

Les portes logiques

Au cours des séances précédentes, vous avez pu voir comment toutes sortes d'informations pouvaient être codées en langage binaire et donc représentées uniquement par des 1 et des 0 (le courant passe, ou le courant ne passe pas). Maintenant, il nous faut comprendre comment l'ordinateur va manipuler ces données, pour les modifier, les mettre en forme, etc. Nous nous rapprocherons donc un peu plus du fonctionnement interne de la machine.

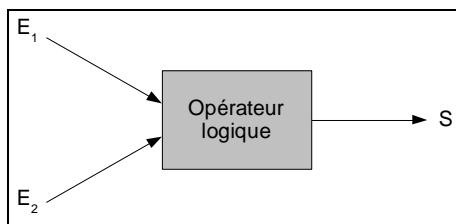
I./ La logique binaire :

1./ Variable booléenne :

Certaines grandeurs ne peuvent prendre que deux valeurs. Par exemple : un interrupteur peut être « ouvert » ou « fermé », une lampe peut être « allumée » ou « éteinte », une réponse à une question peut être « vraie » ou « fausse », ... Ce type de grandeur est appelé *variable binaire*, ou *variable booléenne*. Par convention, on représente les deux états d'une variable booléenne par les deux valeurs 0 et 1. Par exemple : VRAI = 1, FAUX = 0. Une variable booléenne pourra donc être représentée par un bit.

2./ Opérateurs binaires :

Un *opérateur binaire* est une opération mathématique qui, à partir de deux variables booléennes E_1 et E_2 qu'il accepte en entrée, donne une variable booléenne S dite de sortie, comme indiqué sur le schéma suivant :



Pour déterminer ce que fait un opérateur logique, on doit connaître sa *table de vérité* : c'est un tableau qui donne l'état de la sortie en fonction des différentes valeurs possibles des entrées.

Un exemple : l'opérateur logique ET (ou AND) :

Pour avoir une bonne note à l'école, il me suffit de **travailler au préalable** et de **ne pas paniquer au contrôle**. L'opérateur logique *ET* va rendre un résultat lorsque les deux propositions d'entrée « **Travailler au préalable** » et « **Ne pas paniquer au contrôle** » lui sont soumises. Si on code chacune des propositions par 1 si elle est réalisée (*VRAI*) et par 0 dans le cas contraire (*FAUX*), voilà ce que l'on obtient :

Valeur de l'entrée E_1 Travailler au préalable	Valeur de l'entrée E_2 Ne pas paniquer au contrôle	Valeur de la sortie S Avoir une bonne note
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Ce tableau s'appelle la table de vérité de l'opérateur logique ET.

Question : pourquoi l'opérateur logique ET porte-t-il ce nom ?

Compléter les tables de vérités des opérateurs logiques OU (OR), OU EXCLUSIF (XOR), NON (NOT).

Remarque : le « ou exclusif » correspond au « ou » des restaurants, dans « fromage ou dessert » : c'est l'un ou l'autre, mais pas les deux. Le « ou » simple correspond au « ou / et » : c'est l'un, ou l'autre, ou les deux à la fois.

Opérateur OU EXCLUSIF :

Pour **arriver au lycée**, je peux marcher ou (exclusif) prendre mon scooter :

Valeur de l'entrée E ₁	Valeur de l'entrée E ₂	Valeur de la sortie S
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

Opérateur OU :

Pour **mon goûter**, je peux manger **une pomme** ou une banane (on suppose que l'on peut faire les deux... Gourmand, va !) :

Valeur de l'entrée E ₁	Valeur de l'entrée E ₂	Valeur de la sortie S
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

Opérateur NON : (cet opérateur est un peu particulier : il n'a qu'une seule entrée).

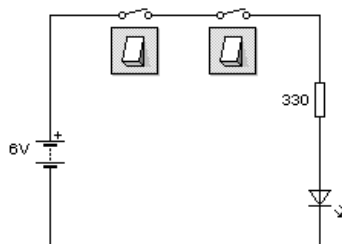
Pour **être désagréable avec mes parents**, je peux prendre **le contre-pied de toutes leurs propositions**.

