

# Reconnaissance de Formes



*Master Informatique*  
*Option : MID*  
*M. Benazzouz 2018-2019*

# Introduction :

- Le cours introduit les méthodes quantitatives en Intelligence Artificielle qui sont à la convergence de différents domaines:
- Reconnaissance de formes, analyse de données, apprentissage automatique, etc...
- Elles sont exploitées en reconnaissance d'images, de la parole, pour la prévision boursière et les moteurs de recherche etc...
- Le cours décrit les fondements de ces techniques et la programmation de cas pratiques.

# Introduction :

- Perception physiologique, physique, notions de capteurs, de représentation, de classification, méthode de reconnaissance, notions d'apprentissage ; les capteurs en perception et reconnaissance ; les méthodes de reconnaissance de formes ; classification, aspect probabilités, fonctions discriminantes, hiérarchie-groupement, reconnaissance syntaxique ;
- Applications de la reconnaissance des formes.

# Besoins

- **Modéliser les données.**
- **Visualiser des données.**
- **Trouver des similarités entre données.**
- **Prévoir.**
- **Prendre des décisions.**

# Préliminaires

- L'idée de construire des machines capables de simuler des êtres humains afin de les aider dans certaines tâches, voire de les remplacer, était antérieure aux ordinateurs.
- Ce qui a permis d'étendre le spectre des tâches à simuler en ajoutant celles dont l'exécution relève de facultés mentales comme la perception et le raisonnement.

# Définitions :

- « La RdF s'intéresse à la conception et à la réalisation de systèmes (matériels et logiciels) capables de percevoir, et dans une certaine mesure, d'interpréter des signaux captés dans le monde physique » J.P. Haton
- Concevoir des systèmes automatiques ou semi-automatiques qui reconnaissent les formes qu'on leur présente.
- L'homme est le plus parfait des systèmes de RdF.
- Reconstitution sur « machine » des fonctions typiquement humaines:
  - » Perception
  - » analyse et représentation
  - » interprétation
- Compréhension automatique (IA)

# Préliminaires

- Le problème que cherche à résoudre la reconnaissance des formes :
  - Est d'associer une étiquette à une donnée qui peut se présenter sous forme d'une image ou d'un signal ou autre.
  - Des données différentes peuvent recevoir la même étiquette, ces données sont les réalisations ou les exemplaires de la classe identifiée par l'étiquette.

# Préliminaires

- Par exemple, le son /a/ prononcé par différents locuteurs conduit à des signaux différents mais ces différences ne sont pas significatives du point de vue de l'identification du son, ces signaux sont des réalisations de la classe /a/.
- De même, l'écriture manuscrite du caractère A varie d'un scripteur à l'autre mais le lecteur identifiera le caractère A pour chacune de ces réalisations.



# Préliminaires

- Des méthodes générales ont été développées en reconnaissance des formes pour extraire automatiquement des informations des données sensibles afin de caractériser les classes de formes (apprentissage) et d'assigner automatiquement des données à ces classes (reconnaissance).

# Préliminaires

- Parallèlement aux travaux sur les méthodes de reconnaissance, se développaient le traitement d'image, la vision par ordinateur, et le traitement de la parole.
- Ces domaines ont focalisé le problème de la reconnaissance sur des données spécifiques, mais par ailleurs ils ont permis de situer la reconnaissance dans un processus plus vaste d'interprétation d'image ou de compréhension de la parole impliquant des niveaux de perception et des connaissances propres au domaine.

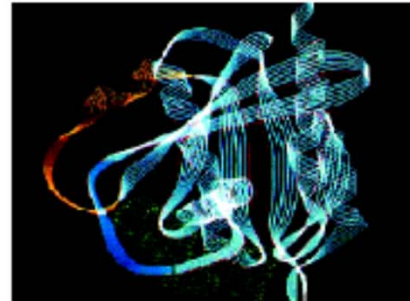
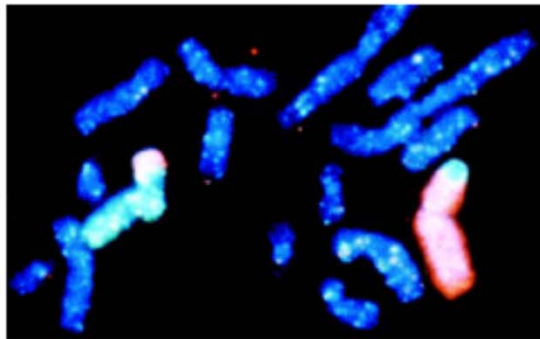
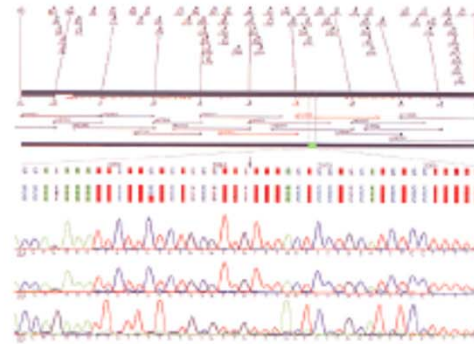
# Applications de la RdF

