

Automates

Introduction

Damien Nouvel

Introduction

Organisation du cours



- Introduction : 2h cours
- Théorie des langages : 4h cours / TD
- Automates à états finis : 4h cours / TD, 2h TP
- Propriété des langages réguliers : 2h cours / TD
- Expressions régulières : 4h cours / TD, 2h TP
- Projet : 2h cours / TD, 2h TP

Introduction

Plan



- Qu'est-ce qu'un automate ?
- Qu'est-ce qu'un langage ?
- Lien entre les automates et les langages
- L'ordinateur, automate à états déterministe

Introduction

Plan

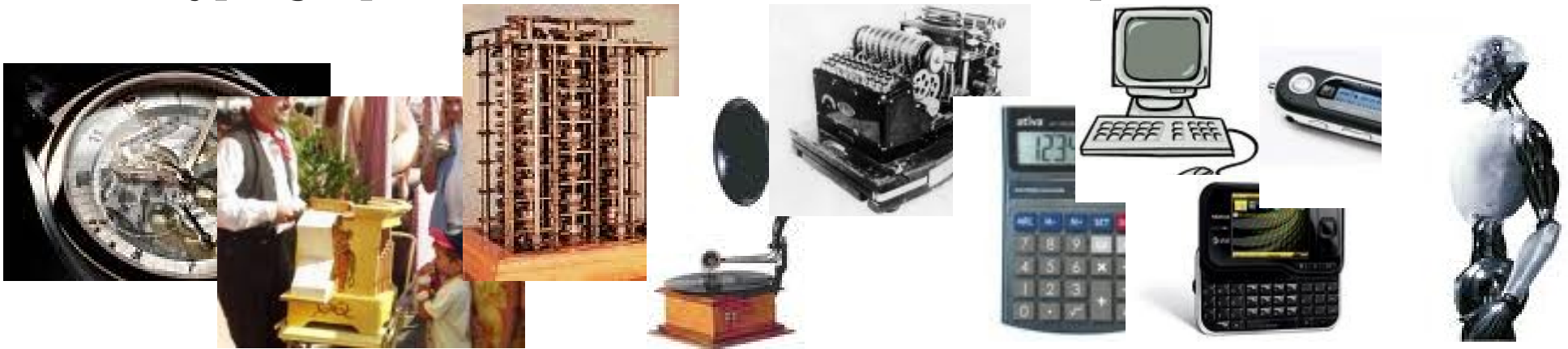


- Qu'est-ce qu'un automate ?
- Qu'est-ce qu'un langage ?
- Lien entre les automates et les langages
- L'ordinateur, automate à états déterministe

Introduction

Qu'est-ce qu'un automate ?

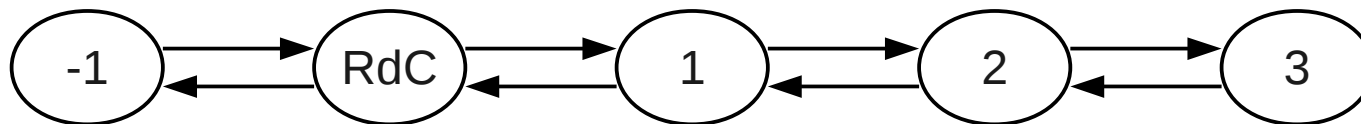
- Automate :
 - Du grec « $\acute{\alpha}\upsilon\tau\omicron\mu\alpha\acute{\tau}\omicron\nu$ » : qui se meut par soi-même, qui imite les mouvements...
 - « Appareil renfermant des dispositifs mécaniques ou électriques lui permettant d'exécuter à la commande un ensemble d'action déterminées »
 - Horloge, orgue de barbarie, machine à calculer, machines de cryptographie, calculettes, ordinateur, téléphone, MP3...



Introduction

Qu'est-ce qu'un automate ?

