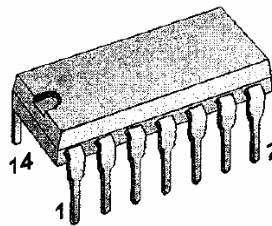
#### Technologie électronique (à base de transistors bipolaires).

Les systèmes digitaux modernes, tels que ceux que l'on trouve dans les ordinateurs, sont constitués d'un très grand nombre de composants (appelés circuits intégrés) qui contiennent chacun un très petit nombre de portes logiques. Les constructeurs proposent de nombreux circuits intégrés avec un grand assortiment de portes logiques à l'intérieur... Voici 2 exemples :



comportant 4 portes NAND

Circuit intégré (TTL)



comportant 4 portes NOR

Pour réaliser les différentes portes logiques à l'intérieur du circuit intégré, on utilise le plus souvent des transistors bipolaires.

#### Le transistor bipolaire : Description.

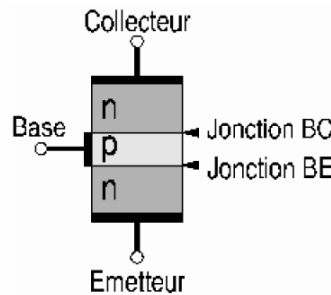
Le transistor (composant actif) a été inventé en 1948 par les physiciens américains John Bardeen, Walter Houser Brattain et William Shockley.

Formé par l'association de deux jonctions P-N placées en opposition (transistor N-P-N ou P-N-P), il contrôle le déplacement de charges électriques à travers les jonctions, entre un émetteur et un collecteur, le contrôle étant assuré par une troisième électrode appelée base.

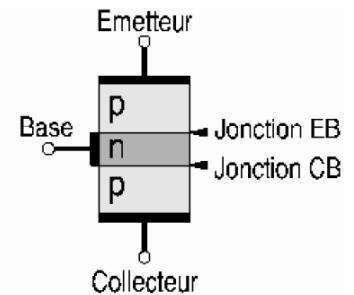
Comme une diode, le transistor utilise les propriétés des semi-conducteurs qui le compose (silicium et anciennement le germanium).

Un transistor comprend 3 éléments :

- l'Émetteur E qui émet les électrons,
- le Collecteur C qui recueille les électrons,
- la Base B qui contrôle le passage des électrons entre E et C.



Transistor npn



Transistor pnp

Quelle que soit l'application, on distinguera toujours, lors de l'étude du fonctionnement d'un transistor, la partie commande (base) et la partie effet de la commande (collecteur, émetteur).

#### Symboles du transistor bipolaire.

La flèche indique toujours l'émetteur.

Le sens de la flèche permet de reconnaître le type : NPN (ne pénètre pas) ou PNP (pénètre).

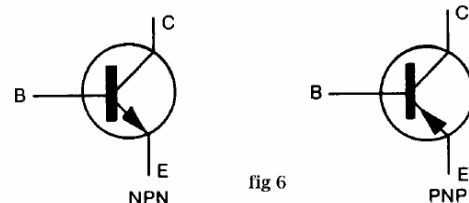
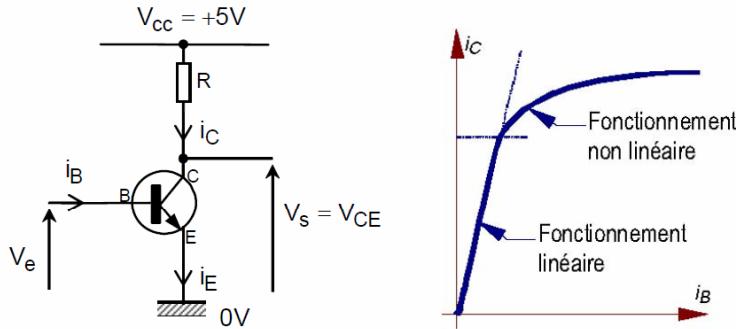


fig 6

**Les deux modes de fonctionnement du transistor.**

Le courant collecteur  $i_C$  dépend du courant base  $i_B$  ...

