

**Rappels sur**  
**Les composants logiques programmables**  
(d'après le document de Jean-Louis Boizard)

---

# Les composants logiques programmables

Classification des circuits numériques

Quelques fabricants

Les technologies

Principe de programmation

PAL, CPLD, FPGA, LUT

Avantages des circuits programmables

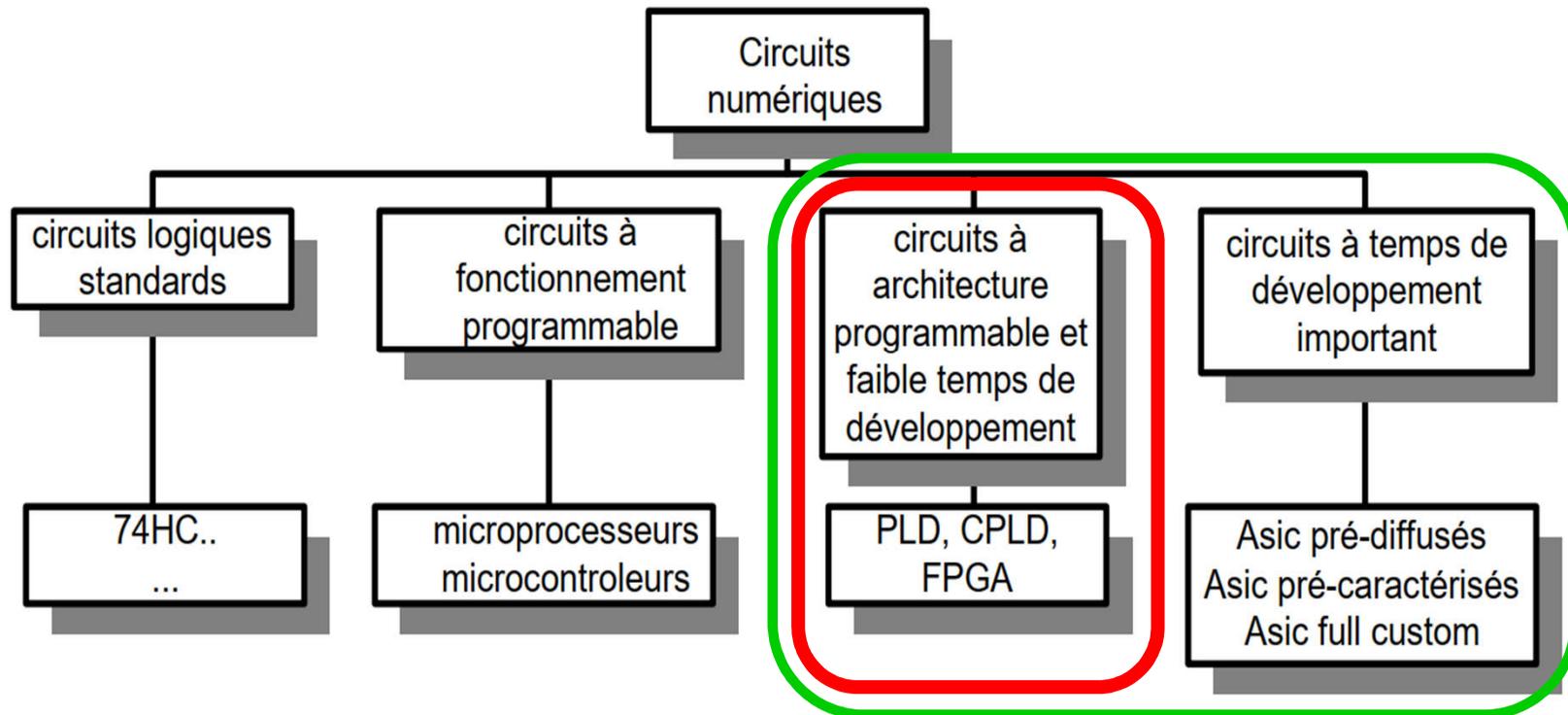
Les outils de synthèse

Les tendances

Flot de conception

# Les composants logiques programmables

## Classification des circuits numériques



# Les composants logiques reconfigurables

---

Il en existe deux grandes familles :

- les **FPGA** : Field Programmable Gate Array (Réseaux de champs de portes programmables)

les FPGA reposent sur une structure matricielle constituée de cellules élémentaires assurant des calculs combinatoires sur peu d'entrées (moins de 10) avec la possibilité d'en mémoriser le résultat dans une bascule.