Valeur de l'entrée E	Valeur de la sortie S
0	
1	

II./ Comment réaliser pratiquement des opérateurs logiques :

1^{er} exemple :

Réaliser le circuit électrique suivant (la DEL est déjà équipée de sa résistance de protection) :



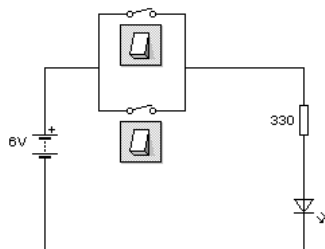
L'état des deux interrupteurs, ainsi que l'état de la DEL sont des variables booléennes. On peut par convention décider que : « Interrupteur ouvert » = 0, « Interrupteur fermé » = 1, « DEL éteinte » = 0, « DEL allumée » = 1. En respectant ces conventions, remplir le tableau suivant :

Interrupteur 1	Interrupteur 2	DEL
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

A quel opérateur logique correspond cette table de vérité ?

2^{ème} exemple :

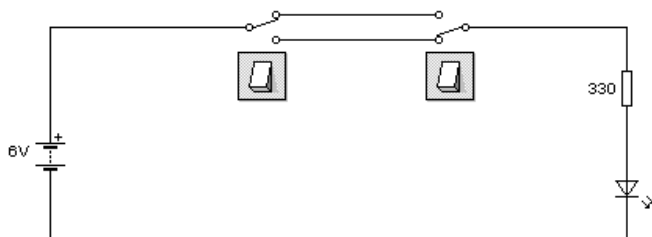
Réaliser le circuit électrique suivant et remplir le tableau correspondant :



Interrupteur 1	Interrupteur 2	DEL
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

A quel opérateur logique correspond cette table de vérité ?

Et un dernier pour la route... (à faire à l'aide de Crocodile Physics)



Attention :

- Les interrupteurs utilisés sont des interrupteurs à deux positions (ou inverseurs).
- Leur position initiale (comme sur le schéma) correspond à leur état 0.

Interrupteur 1	Interrupteur 2	DEL
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

A quel opérateur logique correspond cette table de vérité ?

Remarque : pour la petite histoire, le montage précédent correspond à un va-et-vient.

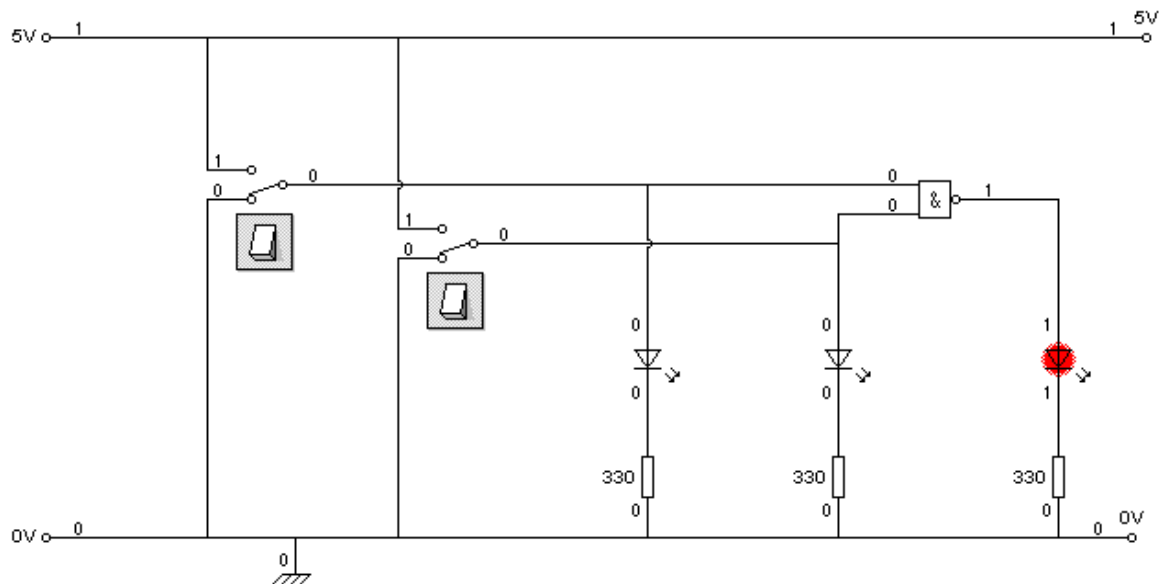
III./ Les portes logiques :

Réaliser des opérateurs logiques à l'aide d'interrupteurs n'est guère commode. On utilise à la place des dispositifs électroniques appelés *portes logiques*, contenus dans des *circuits intégrés logiques* (ou C.I.L.). Chaque C.I.L. comporte plusieurs portes logiques.