Relevons  $i_C$  en fonction de  $i_B$  suivant la configuration suivante :



L'évolution de  $i_C$ , d'abord linéaire, s'infléchit pour ne plus augmenter : un phénomène de saturation apparaît. Dans ce dernier, on ne peut plus caractériser le fonctionnement du transistor par une relation linéaire.

Fonctionnement linéaire : (utilisé en asservissement en mode dit « amplification »)

Dans le domaine linéaire, on utilise les propriétés d'amplification en courant du transistor.

Les courants  $i_C$  et  $i_B$  sont proportionnels :  $i_C = \beta \cdot i_B$ . ( $\beta$  étant le coefficient d'amplification du transistor)

La tension  $V_{BE}$  est pratiquement constante et vaut environ 0,7 V pour un transistor au silicium.

Une loi des nœuds donne la relation  $i_E = (\beta + 1) \cdot i_B$ .

Fonctionnement non linéaire : (utilisé en logique en mode dit « commutation »)

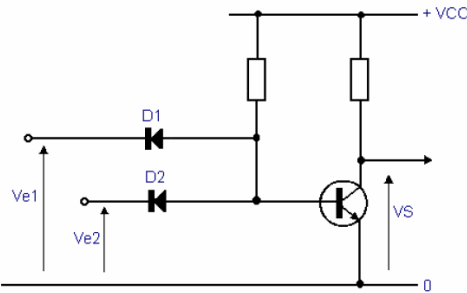
En non linéaire, on ne distingue plus que deux cas extrêmes traduisant un fonctionnement binaire (tout ou rien).

| Mode | $V_e$    | $i_B$                                | $i_C$                | $V_s = V_{CE}$ | Le transistor est dit | Correspond à l'état logique | Équivalent à un interrupteur |
|------|----------|--------------------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Rien | 0        | 0                                    | 0                    | $V_{cc}$       | Bloqué                | 0                           | Ouvert                       |
| Tout | $V_{cc}$ | $> \frac{i_C \text{ saturé}}{\beta}$ | $i_C \text{ saturé}$ | $\approx 0$    | Saturé (ou passant)   | 1                           | Fermé                        |

$V_e$  est la variable d'entrée et  $V_s$  la fonction de sortie.

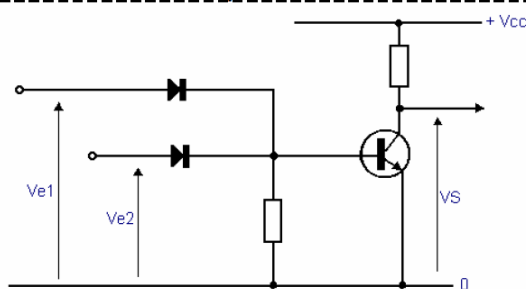
**Dans ces conditions de branchement, un transistor se comporte donc comme une fonction NON.**