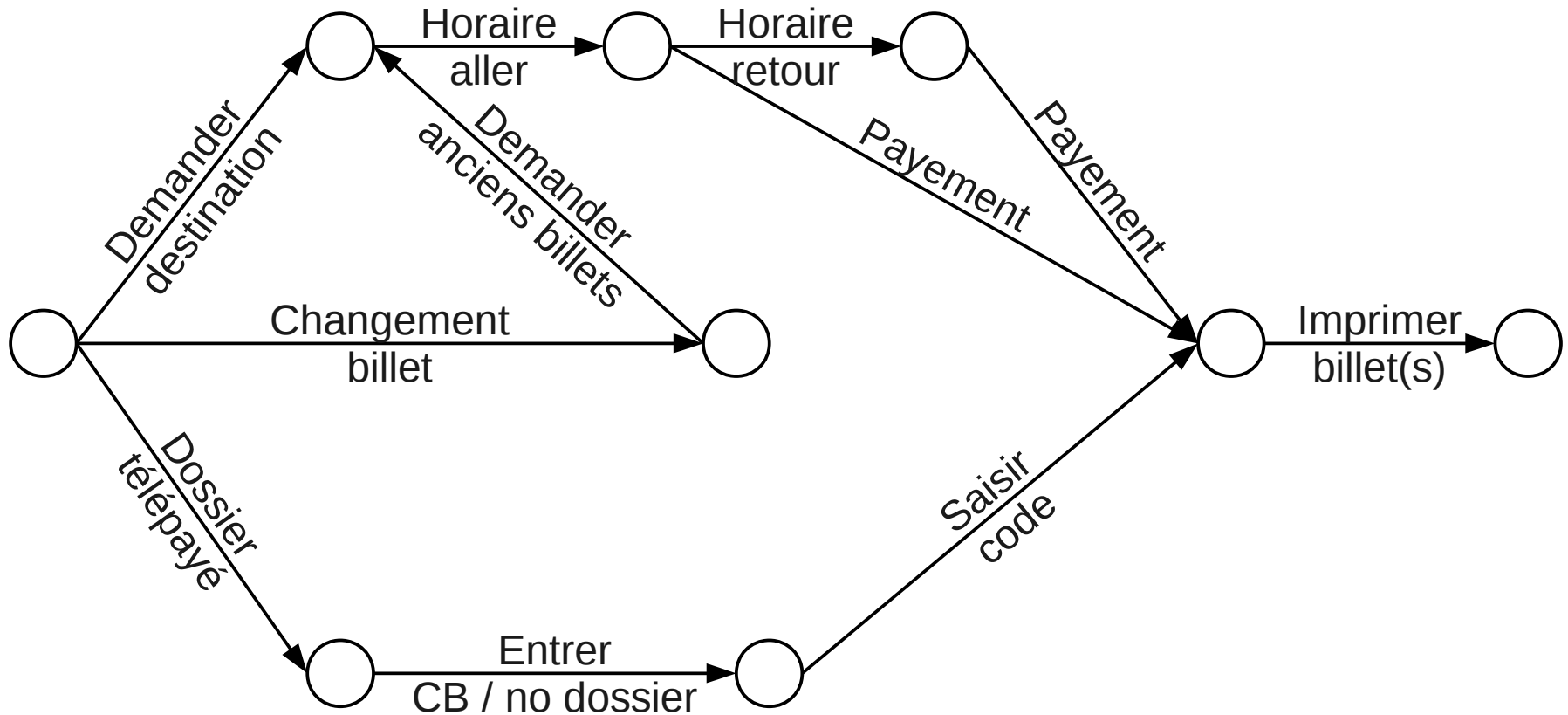
- Automate en informatique :
 - Dans ce cours, assez éloigné de l'idée de « robot » (même si en dernière analyse, c'est la même chose)
 - Principe de la « **séquence** » : suite d'actions...
 - Principe de l'**état** : change selon l'endroit où l'on est au sein de la séquence
 - Principe de la **transition** : selon la séquence et l'état, une décision est prise : **actions à faire et nouvel état atteint**
- Par exemple, l'ascenseur est un automate :



Introduction

Qu'est-ce qu'un automate ?

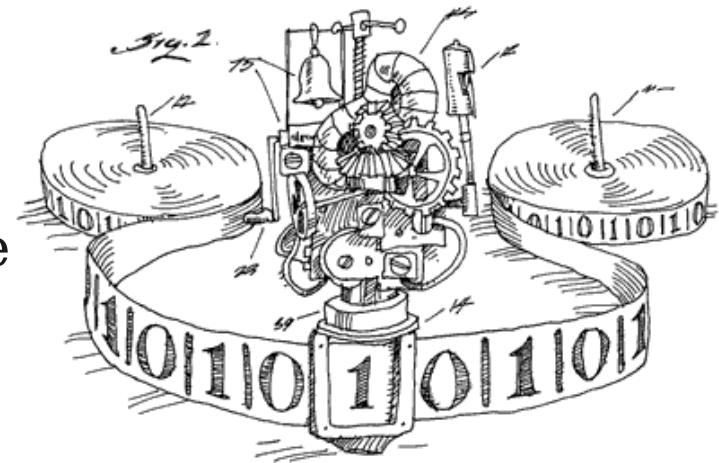
- Autre exemple : le distributeur de billet de train :



Introduction

Qu'est-ce qu'un automate ?