- les **CPLD** : Complex Programmable Logic Device

Les CPLD, à l'opposé, une architecture distribuée constitué d'énormes blocs de calculs combinatoires capables de traiter de très nombreuses entrées



# Les composants logiques programmables

---

Quelques fabricants :

**Haut niveau d'intégration:**

**Altera**



**Xilinx**



**Actel**



**Atmel**

...

# Les composants logiques programmables

---

TECHNOLOGIES :

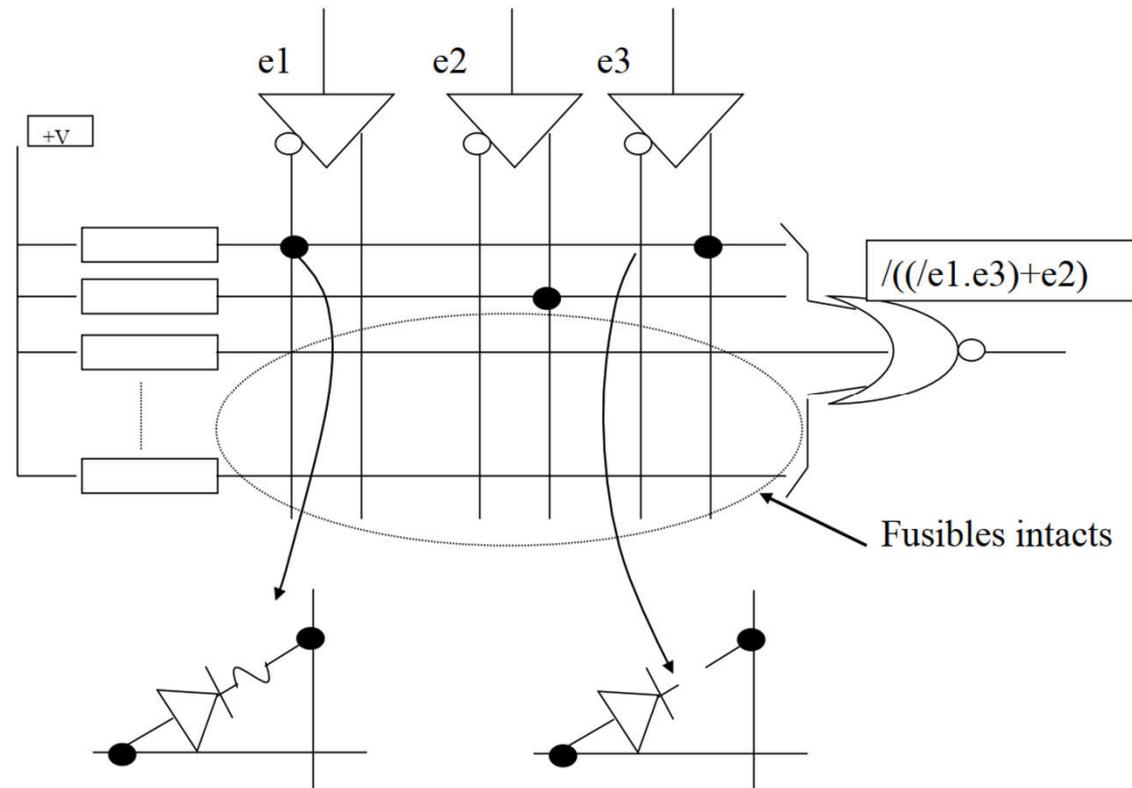
Selon les fabricants on trouve des circuits :

