|  |
| --- |
| **CH1 - LES BOOLEENS** |

# **1. C’EST QUOI UN BOOLEEN ?**



Le terme *booléen* vient du nom du mathématicien britannique

[George Boole](http://fr.wikipedia.org/wiki/George_Boole).

Il est le créateur de la logique moderne qui s'appuie sur l'algèbre qui porte désormais son nom : l'*algèbre de Boole*.

Un booléen est une donnée dont la valeur ne peut prendre que deux états, soit l'état *vrai* soit à l'état *faux* (ou l’état fermé/ouvert en lien avec l’électronique). On utilise également le bit pour représenter des booléens : ainsi un 0 représente la valeur *faux* et un 1 représente la valeur *vrai*.

Lorsque vous utilisez l’instruction SI (condition) ALORS (faire), vous utilisez un booléen, qui prend la valeur VRAI si la condition est vérifiée, et la valeur FAUX si elle ne l’est pas.

*Exemples :*

|  |  |
| --- | --- |
| On assigne la valeur 2 à la variable a  On teste si a est bien égal à 2  → Renvoie VRAI | On assigne la valeur 2 à la variable a  On effectue une action (*print*) si la condition est vraie  → Renvoie VRAI si a est bien égal à 2 |

**2. OPERATEURS BOOLEENS**

On définit sur ces valeurs booléennes trois opérations : la négation, la conjonction et la disjonction, également appelées le NON, le ET et le OU logiques.

1. **Le NON logique : la négation**

Le NON logique d'un booléen A se définit par :

|  |  |
| --- | --- |
| A | Non A |
| 1 | 0 |
| 0 | 1 |

NON A vaut VRAI si et seulement si A vaut FAUX.   
Cet opérateur peut également être défini par sa table de vérité présentée ci-contre.

→ Le NON logique peut se noter : **~** ou ou **¯** (lire barre) **NOT**.

1. **Le ET logique : la conjonction**

Le ET logique entre deux booléens A et B se définit par :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A | B | A ET B |
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

A ET B vaut VRAI si et seulement si A vaut VRAI et B vaut VRAI. Remplir la table de vérité ci-contre.

→ Le ET logique peut se noter **&** ou ou **AND**.

1. **Le OU logique : la disjonction**

Le OU logique entre deux booléens A et B se définit par :

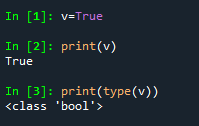
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A | B | A OU B |
| 0 | 0 |  |
| 1 | 0 |  |
| 0 | 1 |  |
| 1 | 1 |  |

A OU B vaut VRAI si et seulement si A vaut VRAI ou B vaut VRAI. Remplir la table de vérité ci-contre.

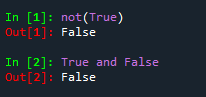
Cet opérateur peut également être défini par sa table de vérité présentée ci-contre.

→ Le OU logique peut se noter **|** ou **v**  ou **OR**.

1. **Et Python dans tout ça ?**

En Python, les deux valeurs booléennes possibles sont True et False, qui sont de type bool. Vous pouvez le vérifier en exécutant les instructions ci-contre.

Le NON logique se note not, le ET logique se note and et le OU logique se note or.

Vérifier à l’aide de Python sa table de vérité.

On utilisera des instructions du type de celles-ci-contre.

Vous pouvez également créer un programme permettant d’obtenir tous les résultats 😊

1. **Les autres opérations booléennes**

Toutes les opérations booléennes peuvent se définir à partir des trois opérateurs ci-dessus.

* **Le OU exclusif**

En pratique, on peut en définir d’autres, notamment le OU exclusif (on le note XOR) entre deux booléens A et B se définit par :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A | B | A XOR B |
| 0 | 0 |  |
| 1 | 0 |  |
| 0 | 1 |  |
| 1 | 1 |  |

A XOR B est vrai si A vaut VRAI et B vaut FAUX ou si A vaut FAUX et B vaut VRAI. Remplir la table de vérité ci-contre.

Vérifier que A XOR B= (A ET (NON B)) OU ((NON A) ET B)

* **Les lois de De Morgan**

[Augustus De Morgan](https://en.wikipedia.org/wiki/Augustus_De_Morgan) est un mathématicien et logicien britannique. Il est le fondateur avec Boole de la logique moderne (1842-1864). Il a notamment formulé les lois qui porte son nom.

Les opérateurs booléens suivent un certain nombre de lois. Parmi elles, les lois de De Morgan, qui peuvent être utiles pour simplifier des opérations booléennes complexes.

NON (A ET B) = (NON A) OU (NON B)

NON (A OU B) = (NON A) ET (NON B)

*Exercices d’application*

1. *L’expression A OU (NON A ET B) OU (NON B) vaut-elle toujours VRAI ?*
2. *A, B et C étant trois booléens, déterminer la table de vérité de l’expression :*

*(A OU B) ET C*

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Couleurs :   Chaque pixel d'une image matricielle est composé de 3 composantes rouge, verte, bleue. L'addition de ces couleurs permet de recréer toutes les couleurs (synthèse additive).  La valeur de chaque composante r, v et b est codée sur 8 bits. En conséquence, la valeur décimale pourra varier entre 0 et 255, soit d'une teinte la plus foncée à celle la plus claire. |  |

Imaginons un dispositif dans lequel 3 lampes de couleurs rouge, verte, bleue sont dirigées vers le même endroit et peuvent être allumées ou éteintes.