- Un automate se définit par :
 - Les **entrées** : ce que l'automate « consomme »
 - Les **sorties** : les actions / décisions de l'automate
 - L'**état** interne parmi une liste d'états possibles
 - Les **transitions** : l'automate bascule d'un état vers un autre
- **Machine de Turing (1936)** :
 - Bande / ruban de symboles
 - Tête de lecture / écriture qui se déplace
 - Registre d'état (dont celui de départ)
 - Table de transitions, fonction :
 - (état, symbole lu) → (état, symbole écrit, déplacement)



Introduction

Plan



- Qu'est-ce qu'un automate ?
- Qu'est-ce qu'un langage ?
- Lien entre les automates et les langages
- L'ordinateur, automate à états déterministe

Introduction

Qu'est-ce qu'un langage ?

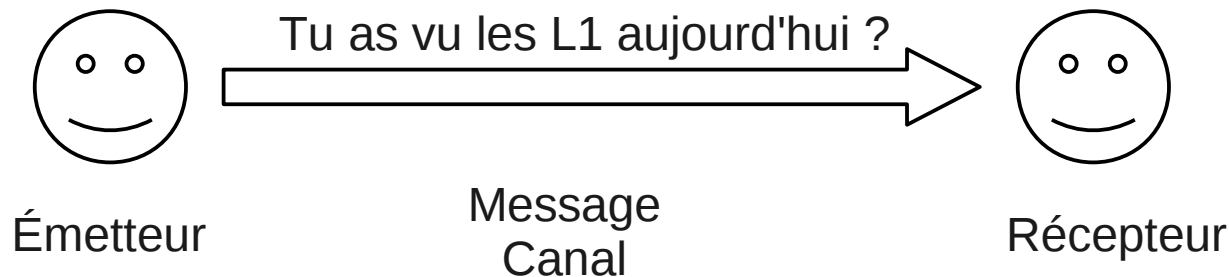
- Un nombre considérable de langages :
 - Français, anglais, chinois, arabe, portugais, serbe...
 - Langue des signes, braille, hiéroglyphes, Morse...
 - Ada, Pascal, Cobol, C++, Java, Python, HTML...
 - SMS, novlangue, verlan...
- Origine du langage :
 - **Parlé (≈3000)** : ≈ -200 000 ans, homo sapiens ?
 - **Écrit (≈350)** : ≈ -6 000 ans, Uruk ?
 - Informatique : 1951, A0 (Hopper, 1^{er} compilé)
- Un langage est (plus ou moins) **structuré** : phrases, mots (noms, verbes...), lettres (alphabet, chiffres...)



Introduction

Qu'est-ce qu'un langage ?

- Le langage, outil de **communication** qui met en jeu :



- **Émission** de messages (gestes, cordes vocales, stylo, clavier, braille) de manière intelligible par le locuteur
- **Réception** des messages (vision, ouïe, toucher, écrans), interprétation et compréhension par l'interlocuteur
- Sur un **canal** (média), plus ou moins **bruité**, qui permet de transporter l'information (le message)

Introduction

Qu'est-ce qu'un langage ?

- Les supports (canaux) pour la communication :

- Air (voix) :

- Volatile, sonore

- Papier (écriture) :

- Analogique, non formel

- Sémaphore, télégraphe :