- ~~- OTP (One Time Programmable) constitués de matrices à fusibles (ou antifusibles). (très peu utilisés aujourd'hui!)~~
- ~~- Effaçables aux U.V. (type EPROM). (quasiment plus utilisés!)~~
- Effaçables électriquement (EEPROM).
- Programmables par RAMs statiques « SRAM »  
(très utilisés: faible consommation)

# Les composants logiques programmables

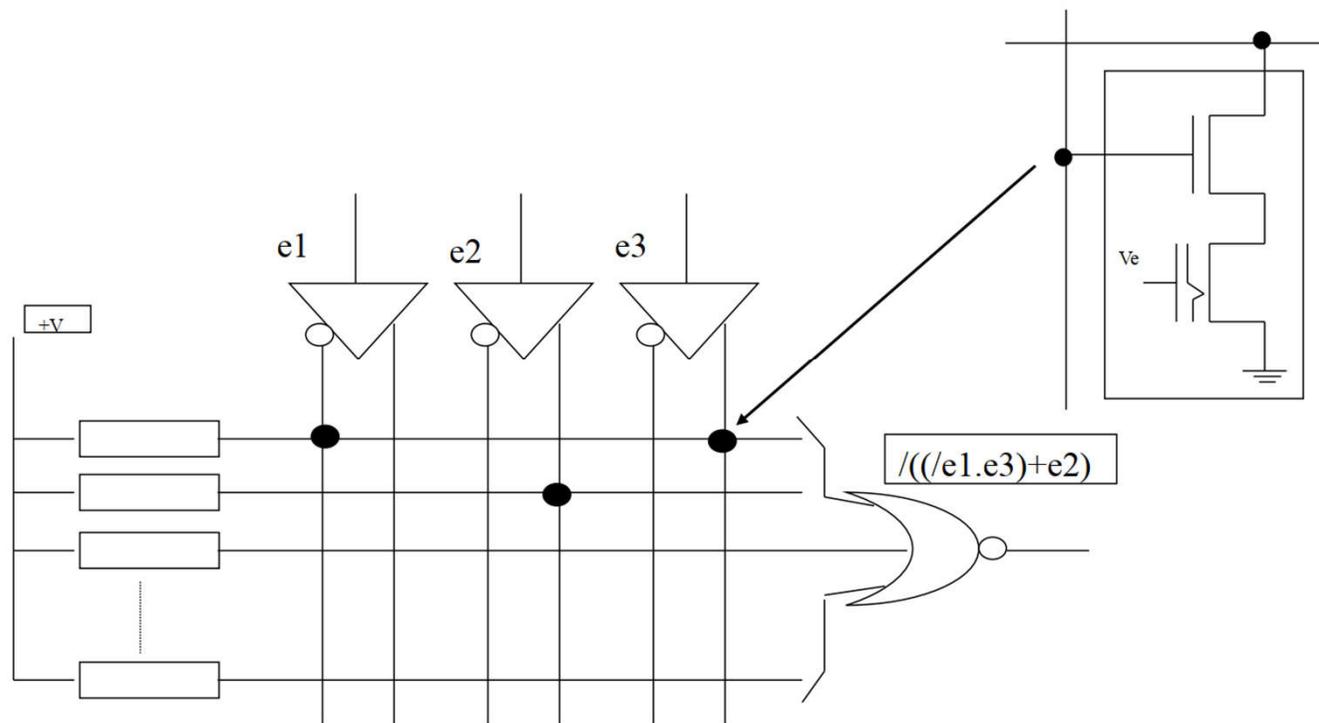
PRINCIPE DE PROGRAMMATION :