1./ Etude de la porte NON-ET (ou NAND) :

Dans le logiciel Crocodile Physics, ouvrir le fichier « Porte NON-ET.cyp ». On se retrouve avec le circuit suivant :



Le symbole carré avec un signe « & » représente la porte logique. Les deux entrées se trouvent sur la gauche, la sortie sur la droite. En utilisant les conventions précédentes, et en manipulant les interrupteurs, remplir la table de vérité de la porte NON-ET :

Interrupteur 1	Interrupteur 2	DEL
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

A l'aide du C.I.L. fourni par le professeur, réaliser le montage, en faisant attention aux consignes suivantes :

- On n'allumera le générateur qu'au dernier moment, après que le montage ait été vérifié par le professeur. Les C.I.L. sont fragiles et toute erreur de branchement peut leur être **FATALE**.
- A la place du +5 V, on utilisera la sortie 6 V du générateur.
- On utilisera les deux DEL vertes pour visualiser les entrées, et une DEL rouge pour visualiser la sortie. Attention, les DEL comportent déjà leur résistance de protection.
- A la place des interrupteurs, on utilisera des fils que l'on reliera à la masse (0), ou au +6 V (1).

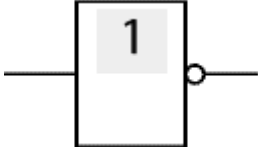
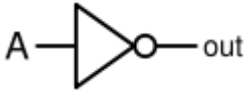
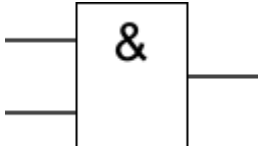

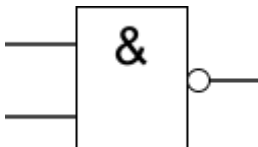

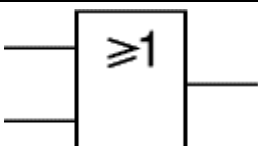

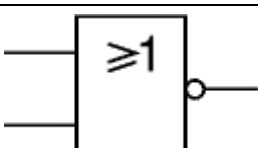
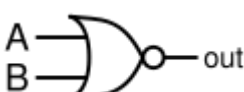
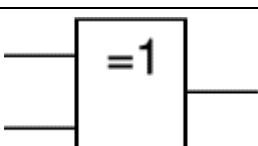

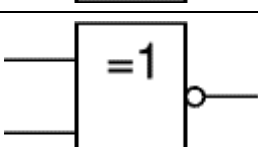
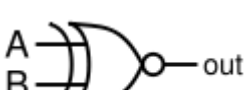
Sur le montage réel, vérifier que l'on retrouve la même table de vérité que sur le logiciel de simulation.

Question : Pourquoi cette porte logique porte-t-elle le nom de NON-ET ?

2./ Etude des autres portes logiques :

A l'aide du logiciel Crocodile Physics, vérifier les tables de vérité des portes logiques suivantes : ET (AND), OU (OR), OU EXCLUSIF (XOR). Pour cela, il suffira de modifier le schéma précédent, en remplaçant la porte logique par une autre.

Symboles des différentes portes logiques :

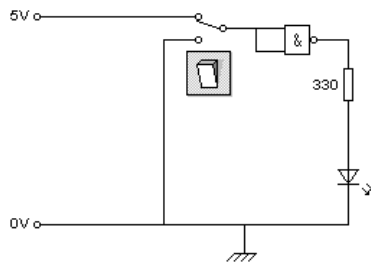
Porte logique	Symbole européen	Symbole américain
NON (NOT)		
ET (AND)		
NON-ET (NAND)		
OU (OR)		
NON OU (NOR)		
OU EXCLUSIF (XOR)		
NON OU EXCLUSIF (XNOR)		

Remarques :

- Dans le logiciel Crocodile Physics, la porte NON est appelée « Inverseur ».
- Toutes les portes ne sont pas disponibles dans Crocodile Physics. Cependant nous allons voir comment y remédier.
- Inversement, Crocodile Physics propose des portes qui ne sont pas dans ce tableau : l'inverseur de Schmitt, la porte NAND à 3 entrées, ou la porte NAND à quatre entrées. Nous n'utiliserons pas ces composants.
- Pour utiliser les symboles européens ou américains, il suffit de cocher ou décocher l'option « Symboles logiques CEI » dans le menu « Affichage ».