- Volatile, visuel

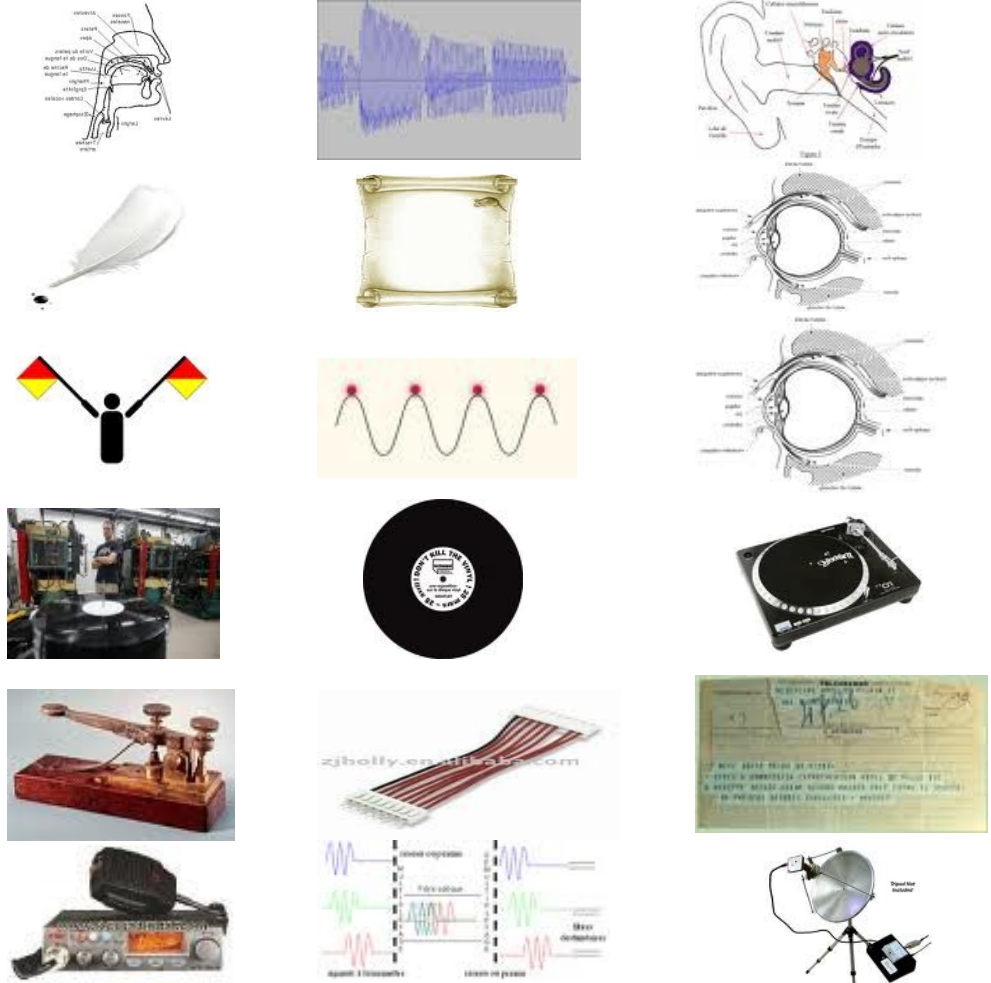
- Disque (Vynile, CD...) :

- Encodés (appareil)

- Signal électromagnétique :

- Aujourd'hui numériques

- Signal radioélectrique



Introduction

Qu'est-ce qu'un langage ?



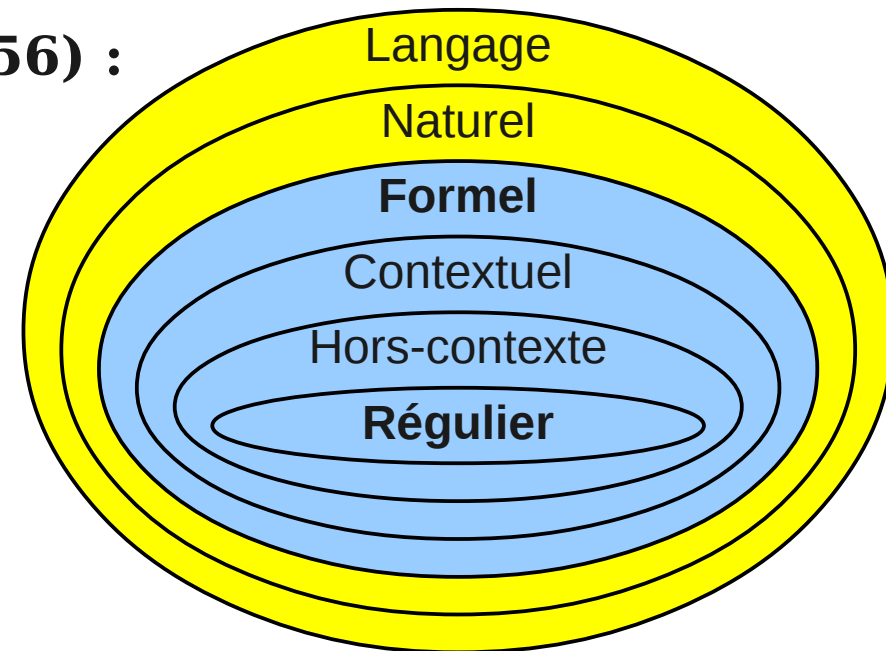
- Pour que le langage soit fonctionnel, il faut que :
 - L'émetteur **encode** correctement le message
 - Le canal **transporte** le message sans dégradation
 - Le récepteur **décode** correctement le message
- L'émetteur et le récepteur doivent se mettre d'accord sur le **format** du message, la manière dont il est codé :
 - Règles, normes : spécification formelle (informatique)
 - Usage, convention sociale : implicite et évolutif (naturel)
- Il faut déterminer si (et en quoi) un message est acceptable :
 - « marché Salut au je vais » \neq « Salut je vais au marché »