anciennes générations: fusibles



# Les composants logiques programmables

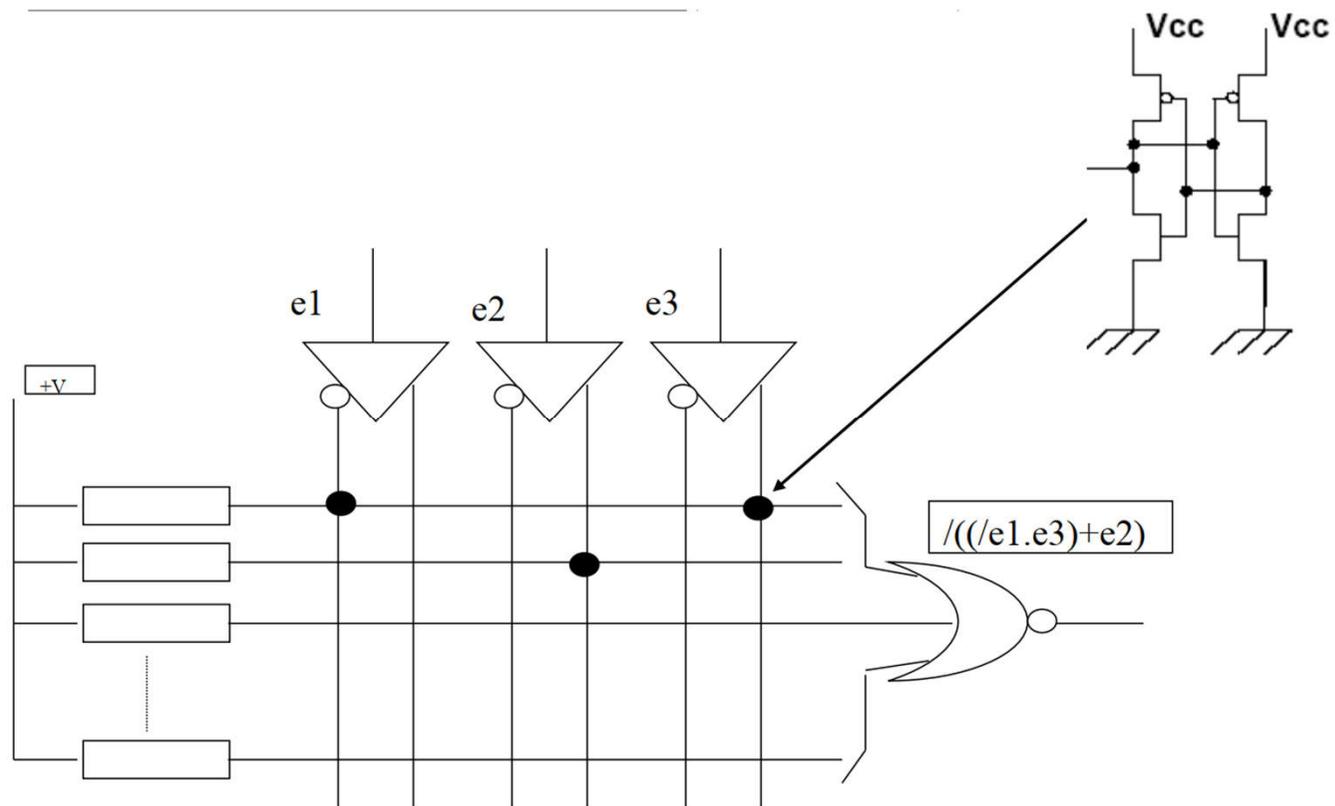
PRINCIPE DE PROGRAMMATION :  
transistors MOS à grille flottante



# Les composants logiques programmables

PRINCIPE DE PROGRAMMATION :

