

# Systemes Numériques

## TE302

### Chapitre 0: Introduction à la logique séquentielle

Combinatoire/Séquentiel

# Sommaire

- **L0: Introduction**
  - Organisation,
  - Prérequis: Information Numérique,
  - Combinatoire → Séquentiel.
- **L1: Bascules**
- **L2: Registres**
- **L3: Compteurs**
- **L4: Machines à états**

## Bibliographie

- Systèmes numériques, Concepts et applications, Thomas L.Floyd, Reynald Goulet.
- Électronique numérique: Circuits logiques séquentiels et arithmétiques, Volume 2, Tertulien Ndjountche, éditions ISTE/Hermes Science Publishing.

# Organisation (1)

## CTD de 20h :

- **2 CC:** S41 et S45 **(20%)**
- **Devoir Écrit DE** en S51 **(50%)**
- **Travaux Pratiques TP (5h)** **(20%)**

En binôme, préparation théorique pointée en début de séance

– Contrôle individuel

- **Projet: (3h)** **(10%)**
  - 1 CR noté par binôme à la fin du projet.

# Organisation (2)

- **Administrative**

- **Référent L2:**

- Sophie Collombet, [sophie.collombet@efrei.fr](mailto:sophie.collombet@efrei.fr)**

- **Intervenant, *Nom et email***

- **Coordinateur TE302:**

- Charbel Saber, [charbel.saber@efrei.fr](mailto:charbel.saber@efrei.fr)**

- **Responsable du département Physique et Électronique:**

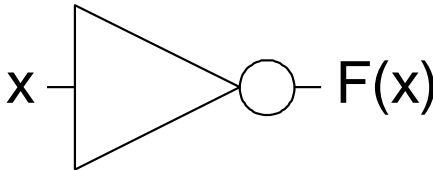
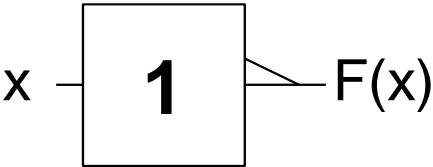
- Maria Fahed, [maria.fahed@efrei.fr](mailto:maria.fahed@efrei.fr)**

# Introduction

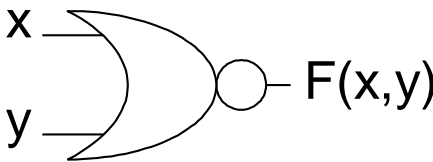
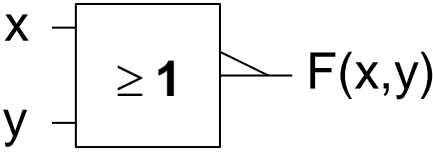
- Le cours (leçons, TD, TP, Prj) d'Information Numérique est *prérequis*
- **Rappels**
  - L'information est échantillonnée et convertie en nombres binaires,
  - L'algèbre Booléenne permet le traitement logique des variables binaires,
  - Des opérateurs matériels (INV, NOR, NAND) réalisent ces traitements,
  - Ces opérateurs permettent également de réaliser des traitements arithmétiques (somme, soustraction, produit, comparaison...),
  - De même pour les fonctions d'aiguillages, (Multiplexeur, démultiplexeur) et de transcodage (codeurs, décodeurs),
  - L'ensemble de ces fonctions logiques et opérateurs matériels sont **exclusivement combinatoires**.

# Les portes logiques matérielles élémentaires

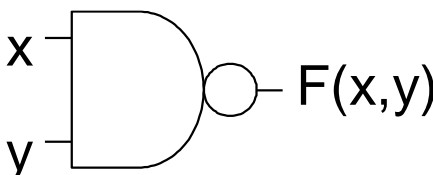
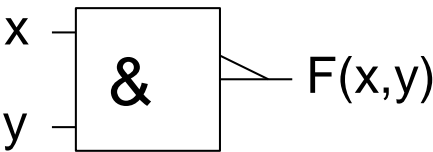
- Fonction NON, Complément, Inversion, INV, NOT:

Fonction logique	Table de vérité	Symbole logique US	Symbole logique UE						
<div><math display="block">F(x) = \overline{x}</math></div>	<table><tr><th>x</th><th>F(x)</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	x	F(x)	0	1	1	0		
x	F(x)								
0	1								
1	0								