- La langue comme **système de symboles** :
 - **Systeme** : « totalité organisée, faite d'éléments solidaires ne pouvant être définis que les uns par rapport aux autres en fonction de leur place dans cette totalité » (de Saussure, 1931)
 - **Symbole** : unité porteuse de sens / information :
 - Mot : « avion », « cheval », « porter », « relue », « Bob », « 42 »...
 - Syllabe / phonème : « re », « ba », « tra », « in », « trans »...
 - Sigle : a, b, \$, ©, λ, لغات, 联, π₃, ℝ, Σ, ⇔, ∉, 🖨️, ♣️, ∴, ☺, ♂, ♀, 🎵
 - Lettre (latine) : {a, b, c, ... z}, {0, 1, 2, ... 9}, {é, à, ü, ...} : UTF8
- **Combinaison / composition** de symboles :
 - Double articulation : phonèmes / mots
 - Quelles unités minimales (atomiques) pour décomposer

Introduction

Qu'est-ce qu'un langage ?

- Hiérarchie des langages :
 - Langage : « système de signes identifiés permettant une communication entre une ou plusieurs entités » (Wikipedia)...
 - Langage **naturel** (humains) : « ensemble de signes utilisés par une communauté pour communiquer » (de Saussure, 1913)
 - **Langage formel (Chomsky, 1956) :**
 - Général
 - Contextuel
 - Hors-contexte
 - **Régulier**
 - A choix fini
 - Régis par des **grammaires :**
 - Systèmes de règles (normes)



Introduction

Plan

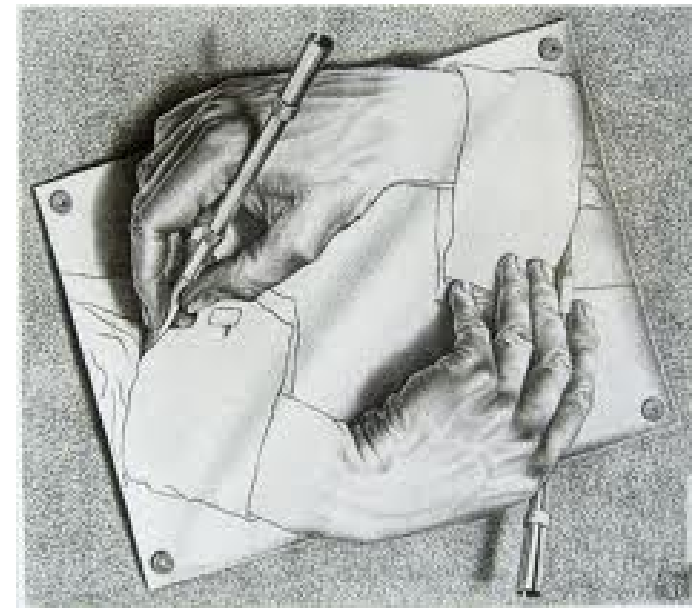


- Qu'est-ce qu'un automate ?
- Qu'est-ce qu'un langage ?
- Lien entre les automates et les langages
- L'ordinateur, automate à états déterministe

Introduction

Lien entre les automates et les langages

- Un langage permet de communiquer entre :
 - Humain et humain
 - Humain et animal (?)
 - Animal et animal (???)
 - **Humain et machine**
 - ...
- Cette communication s'appuie sur :
 - Le dialogue homme-machine
 - Les interfaces homme-machine
 - ⇒ la programmation, par des informaticiens, de logiciels afin que les machines puissent comprendre d'autres hommes