3./ Associations de portes logiques :

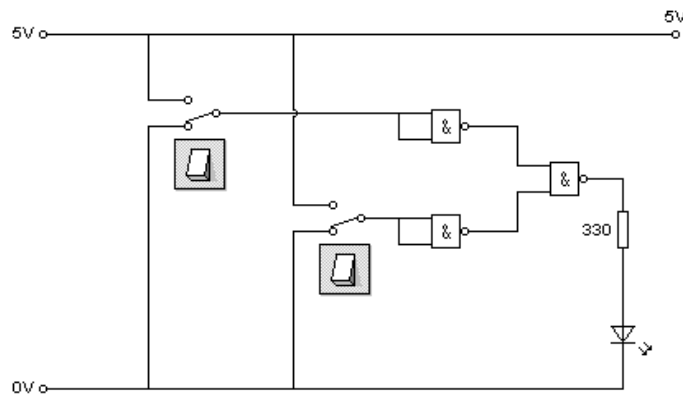
Dans Crocodile Physics, on réalise le montage suivant :



Etablir la table de vérité du montage :

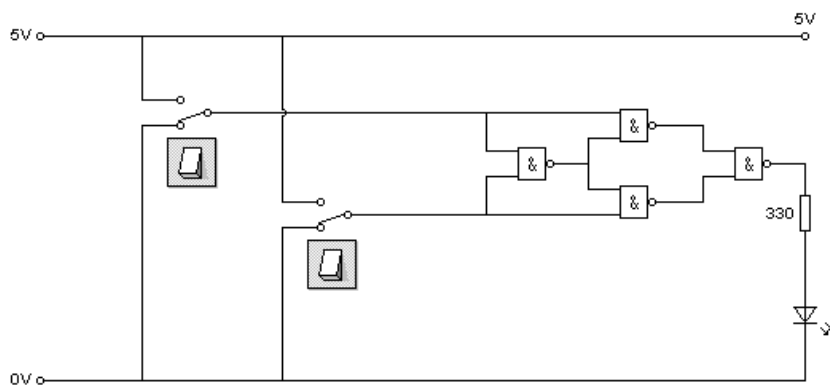
Interrupteur	DEL
0	
1	

Faire la même chose avec ce montage :



Interrupteur 1	Interrupteur 2	DEL
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

Ainsi que celui-ci :



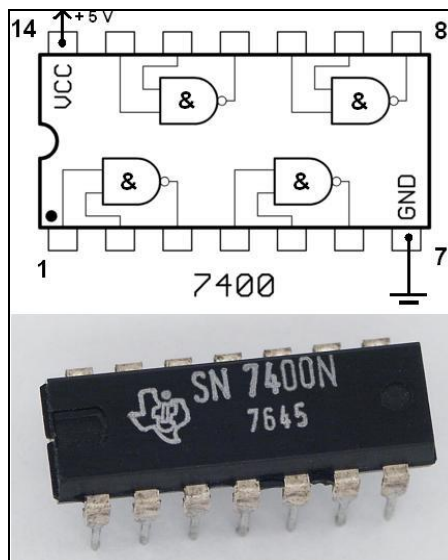
Interrupteur 1	Interrupteur 2	DEL
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

Que peut-on en conclure ?

La suite après une page de publicité de notre sponsor :



Comme nous l'avons dit précédemment, un C.I.L. contient plusieurs portes logiques. Voyons par exemple le circuit 7400 :



Ce circuit à quatorze broches contient quatre portes NAND. Son brochage est donné ci-dessus, permettant d'identifier la position des différentes entrées et sorties. Les quatre portes sont indépendantes les unes des autres. La borne 14 (VCC) et la borne 7 (GND, pour GrouND) servent à l'alimentation du circuit. Le 7400 est un circuit important car tous les opérateurs logiques peuvent être réalisés avec des portes NAND.

Si on souhaite utiliser d'autres portes, le brochage ainsi que les caractéristiques des autres C.I.L. sont disponibles sur Internet, sur les sites des constructeurs.

On donne quelques recommandations quant à l'usage des portes logiques :

- Toujours brancher l'alimentation du circuit intégré AVANT d'appliquer quoi que ce soit à l'entrée d'une des portes.
- Ne pas dépasser la tension d'alimentation en entrée.
- Ne pas appliquer de tension négative en entrée.
- Ne pas faire débiter un courant intense en sortie (quelques mA maximum).
- Certains C.I.L. sont très sensibles à l'électricité statique : y penser lorsqu'on les manipule.

Une question subsiste : mais à quoi ça sert une porte logique ??? A tout plein de choses, mais nous verrons cela dans un autre épisode...