**Exemple de réalisation de l'opérateur NAND en électronique.**



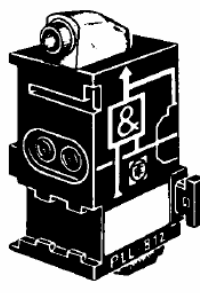
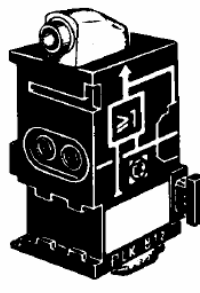
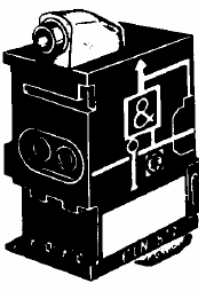
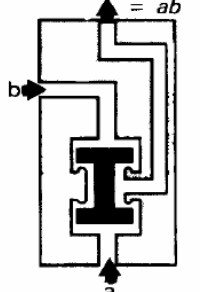
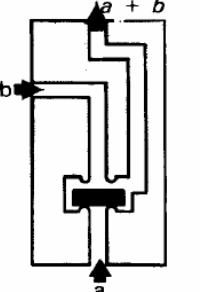
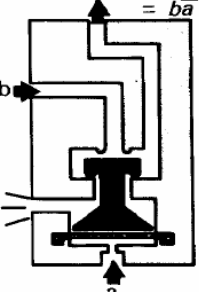
| Etats binaires d'entrée |          | Etats binaires de sortie |
|-------------------------|----------|--------------------------|
| $V_{e1}$                | $V_{e2}$ | $V_s$                    |
| 0                       | 0        | 1                        |
| 0                       | 1        | 1                        |
| 1                       | 0        | 1                        |
| 1                       | 1        | 0                        |

**Exemple de réalisation de l'opérateur NOR en électronique.**

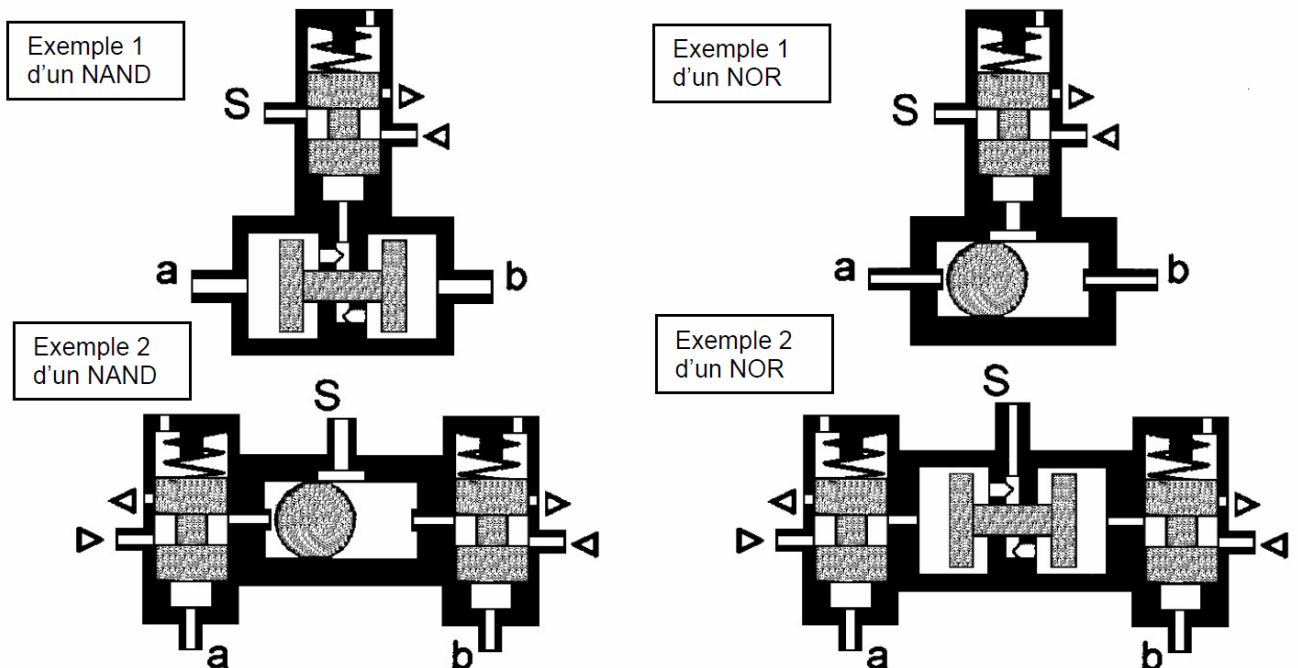


| Etats binaires d'entrée |          | Etats binaires de sortie |
|-------------------------|----------|--------------------------|
| $V_{e1}$                | $V_{e2}$ | $V_s$                    |
| 0                       | 0        | 1                        |
| 0                       | 1        | 0                        |
| 1                       | 0        | 0                        |
| 1                       | 1        | 0                        |