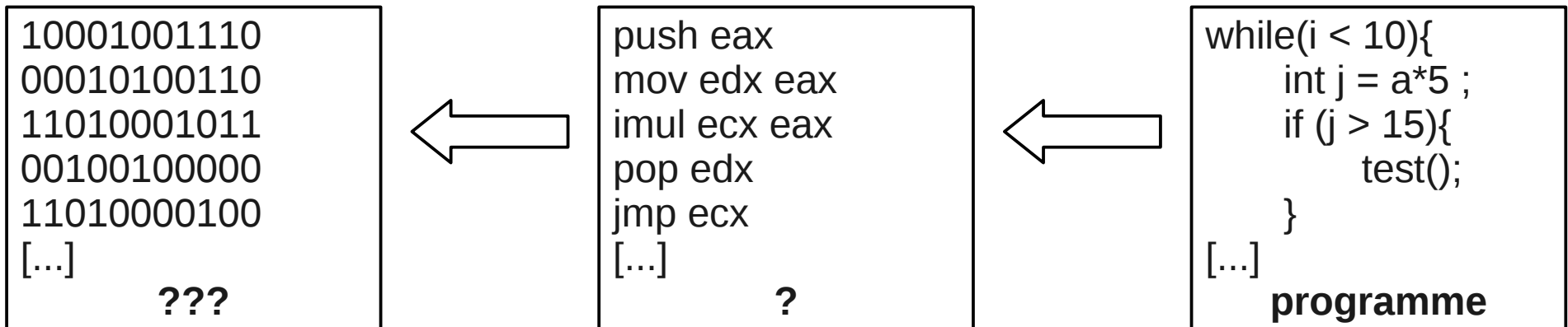


Introduction

Lien entre les automates et les langages



- Initialement, la programmation d'automates (ordinateurs) se faisait par utilisation de **codes**
- La correspondance entre **instructions** (plus ou moins basiques) et **langage machine** se fait par un processus (**automatique**) de **compilation**



- L'**automate** (ordinateur) « comprend » un langage que l'ingénieur lui soumet :
 - Comme une **commande** (« ordre »)
 - Il « **reconnaît** » ou « **accepte** » un langage
 - Il ne « reconnaît pas » ou « n'accepte pas » les autres langages
- Ceci a besoin d'être formalisé pour :
 - Créer de **nouveaux langages**, sous certaines contraintes :
 - **Efficacité** : rapidité des traitements
 - **Expressivité** : capacité à formuler des « choses »
 - **Précision** : degré de contrôle sur ce que fait la machine
 - Savoir à l'avance **si un message** / code **sera reconnu** ou non par l'automate (sinon : erreurs)

