

# Programmation assembleur

Christophe Viroulaud

Première - NSI

**ArchMat 02**

## Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

L'*unité de contrôle* d'un processeur lit des instructions contenues dans la mémoire et ordonne à l'*unité arithmétique et logique* de les exécuter. Cependant, le processeur ne comprend pas le langage humain et des consignes même simples ne sont pas directement interprétables par la machine.

## Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

Comment l'Homme communique avec la machine ?

## 1. Langage machine

### 1.1 Langage binaire

### 1.2 Langage de bas niveau

## 2. Langage assembleur

### Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

### Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

## À retenir

Un processeur est un composant électronique : il n'interprète que des signaux électriques (représentés par 0 ou 1).

Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

Langage  
assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

## Langage machine

### Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

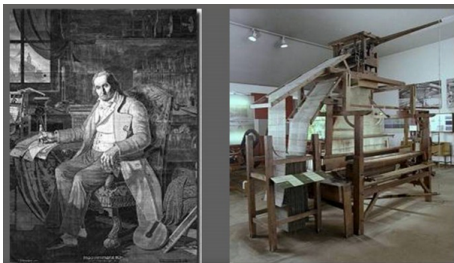
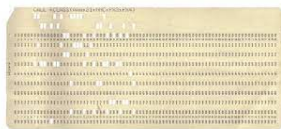
Entrées / Sorties

Techniquement il ne peut y avoir que deux états :

- ▶ passage de courant électrique représenté par le chiffre 1,
- ▶ absence de courant électrique représenté par le chiffre 0.

On parle de **langage binaire**.

# Un concept déjà existant



**1801**

Joseph-Marie Jacquard a développé un métier à tisser avec lequel le motif à tisser était déterminé par des cartes perforées.

Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

Langage  
assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

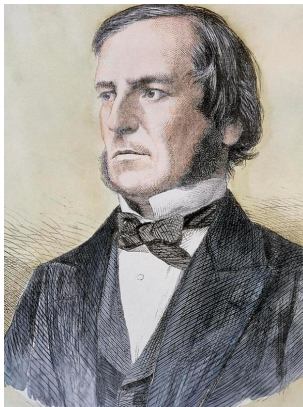
Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

# Une théorie mathématique



**1844-1854**

George Boole crée une algèbre binaire, dite booléenne, n'acceptant que deux valeurs numériques : 0 et 1.

Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

Langage  
assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties



## 1. Langage machine

### 1.1 Langage binaire

### 1.2 Langage de bas niveau

## 2. Langage assembleur

### Langage machine

Langage binaire

**Langage de bas niveau**

### Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

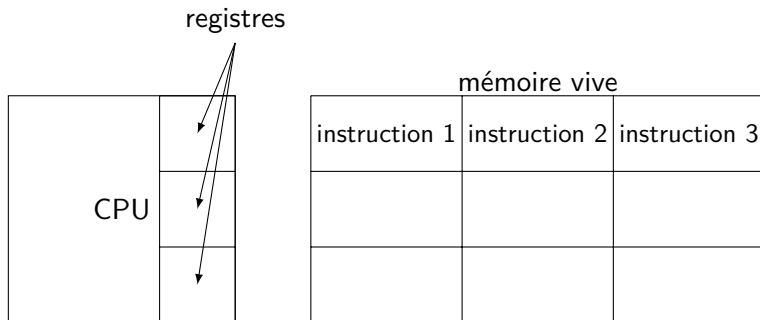


FIGURE 1 – Rappel : modèle de von Neumann

Un processeur ne peut exécuter que des instructions  
basiques :

- **opérations arithmétiques** : *« additionne la valeur contenue dans le registre R1 et le nombre 789 et range le résultat dans le registre R0 »*

Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

Langage  
assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

Un processeur ne peut exécuter que des instructions basiques :

- ▶ **opérations arithmétiques** : *« additionne la valeur contenue dans le registre R1 et le nombre 789 et range le résultat dans le registre R0 »*
- ▶ **transfert de données entre les registres et la mémoire vive** : *« prendre la valeur située à l'adresse mémoire 487 et la placer dans la registre R2 »*

Un processeur ne peut exécuter que des instructions basiques :