**Mémoire SRAM**

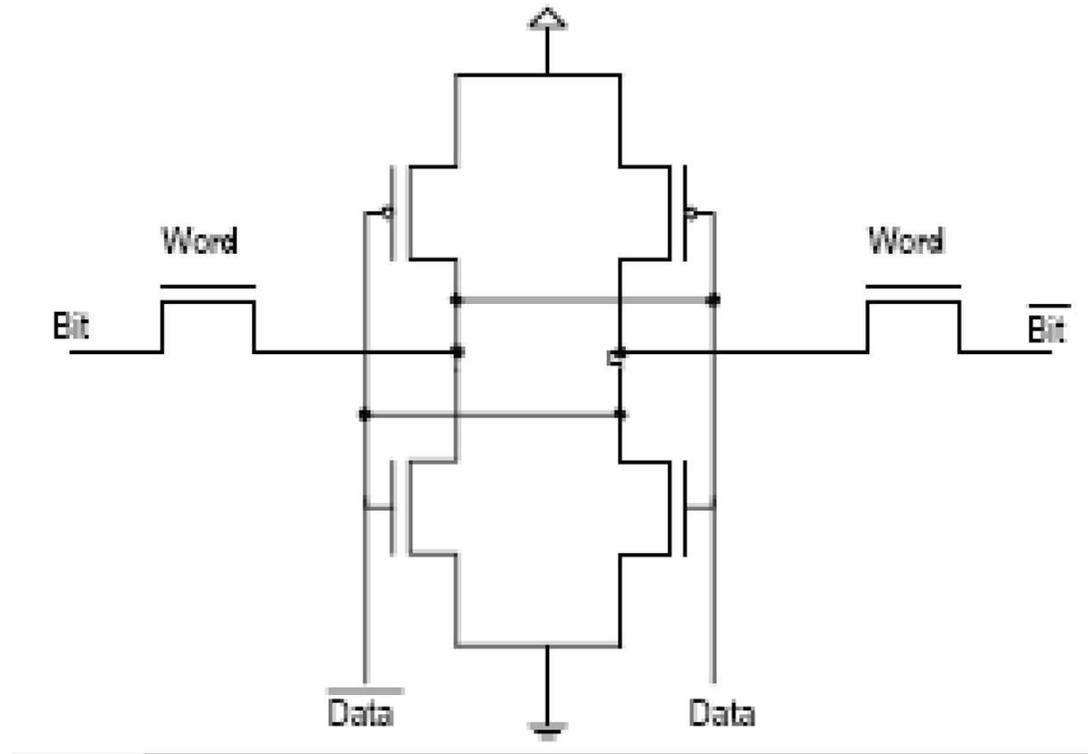


M2 SME

# Les composants logiques programmables

PRINCIPE DE PROGRAMMATION :