Introduction

Plan

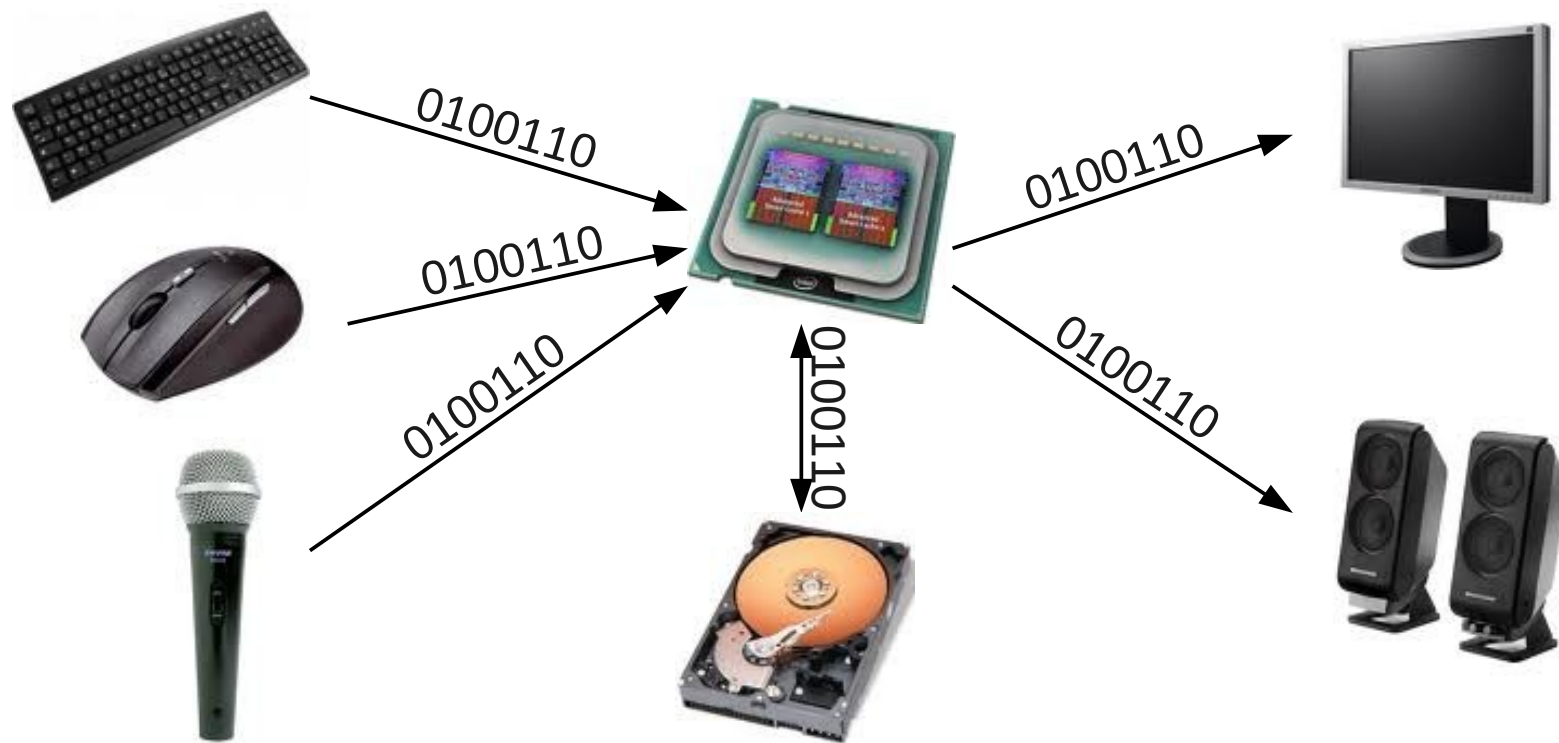


- Qu'est-ce qu'un automate ?
- Qu'est-ce qu'un langage ?
- Lien entre les automates et les langages
- L'ordinateur, automate à états déterministe

Introduction

L'ordinateur, automate à états déterministe

- Modèle simple pour un ordinateur « automate » :
 - Architecture de Von Neumann (sauf : processeur = unité de contrôle + unité arithmétique et logique)



Introduction

L'ordinateur, automate à états déterministe



- En dernière analyse, l'ordinateur :
 - Ne reçoit que du **langage** : la souris, le clavier, le micro (etc.) sont convertis en signaux **numériques** (binaires) qui correspondent à divers langages traités par le processeur...
 - N'émet que du **langage** : l'écran, le haut-parleur (etc.) sont, dans la machine, des signaux **numériques** (binaires) à convertir en affichage, sons...
 - N'« **invente** » rien : il exécute des actions **programmées**
- Fort heureusement, nous n'avons pas à parler en binaire aux machines :)
- ⇒ Des ingénieurs et des chercheurs ont **formalisés** ces langages comme **automates** et ont fait en sorte qu'ils soient automatiquement traduits ou « **compilés** »

Introduction

L'ordinateur, automate à états déterministe



- L'**état** (\approx la mémoire) de l'automate, une notion dépendante de ce qui est pris en considération :
 - Etat du processeur
 - Variables (registres) du processeur
 - Mémoire volatile (RAM)
 - Mémoire centrale (disque dur)
 - Etat des périphériques
 - Etat du réseau
 - ...
- Selon l'automate, il faut définir au préalable les états dans lesquels il peut se trouver : leur nombre est **fini**

Introduction

L'ordinateur : automate fini déterministe



- La principe « **déterministe** » :
 - Un **automate** « connaît » toujours son propre état, il est **déterminé**, il n'y a pas de « peut-être »
 - Lié aux notions de **décidabilité**, **calculabilité**, d'**algorithme**
- Exemple de problèmes non-calculables :
 - Valeur de PI, $1/3$
 - Savoir si un programme se termine (problème de l'arrêt)
 - Racine entière d'une équation polynomiale
 - Logique du premier ordre

Introduction

L'ordinateur : automate fini déterministe

- Problématique :
 - D'**automate** qui traite un **langage**
 - Dont le nombre d'état est **fini**
 - Qui a un comportement **déterministe**