* Justifiez que l'on ne peut pas créer plus de 8 couleurs différentes dont les noms et les codes binaires sont donnés dans la table de vérité ci-après.
* Le complément d'une couleur est obtenu en allumant les lampes éteintes et en éteignant les lampes allumées. Déterminez les couleurs complémentaires des huit couleurs précédentes.
* Quelle est la couleur obtenue en effectuant les opérations suivantes ?

Bleu | Rouge Magenta & Cyan Vert ^ Blanc

| Couleur | R | V | B |
| --- | --- | --- | --- |
| Noir | 0 | 0 | 0 |
| Bleu | 0 | 0 | 1 |
| Vert | 0 | 1 | 0 |
| Cyan | 0 | 1 | 1 |
| Rouge | 1 | 0 | 0 |
| Magenta | 1 | 0 | 1 |
| Jaune | 1 | 1 | 0 |
| Blanc | 1 | 1 | 1 |

**3. VERS L'ELECTRONIQUE ET LE CALCUL**

*A quelle opération mathématique vous fait penser l’opérateur ET ?*

*A quelle opération mathématique vous fait penser l’opérateur OU ?*

**ACT1 Une bête machine...**

A chaque opération booléenne est associée un comportement électronique que l’on peut traduire en terme de tensions électriques : on parle de ***porte logique***.

Voici les représentations graphiques pour les portes logiques usuelles :

|  |  |
| --- | --- |
| **Identité** | **NON** |
| **OU** | **ET** |

Les opérations logiques évoquées ci-dessus sont mises en œuvre en électronique sous forme de portes logiques. Ainsi les circuits électroniques calculent des fonctions logiques de l'algèbre de Boole. Pour chacun des opérateurs logiques évoquées ci-dessus (et d'autres) il existe donc des portes logiques appelés *porte ET*, *porte NON*, etc.

Les valeurs *vrai* et *faux* sont représentées par deux niveaux de tension, *haut* et *bas*. Un circuit de type *porte ET* dispose donc de deux entrées et une sortie et la valeur du niveau de tension en sortie dépend des niveaux de tension appliquées à chaque entrée, en respectant la table de vérité du ET.

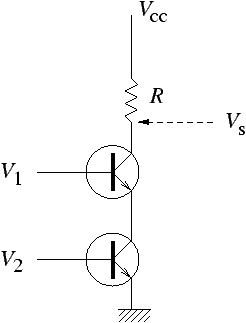
Par exemple, la porte NON est représentée par un transistor:

|  |  |
| --- | --- |
| *Porte logique NON :*     * Si l’entrée A est à 0 V (*tension nulle*), le courant ne passe pas, alors la sortie S est à +U (*tension haute*). * Si l’entrée A est à +U (*tension haute*), le courant passe, alors la sortie est à 0 V (*tension nulle*).   On retrouve bien **S = NON(A)** | *Transitor :* |

Les portes peuvent être connectées entre elles pour réaliser des circuits logiques et on peut ainsi réaliser des calculs.

*Exemple :*

Porte logique NON ET (ou NAND) avec 2 transistors en série.



Un circuit particulier, le demi-additionneur :

|  |  |
| --- | --- |
|  | Il est appelé ***demi-additionneur*** car il réalise l'addition de 2 bits (**A** et **B**), le résultat de cette somme est représentée par **S** et la retenue éventuelle par **R**.  Vérifiez, avec la table de vérité, que **S** et **R** correspondent bien aux valeurs de la somme et de la retenue sur 1 bit de **A** et **B**.  *On rappelle que en binaire :*  *0 + 0 = 0 ; 0 + 1 = 1 ; 1 + 0 = 1 ; 1 + 1 = 10* |

| A | B | R | S |
| --- | --- | --- | --- |
| 0 | 0 |  |  |
| 0 | 1 |  |  |
| 1 | 0 |  |  |
| 1 | 1 |  |  |

Si l'on doit additionner 7 (111) avec 1 (001), que constate-t-on ?

A partir de ce circuit on peut en construire d'autres plus complexes permettant d'additionner des nombres de plusieurs bits. Voir [sur cette page](http://fr.wikipedia.org/wiki/Additionneur) par exemple.

Et dans le même esprit, l'utilisation combinée des différentes portes de base permet de construire des circuits intégrés de plus en plus complexes, jusqu'au micro-processeur qui réalise les calculs au sein d'un ordinateur. Il suffit de trouver la bonne organisation. C'est un peu comme les Légo en somme... Vous pourrez trouver [ici quelques compléments.](http://fr.wikipedia.org/wiki/Circuit_logique)