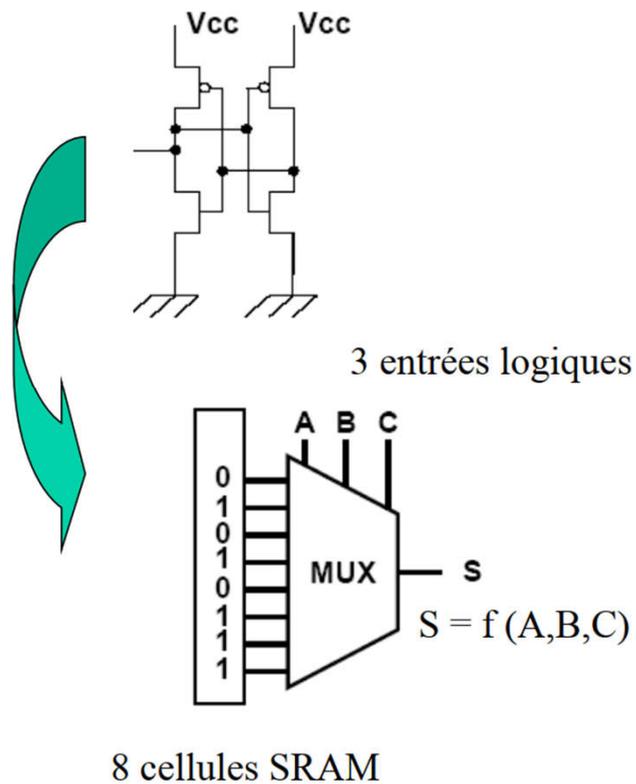
**Mémoire SRAM (6 transistors)**



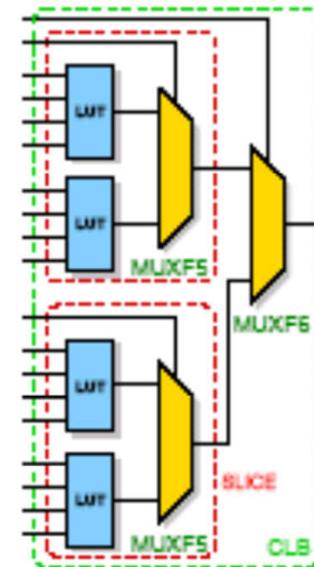
# Les composants logiques programmables

EVOLUTION PRINCIPE DE PROGRAMMATION

**SRAM + multiplexeur ou LUT**

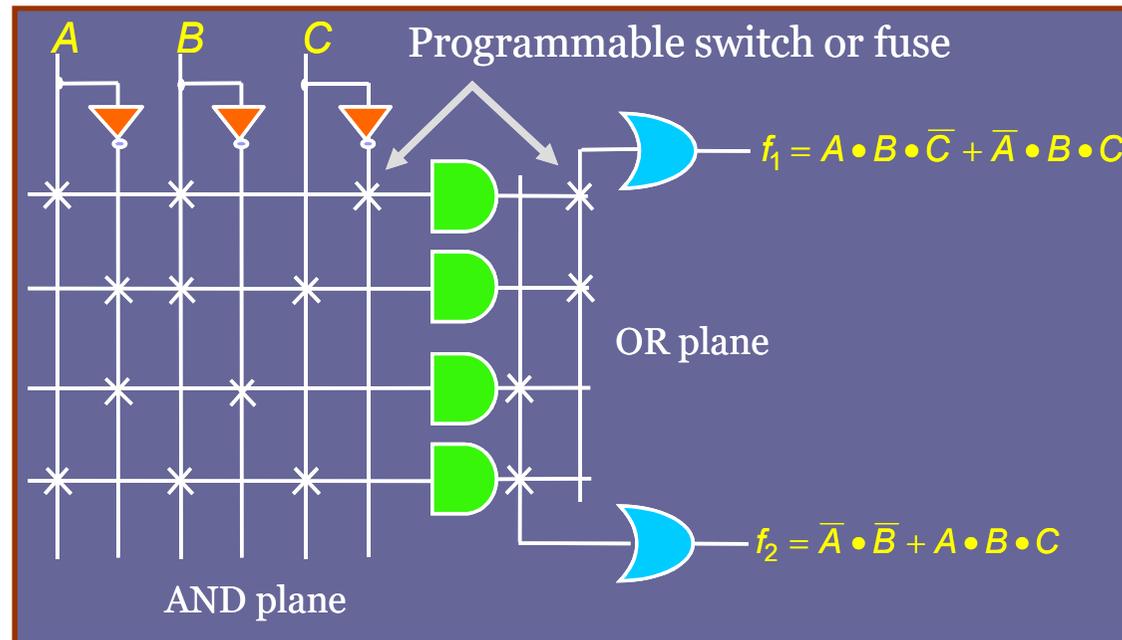


Bloc de LUT 4 entrées  
(FPGA actuels)



# Comment ça a commencé : PLA

- Programmable Logic Array *(Réseau logique programmable)*
- 2-level and-or structure *(structure à 2 niveaux et/ou)*
- OTP One Time Programmable *(Programmable Une fois)*

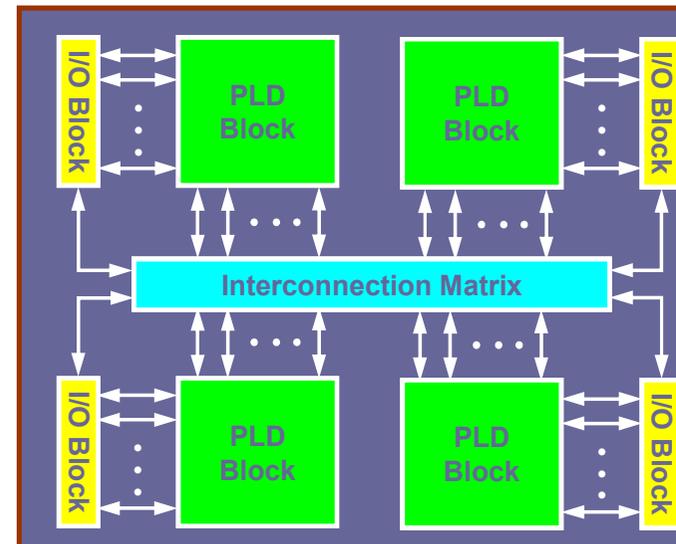
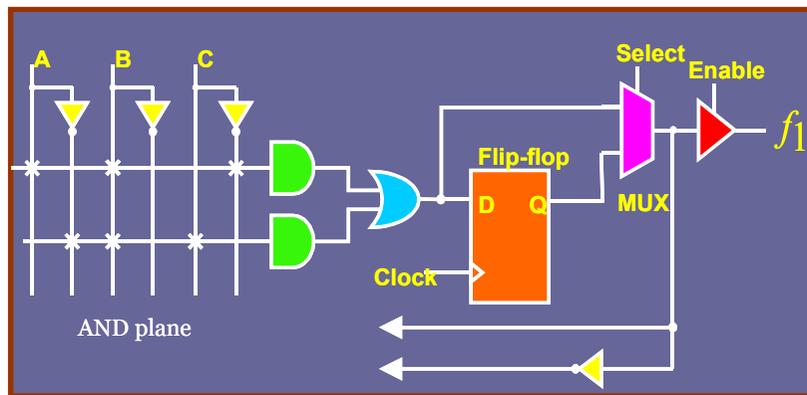