Exemples de réalisation des opérateurs ET, OU et INHIBITION en pneumatique.

| CELLULE ET  | CELLULE OU   | CELLULE NON-inhibition   |
|---|--|--|
|    |    |   |
| <p><math>S = a \text{ ET } b</math><br/><math>= ab</math></p>  <p><b>CELLULE ET</b><br/>a ou b ferment le clapet. Seule la présence simultanée de a ET b permet la sortie S.</p> | <p><math>S = a \text{ OU } b</math><br/><math>= a + b</math></p>  <p><b>CELLULE OU</b><br/>a OU b se dirigent vers la sortie S, le clapet libre obturant l'échappement vers l'orifice non utilisé.</p> | <p><math>S = b \text{ ET NON } a</math><br/><math>= b\bar{a}</math></p>  <p><b>CELLULE NON-inhibition</b><br/>Sortie S si b présent et a absent : a inhibe b.</p> |

Exemples de réalisation des opérateurs NAND et NOR en pneumatique.



## Trois exemples de codes binaires

Il est aussi intéressant de regrouper un ensemble de valeurs binaires suivant une autre organisation qu'un système de nombres. Ces autres organisations sont appelées des codes. Il en existe un grand nombre, chacun peut en créer pour un besoin spécifique.

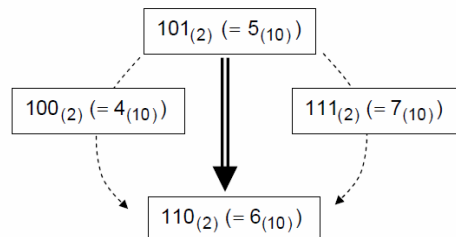
Trois exemples sont étudiés ici :

- le **code binaire réfléchi** ou **code Gray** qui sert surtout à coder des positions,
- le **code BCD** (Binary Code Decimal) utilisé pour les calculatrices de poche,
- le **code 3 parmi 5** utilisé par la Poste sous forme de bâtonnets rouges dans la partie inférieure droite des lettres (« codes à barres »), détecte les erreurs de code.

### Code binaire réfléchi ou code Gray.

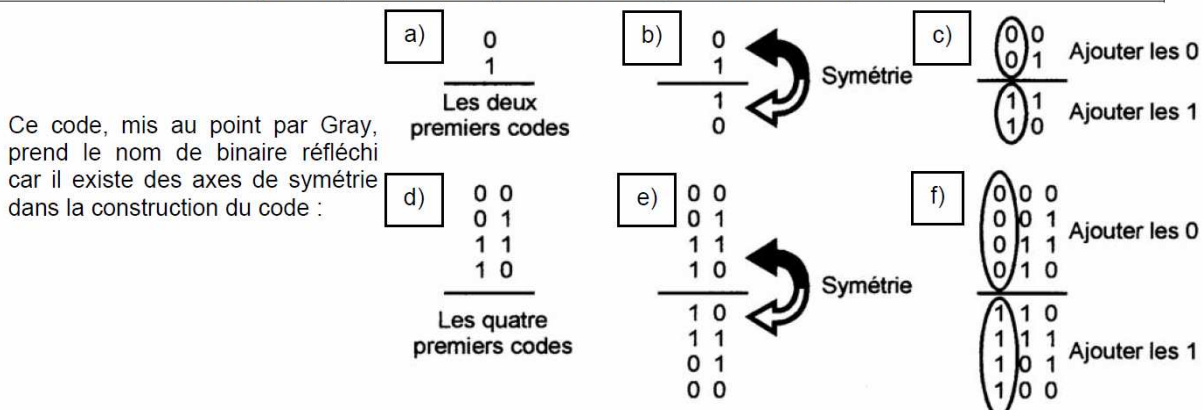
Le **code binaire naturel** a pour **inconvenient majeur de pouvoir introduire des erreurs entre 2 codes successifs** car plusieurs bits peuvent changer d'état.