- Fonction OU NON, NOR:

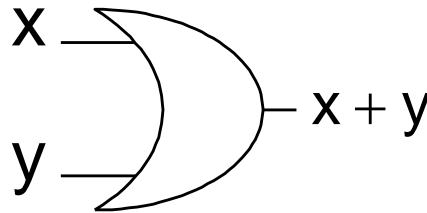
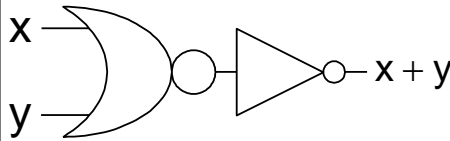
Fonction logique	Table de vérité	Symbole logique US	Symbole logique UE										
<div><math display="block">F(x) = \overline{x + y}</math></div>	<table><tr><th>x y</th><th>F(x)</th></tr><tr><td>0 0</td><td>1</td></tr><tr><td>0 1</td><td>0</td></tr><tr><td>1 0</td><td>0</td></tr><tr><td>1 1</td><td>0</td></tr></table>	x y	F(x)	0 0	1	0 1	0	1 0	0	1 1	0		
x y	F(x)												
0 0	1												
0 1	0												
1 0	0												
1 1	0												

- Fonction ET NON, NAND:

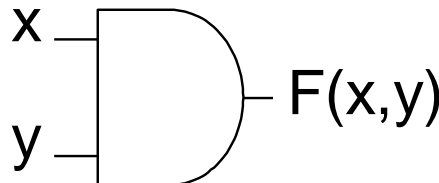
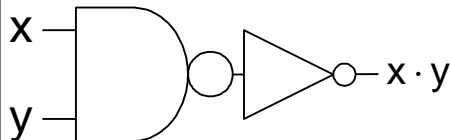
Fonction logique	Table de vérité	Symbole logique US	Symbole logique UE										
<div><math display="block">F(x) = \overline{x \cdot y}</math></div>	<table><tr><th>x y</th><th>F(x)</th></tr><tr><td>0 0</td><td>1</td></tr><tr><td>0 1</td><td>1</td></tr><tr><td>1 0</td><td>1</td></tr><tr><td>1 1</td><td>0</td></tr></table>	x y	F(x)	0 0	1	0 1	1	1 0	1	1 1	0		
x y	F(x)												
0 0	1												
0 1	1												
1 0	1												
1 1	0												

# Les opérateurs logiques composites (1)

- Fonction OU, OR:

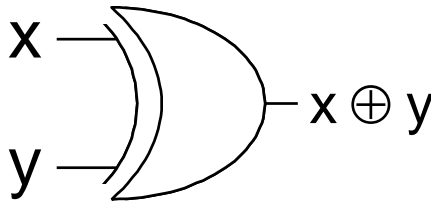
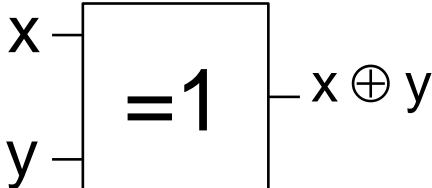
Fonction logique	Table de vérité	Symbole logique	Réalisation matérielle										
<div><math>F(x) = x + y</math></div>	<table><tr><th>x y</th><th>F(x)</th></tr><tr><td>0 0</td><td>0</td></tr><tr><td>0 1</td><td>1</td></tr><tr><td>1 0</td><td>1</td></tr><tr><td>1 1</td><td>1</td></tr></table>	x y	F(x)	0 0	0	0 1	1	1 0	1	1 1	1		
x y	F(x)												
0 0	0												
0 1	1												
1 0	1												
1 1	1												

- Fonction ET, AND:

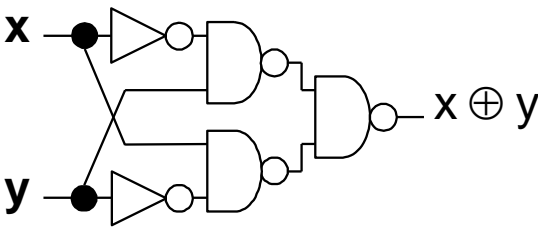
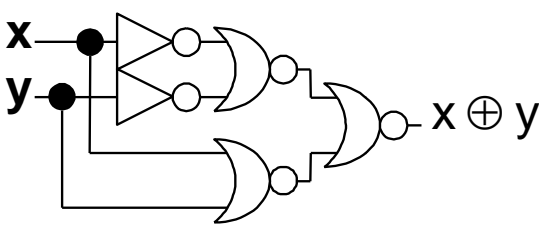
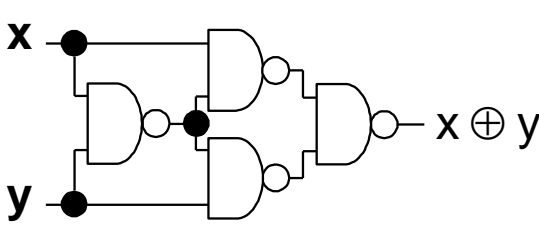
Fonction logique	Table de vérité	Symbole logique	Réalisation matérielle															
<div><math display="block">F(x) = x \cdot y</math></div>	<table><tr><th>x</th><th>y</th><th>F(x)</th></tr><tr><td><u>0</u></td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td><u>0</u></td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td><u>0</u></td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	x	y	F(x)	<u>0</u>	0	0	<u>0</u>	1	0	1	<u>0</u>	0	1	1	1		
x	y	F(x)																
<u>0</u>	0	0																
<u>0</u>	1	0																
1	<u>0</u>	0																
1	1	1																

# Les opérateurs logiques composites (2)

- Fonction OU EXCLUSIF, XOR :**

Fonction logique	Table de vérité	Symbole logique	Symbole logique UE										
<div><math display="block">F(x) = x \oplus y</math></div>	<table><tr><th>x y</th><th>F(x)</th></tr><tr><td>0 0</td><td>0</td></tr><tr><td>0 1</td><td>1</td></tr><tr><td>1 0</td><td>1</td></tr><tr><td>1 1</td><td>0</td></tr></table>	x y	F(x)	0 0	0	0 1	1	1 0	1	1 1	0		
x y	F(x)												
0 0	0												
0 1	1												
1 0	1												
1 1	0												

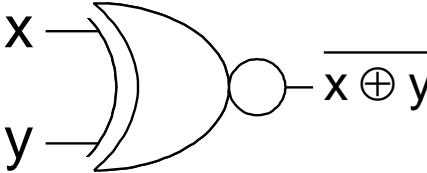
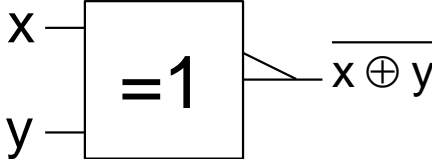
- Réalisations matérielles**

		
$x \oplus y = \overline{\overline{x \cdot y} \cdot \overline{x \cdot y}}$	$x \oplus y = \overline{\overline{\overline{x + y} + \overline{x + y}}}$	$x \oplus y = \overline{\overline{x \cdot x y} \cdot \overline{y \cdot x y}}$

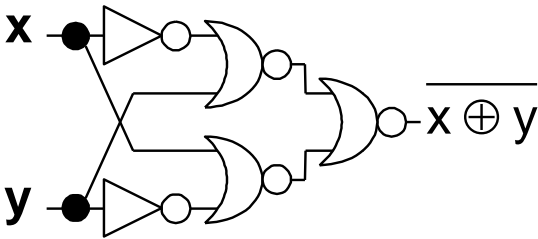
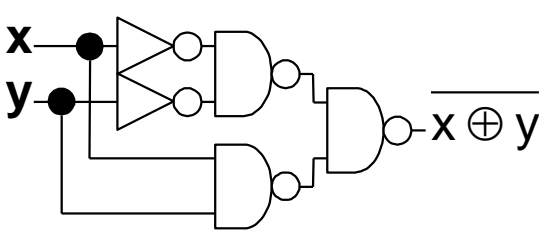
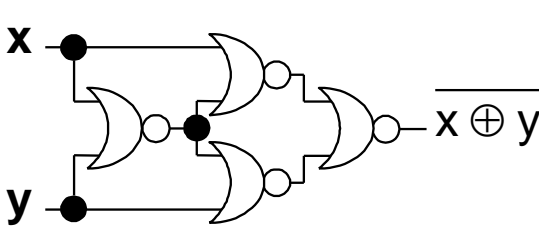