# SPLD - CPLD

- Simple Programmable Logic Device
  - Single AND Level
  - Flip-Flops and feedbacks
- Complex Programmable Logic Device
  - Several PLDs Stacked together

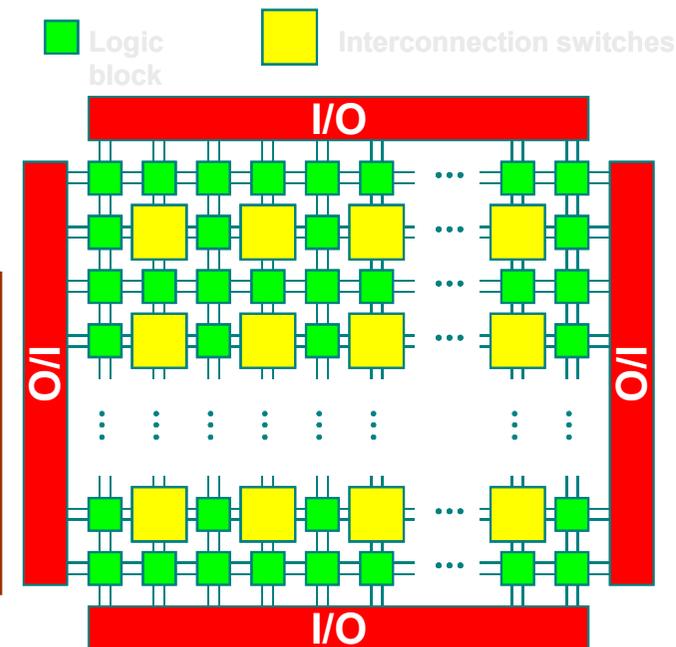
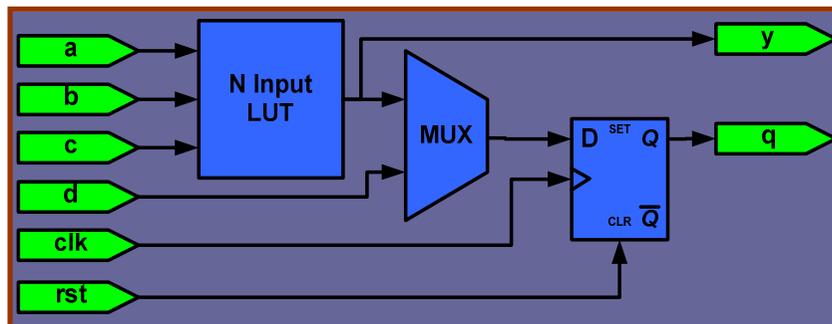
*Simple ET Niveau*