En effet entre le code  $101_{(2)} (= 5_{(10)})$  et le code  $110_{(2)} (= 6_{(10)})$ , deux bits changent d'état en même temps, ce qui est impossible physiquement : il existe deux transitions possibles,  $100_{(2)} (= 4_{(10)})$  ou  $111_{(2)} (= 7_{(10)})$ . Ainsi, pendant un court instant, un code parasite risque donc d'introduire une erreur, ce qui peut être très ennuyeux pour un système de codage de position par exemple.



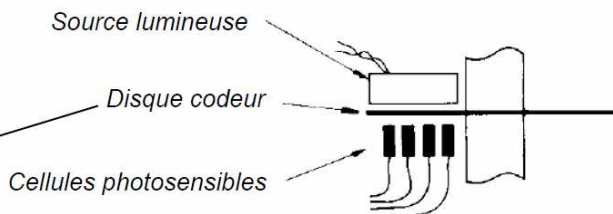
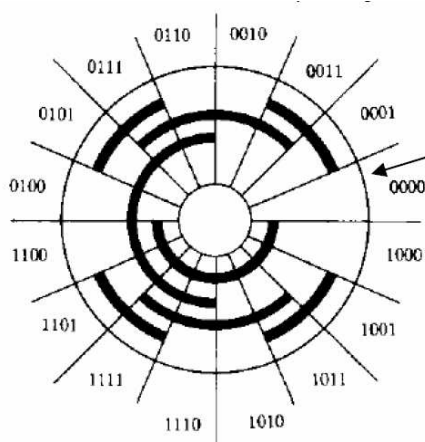
En revanche le code binaire réfléchi présente la particularité suivante :

*lorsque l'on passe d'une ligne à la suivante, seul un bit change d'état.*



Ce code, mis au point par Gray, prend le nom de binaire réfléchi car il existe des axes de symétrie dans la construction du code :

Ce code est utilisé pour la réalisation de capteurs numériques de position car il permet d'éviter toutes confusions de codes lors du passage d'une position à une autre, adjacente.



On l'utilise aussi pour l'organisation des tableaux de Karnaugh.

## Le code BCD (Binary Coded Décimal).

Un type de code largement répandu est le code décimal codé binaire généralement appelé «B.C.D.» pour "Binary Coded Decimal".

Habituellement, le code binaire est mieux adapté pour les circuits numériques, mais il est pénible de traduire un nombre binaire en décimal surtout lorsque l'on a un grand nombre de bits.

Le code B.C.D., utilisé en association avec des décodeurs appropriés, permet par contre de traduire facilement en expression binaire les nombres décimaux et vice versa.

Le code B.C.D. est constitué de la manière suivante :

chaque chiffre du nombre décimal est codé en un nombre binaire pur de quatre bits.

Exemple :  $129_{(10)} = \underbrace{0001}_{1} \underbrace{0010}_{2} \underbrace{1001}_{9}_{(BCD)}$

## Code p parmi n.

Une des nombreuses qualités que l'on puisse demander à un code traité par une machine, est sa fiabilité.