- ▶ **opérations arithmétiques** : *« additionne la valeur contenue dans le registre R1 et le nombre 789 et range le résultat dans le registre R0 »*
- ▶ **transfert de données entre les registres et la mémoire vive** : *« prendre la valeur située à l'adresse mémoire 487 et la placer dans la registre R2 »*
- ▶ **rupture de séquence** : *« saute de l'instruction 2 à l'instruction 5 »*

## Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

## 1. Langage machine

## 2. Langage assembleur

### 2.1 Un langage intermédiaire

### 2.2 Découverte d'un simulateur

### 2.3 Opérations arithmétiques

### 2.4 Transfert de données

### 2.5 Rupture de séquence

### 2.6 Entrées / Sorties

## Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

**Un langage intermédiaire**

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

Le code *0010 0110* donne l'ordre au processeur d'effectuer une multiplication.

Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

Langage  
assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

## À retenir

Pour faciliter la vie des informaticiens, on remplace les code binaires par des **symboles mnémoniques**.

ADD, MOV, SUB...



## 1. Langage machine

## 2. Langage assembleur

### 2.1 Un langage intermédiaire

### 2.2 Découverte d'un simulateur

### 2.3 Opérations arithmétiques

### 2.4 Transfert de données

### 2.5 Rupture de séquence

### 2.6 Entrées / Sorties

#### Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

#### Langage assembleur

Un langage intermédiaire

**Découverte d'un simulateur**

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

Langage  
assembleur

Un langage intermédiaire

**Découverte d'un simulateur**

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

## Activité 1 :

1. Ouvrir la page <https://www.peterhigginson.co.uk/ARMLite/>
2. Repérer les éléments du modèle de von Neumann.

# Correction

The screenshot displays a 32-bit ARM simulator interface. The **Processor** section on the left includes a register list (PC to R0) with values in hexadecimal, control buttons (Play, Pause, Step, Run), and fields for Count, Current Instruction, and Status bits (NZCV). The **Memory** section on the right shows a memory dump with addresses from 0x0000 to 0x001f and their corresponding values. The **Input/Output** section at the bottom features a 'System Cleared' message and a 'Clear' button.

**Processor**

PC 0x00000000  
LR 0x00000000  
SP 0x00100000  
R12 0x00000000  
R11 0x00000000  
R10 0x00000000  
R9 0x00000000  
R8 0x00000000  
R7 0x00000000  
R6 0x00000000  
R5 0x00000000  
R4 0x00000000  
R3 0x00000000  
R2 0x00000000  
R1 0x00000000  
R0 0x00000000

Count 0  
Current Instruction  
Status bits NZCV 0000

**Memory**

000	0x0	0x4	0x8	0xc
0x0000	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0001	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0002	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0003	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0004	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0005	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0006	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0007	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0008	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0009	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x000a	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x000b	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x000c	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x000d	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x000e	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x000f	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0010	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0011	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0012	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0013	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0014	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0015	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0016	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0017	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0018	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x0019	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x001a	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x001b	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x001c	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x001d	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x001e	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x001f	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000

**Input/Output**

System Cleared

Hex Clear

FIGURE 2 – Simulateur 32-bit ARM

Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

Langage  
assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

## Activité 2 :

1. Dans la partie *Program* cliquer sur *Edit* puis écrire les instructions suivantes :

```
1  MOV R0, #3
2  ADD R1,R0,#5
3  HALT
```

2. Cliquer sur *Submit* et observer ce qui se passe en mémoire.
3. Cliquer sur le bouton 3 pour exécuter le programme.



FIGURE 3 – Exécution pas à pas

Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

Langage  
assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

## Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

- ▶ Le processeur exécute les instructions les unes après les autres.
- ▶ Les **mots-mémoires** sont présentés en *hexadécimal*.

## Commentaire

Dans cette première approche, nous afficherons les mots-mémoires et les données en

**Decimal (signed)**

## 1. Langage machine

## 2. Langage assembleur

### 2.1 Un langage intermédiaire

### 2.2 Découverte d'un simulateur

### 2.3 Opérations arithmétiques

### 2.4 Transfert de données

### 2.5 Rupture de séquence

### 2.6 Entrées / Sorties

#### Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

#### Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

#### Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

## Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

### Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

## À retenir

Un processeur ne peut effectuer des calculs qu'avec des valeurs situées dans ses registres.

```
1 ADD R0,R1,R2
```

**Code 1** – Ajoute la valeur du registre R2 à celle de R1 puis place le résultat dans R0.

```
1 ADD R1,R1,#10
```

**Code 2** – Ajoute l'entier 10 à celle du registre R1 puis place le résultat dans R1.

Le symbole *SUB* effectue une soustraction avec la même syntaxe.



Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

Langage  
assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

**Activité 3 :** Dans le jeu du *compte est bon* il faut retrouver un résultat à partir d'une série d'entiers. Dans cet exemple nous n'utiliserons que des additions et des soustractions.

La série de nombre est : 12 20 57 3

Écrire un programme qui retrouve le résultat 52.

# Avant de regarder la correction

## Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

### Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties



- ▶ Prendre le temps de réfléchir,
- ▶ Analyser les messages d'erreur,
- ▶ Demander au professeur.

## Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

### Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

```
1 ADD R0,R0,#57
2 ADD R0,R0,#3
3 ADD R0,R0,#12
4 SUB R0,R0,#20
5 HALT
```

Code 3 – Un code possible

## 1. Langage machine

## 2. Langage assembleur

### 2.1 Un langage intermédiaire

### 2.2 Découverte d'un simulateur

### 2.3 Opérations arithmétiques

### 2.4 Transfert de données

### 2.5 Rupture de séquence

### 2.6 Entrées / Sorties

#### Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

#### Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

**Transfert de données**

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

Il est possible d'envoyer une valeur directement dans un registre.

```
1 MOV R0, #10
```

Code 4 – Place la valeur 10 dans R0.

Il arrive régulièrement que les données soient déjà stockées dans la mémoire vive. Avant d'effectuer une opération arithmétique avec ces valeurs, il faut d'abord les charger dans les registres.

```
1  LDR R0,16
```

**Code 5 – LoaDR**egister : charge dans R0 la valeur située à l'adresse 16 de la mémoire.

Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

Langage  
assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

**Transfert de données**

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

Langage  
assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

**Transfert de données**

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

```
1  STR R0,20
```

Code 6 – **ST**ore**R**egister : stocke la valeur de R0 dans l'espace mémoire situé à l'**adresse** 20.

Il semble fastidieux de demander au programmeur de manipuler les adresses mémoires. Heureusement il est possible d'assigner un **label** à un mot-mémoire.

```
1  LDR R0, mavaleur
2  HALT
3  mavaleur: 10
```

Code 7 – charge dans R0 la valeur située dans la case mémoire *mavaleur*.

Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

Langage  
assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

**Transfert de données**

Rupture de séquence

Entrées / Sorties



## Activité 4 :

1. Tester le programme précédent. Observer la valeur stockée en mémoire.
2. Écrire un programme qui :
  - ▶ stocke dans la mémoire vive les coordonnées  $x = 5$  et  $y = 4$  d'un personnage dans un jeu.
  - ▶ modifie chaque coordonnée de 3 unités.

# Avant de regarder la correction

## Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

**Transfert de données**

Rupture de séquence

Entrées / Sorties



- ▶ Prendre le temps de réfléchir,
- ▶ Analyser les messages d'erreur,
- ▶ Demander au professeur.

## Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

**Transfert de données**

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

```
1  LDR R0, x
2  ADD R0, R0, #3
3  STR R0, x
4  LDR R1, y
5  ADD R1, R1, #3
6  STR R1, y
7  HALT
8  x: 5
9  y: 4
```

## 1. Langage machine

## 2. Langage assembleur

### 2.1 Un langage intermédiaire

### 2.2 Découverte d'un simulateur

### 2.3 Opérations arithmétiques

### 2.4 Transfert de données

### 2.5 Rupture de séquence

### 2.6 Entrées / Sorties

#### Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

#### Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

**Rupture de séquence**

Entrées / Sorties

# Rupture de séquence

Les codes construits précédemment sont exécutés linéairement. Il peut être nécessaire de *sauter* à certains points de code.

```

1  MOV R0, #10
2  MOV R1, #10
3  // Compare les valeurs de R0 et R1
4  CMP R0, R1
5  // Si les valeurs sont égales, saute au label
6  BEQ labelegal
7  MOV R2, R0
8  HALT
9  labelegal:
10 STR R0, mavaleur
11 HALT
12 mavaleur: 5

```

Code 8 – Les // permettent de commenter le code.

Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

Langage  
assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

**Rupture de séquence**

Entrées / Sorties

## Activité 5 :

1. Tester le code précédent en mode pas à pas.  
Prendre le temps de bien comprendre le saut.
2. Dans le code remplacer la valeur dans R1 par 11.  
Observer alors l'exécution du code.
3. Le **HALT** en ligne 8 est-il utile ?
4. Cliquer sur *Documentation* en bas à droite de l'écran. Sur la nouvelle page cliquer sur le lien *ARMLite Programming Reference Manual*.
5. Dans le manuel de référence, trouver les différents sauts (branchements) possibles.

# Avant de regarder la correction

## Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

**Rupture de séquence**

Entrées / Sorties



- ▶ Prendre le temps de réfléchir,
- ▶ Analyser les messages d'erreur,
- ▶ Demander au professeur.

- ▶ L'instruction **BEQ** en ligne 6 effectue un saut jusqu'à la ligne 9. Le code des lignes 7 et 8 n'est pas exécuté.
- ▶ Si les valeurs de R0 et R1 ne sont pas égales, **BEQ** ne fait rien et la ligne 7 sera la prochaine exécutée.
- ▶ Le **HALT** en ligne 8 est indispensable, sinon les lignes 9, 10, 11 seront exécutées.
- ▶ Dans la documentation en pages 7-8 on trouve :
  - ▶ **B** : unconditional branch,
  - ▶ **BNE** : Branch if Not Equal,
  - ▶ **BLT** : Branch if Less Than,
  - ▶ **BGT** : Branch if Greater Than.



## 1. Langage machine

## 2. Langage assembleur

- 2.1 Un langage intermédiaire
- 2.2 Découverte d'un simulateur
- 2.3 Opérations arithmétiques
- 2.4 Transfert de données
- 2.5 Rupture de séquence
- 2.6 Entrées / Sorties

### Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

### Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

**Entrées / Sorties**

Dans le modèle de von Neumann, pour communiquer avec l'utilisateur l'ordinateur utilise des interfaces d'entrée et de sortie.

Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

Langage  
assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

```
1 // charge une entrée clavier (un nombre) dans R0
2 LDR R0, .InputNum
```

Code 9 – Le programme est en attente d'une entrée dans la console.

```
1 // Copie du texte GAGNE dans R2
2 MOV R2,#GAGNE
3 // affiche dans la console de sortie
4 STR R2, .WriteString
5 HALT
6 GAGNE:.ASCIZ "Bien joué!"
```

Code 10 – Le programme affiche le message dans la console de sortie.

## Activité 6 : Écrire un programme qui :

- ▶ demande à l'utilisateur un nombre entre 1 et 10,
- ▶ le compare à un nombre préalablement chargé en mémoire, par le programmeur,
- ▶ affiche *Bravo* si l'utilisateur trouve le bon nombre,
- ▶ affiche *Perdu* sinon.

# Avant de regarder la correction

## Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties



- ▶ Prendre le temps de réfléchir,
- ▶ Analyser les messages d'erreur,
- ▶ Demander au professeur.

## Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

```
1  LDR R0,.InputNum // Copie d'une entrée clavier dans
   R0
2  MOV R1,#10        // Charge 10 dans R1
3  CMP R0,R1         // Compare R0 et R1
4  BNE NOTEGAL       // S'il n'y a pas égalité, aller au
   label NOTEGAL
5  MOV R2,#GAGNE     // Copie du texte GAGNE dans
   R2
6  STR R2,.WriteString // Affiche R2 dans la sortie
7  B SUITE           // Aller au label SUITE
8  NOTEGAL:
9      MOV R2,#PERDU
10     STR R2,.WriteString
11  SUITE:
12     HALT
13  GAGNE:.ASCIZ "Bien joué!"
14  PERDU:.ASCIZ "Perdu!"
```

## Langage machine

Langage binaire

Langage de bas niveau

## Langage assembleur

Un langage intermédiaire

Découverte d'un simulateur

Opérations arithmétiques

Transfert de données

Rupture de séquence

Entrées / Sorties

- ▶ <http://www.lunil.com/technologie-cartes-perforees-informatiques/>
- ▶ <https://info.blaisepascal.fr/>