*Plusieurs PLD empilés ensemble*



# FPGA - Field Programmable Gate Array

- Programmable logic blocks (Logic Element "LE")  
Implémente une logique combinatoire et séquentielle. *Basé sur LUT et DFF.*
- Programmable I/O blocks  
*Blocs d'E/S programmables*  
Les E / S configurables pour les connexions externes prennent en charge diverses tensions et trois états.
- Fils d'Interconnexion programmable pour connecter les entrées, les sorties et les blocs logiques.
- clocks
- connexions locales à courte distance
- connexions longue distance sur puce



# Configuration LUT Look Up Table (table de correspondance)

- LUT est une RAM avec une largeur de données de 1 bit.
- Le contenu est programmé à la mise sous tension.
- Cas d'étude :  $y = a \cdot b + \bar{c}$
- 3 entrées
- $2^3 = 8$  combinaisons

Fonction requise

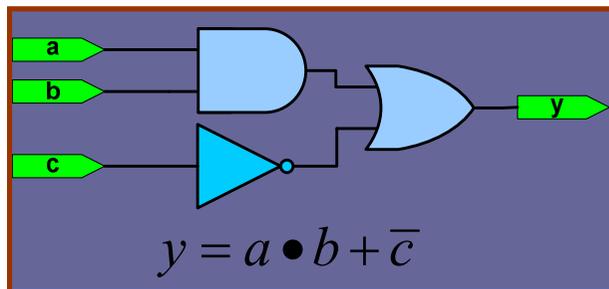
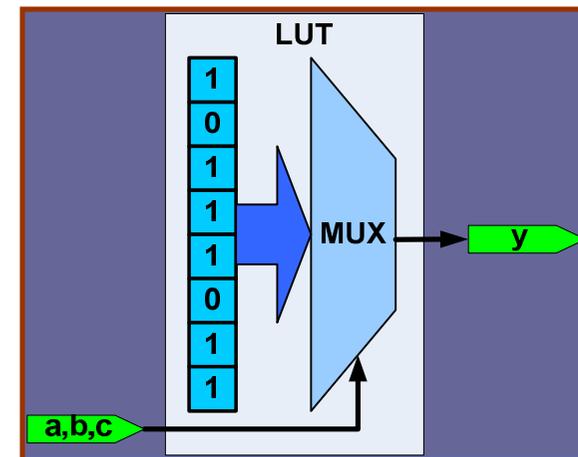


Table de vérité

a	b	c	Y
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

LUT programmé



# Les composants logiques programmables

---

## AVANTAGES DES CIRCUITS PROGRAMMABLES

- LA COMPACTITE
- LA CONSOMMATION
- LES TEMPS DE PROPAGATION
- LA SIMPLIFICATION DE L'ETUDE DU CI
- LA SIMPLIFICATION DE LA FABRICATION DU CI
- LA SIMPLIFICATION DU CÂBLAGE
- LA REDUCTION DES STOCKS
- LA REDUCTION DU TEMPS DE DEVELOPPEMENT (Time to Market)
- COÛT GRANDE SERIE (boîtiers OTP)
- LA CONFIDENTIALITE
- LA CEM
- L'EVOLUTIVITE
- LA RECONFIGURABILITE
- LA TESTABILITE (interface JTAG)

# Les composants logiques programmables

---

Les outils de synthèse :

- Equations logiques
- Tables de vérité
- Machines à état
- Schémas (symboles graphiques)
- Langages (**VHDL**, AHDL, VERILOG, SystemC, SystemVerilog ...)

**VHDL: STANDARD reconnu par l'IEEE**  
**norme IEEE-1076 (1987)**  
**et IEEE-1164 (1993)**

# Les composants logiques programmables

---

Les tendances :

- Apparition de compilateurs **C => VHDL** voire **SystemC => VHDL**

TRITON (Poseidon Design Systems)  
GAUT (LESTER Université de Bretagne Sud)  
CATAPULT C (Mentor Graphics)  
IMPULSE C (Impulse Accelerated Technologies)  
PICO (Symphora)  
UGH (Tima/Lip6)  
DK design suite (Celoxica)  
...

- **Conception niveau Système:**

- **DSP Builder (Altera)**  
- Synplify DSP (Synplicity)  
- XN Generator  
- Simulink HDL

# Les composants logiques programmables

Flot de conception :