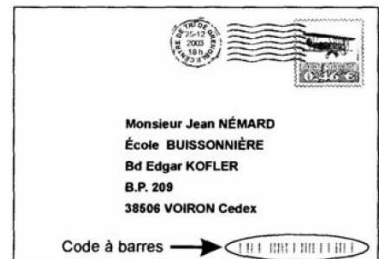
Le code p parmi n est un code de représentation des chiffres décimaux basé sur un principe simple de reconnaissance de l'appartenance d'un mot binaire au code :

chaque mot binaire composant le code comporte le même nombre de 1 (ici p 1 parmi n bits)  
seule la position de ces 1 permet de déterminer la valeur du code

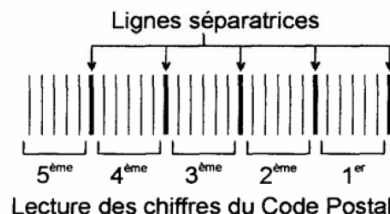
Exemple : Code 3 parmi 5 utilisé dans les centres de tri de La Poste

1<sup>ère</sup> étape : Les lettres de taille standard sont déposées en vrac dans une première trieuse qui les range toutes dans le même sens, adresse à l'endroit et vers l'avant.

2<sup>ème</sup> étape : Les paquets de lettres sont alors déposés dans la deuxième trieuse. Un cliché est pris de chaque enveloppe, envoyé à un ordinateur qui doit déchiffrer le code postal inscrit sur l'enveloppe. Si le code postal est reconnu et s'il y a compatibilité avec le nom de la ville, alors un code à barres correspondant au code postal est imprimé sur l'enveloppe. Si le code postal n'est pas reconnu, un code à barres référence est imprimé sur l'enveloppe, le cliché est envoyé à une opératrice qui, sur sa console de vidéocodage, décide du code postal qui correspondra au code à barres référence.



3<sup>ème</sup> étape : Le dernier tri permet de déposer les lettres dans des casiers différents en fonction du code à barres lu.



Exemple de code postal :



Le code postal utilise 3 barres parmi 5 pour coder un chiffre.

Cela est suffisant car ce code doit représenter des chiffres décimaux (donc 10 valeurs différentes), ce qui

s'obtient par le nombre de combinaison de 3 parmi 5 :  $C_n^p = \frac{n!}{p!(n-p)!}$  ce qui donne  $C_5^3 = \frac{5!}{3!.2!} = 10$ .

Les barres sont « rose fluo » et imprimées au bas des enveloppes. La lecture à La Poste des codes à barres se fait de droite à gauche puisque les enveloppes se déplacent de gauche à droite dans les trieuses.



## Correspondance entre différents codages.

| Hexadécimal | Décimal | Octal | Binaire pur | Binaire réfléchi (GRAY) | Code 3 parmi 5 de la Poste |
|-------------|---------|-------|-------------|-------------------------|----------------------------|
| 0           | 0       | 0     | 0           | 0                       | 00111                      |
| 1           | 1       | 1     | 1           | 1                       | 01011                      |
| 2           | 2       | 2     | 10          | 11                      | 01101                      |
| 3           | 3       | 3     | 11          | 10                      | 01110                      |
| 4           | 4       | 4     | 100         | 110                     | 10011                      |
| 5           | 5       | 5     | 101         | 111                     | 10101                      |
| 6           | 6       | 6     | 110         | 101                     | 10110                      |
| 7           | 7       | 7     | 111         | 100                     | 11001                      |
| 8           | 8       | 10    | 1000        | 1100                    | 11010                      |
| 9           | 9       | 11    | 1001        | 1101                    | 11100                      |
| A           | 10      | 12    | 1010        | 1111                    |                            |
| B           | 11      | 13    | 1011        | 1110                    |                            |
| C           | 12      | 14    | 1100        | 1010                    |                            |
| D           | 13      | 15    | 1101        | 1011                    |                            |
| E           | 14      | 16    | 1110        | 1001                    |                            |
| F           | 15      | 17    | 1111        | 1000                    |                            |
| 10          | 16      | 20    | 10000       | 11000                   |                            |
| 11          | 17      | 21    | 10001       | 11001                   |                            |
| ...         | ...     | ...   | ...         | ...                     |                            |

NB : Le code 3 parmi 5 de la Poste n'est pas à connaître sauf si vous envisagez de travailler à la Poste...