# Les opérateurs logiques composites (3)

- Fonction OU NON EXCLUSIF, NXOR, XORbarre:

Fonction logique	Table de vérité	Symbole logique	Symbole logique UE															
<div><math display="block">F(x) = \overline{x \oplus y}</math></div>	<table><tr><th>x</th><th>y</th><th>F(x)</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</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>	x	y	F(x)	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1		
x	y	F(x)																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																

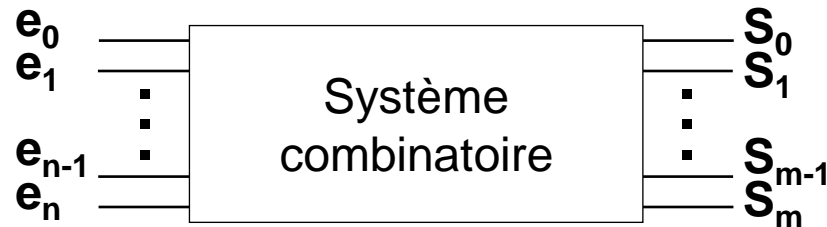
- Réalisations matérielles

		
$\overline{x \oplus y} = \overline{\overline{\overline{x + y + x + y}}}$	$\overline{x \oplus y} = \overline{\overline{\overline{x \cdot y \cdot x \cdot y}}}$	$\overline{x \oplus y} = \overline{\overline{\overline{x + x + y + y + x + y}}}$

# Combinatoire / Séquentiel

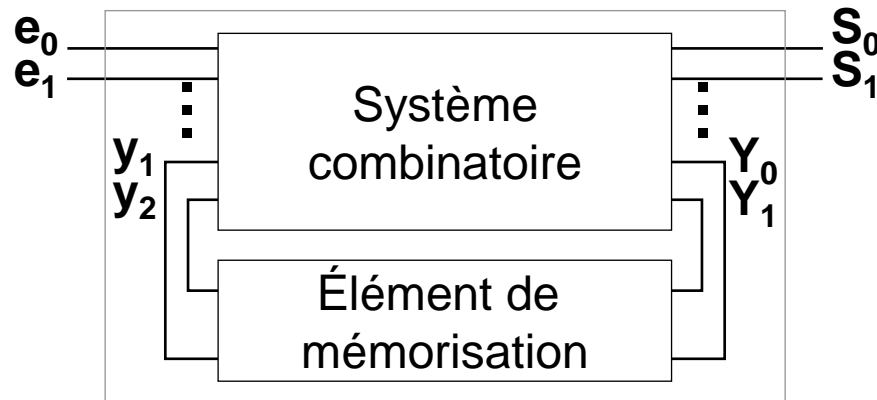
- **Combinatoire**

- L'état des sorties ne dépend que de l'état des **n** entrées,
- Un circuit combinatoire à n entrées comporte  **$2^n$**  états,
- Il n'y a ni mémorisation ni bouclage entrée / sortie:



- **Séquentiel**

- L'état des sorties dépend de l'état des entrées et de celui de certaines sorties (bouclages),
- Certains états des sorties peuvent être mémorisés afin d'être utilisés ultérieurement.



# Séquentiel (1)

- **Entrées**

- n entrées:  $e_1, e_2 \dots e_n$ ,

- **Variables internes**

- des variables internes sortantes rebouclées en entrée:
    - Exemple:  $y_j = Y_j$ ,
  - Des variables de sorties (externes) rebouclées en entrée:
    - Exemple:  $y_k = S_k$ ,
  - des variables internes de sorties rebouclées en entrée après une mémorisation (retard  $\Delta t$ ):
    - Exemple:  $y_p(t+\Delta t) = Y_p(t)$ ,

- **Sorties**

- m sorties externes:  $S_1, S_2 \dots S_m$ ,