## Séries boursières



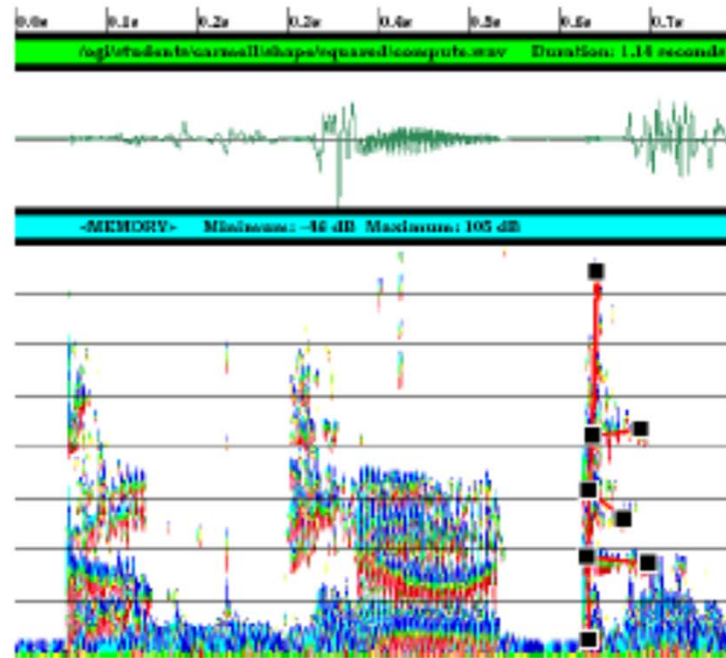
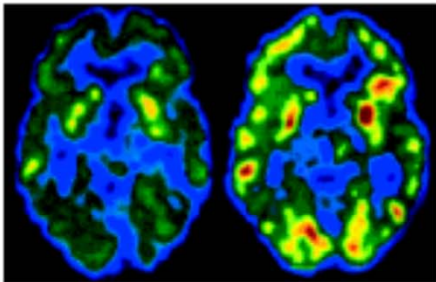
# Applications

## Biologie



# Applications

## Images et Sons



# Applications

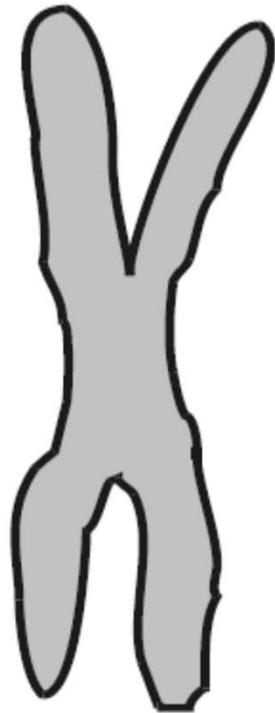
Reconnaissance de Caractères



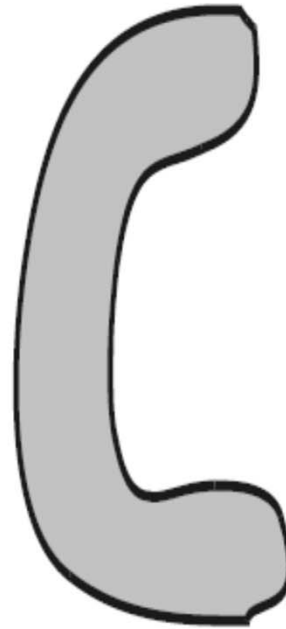
Guidage  
Automatique

# Applications

- Classification de chromosomes



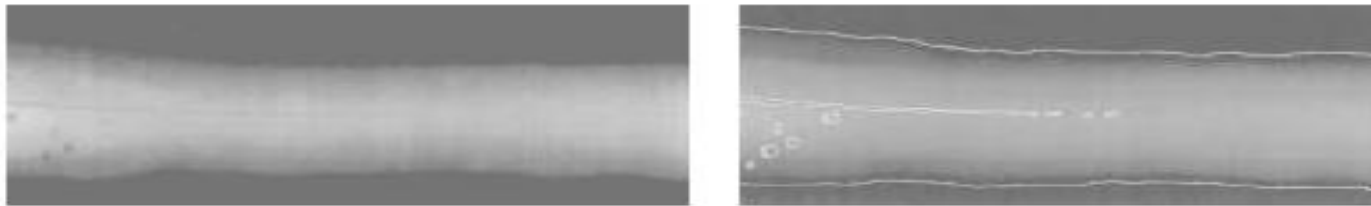
Chromosome submédian



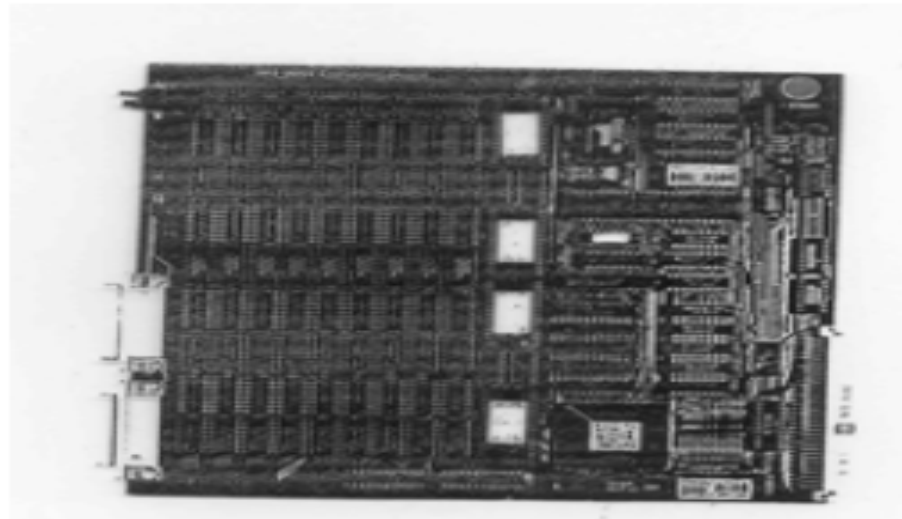
Chromosome télacentrique

# Applications

Image Rx d'une soudure: accepter ou rejeter?



Circuits en production: accepter ou rejeter?





**Détection de Défauts**



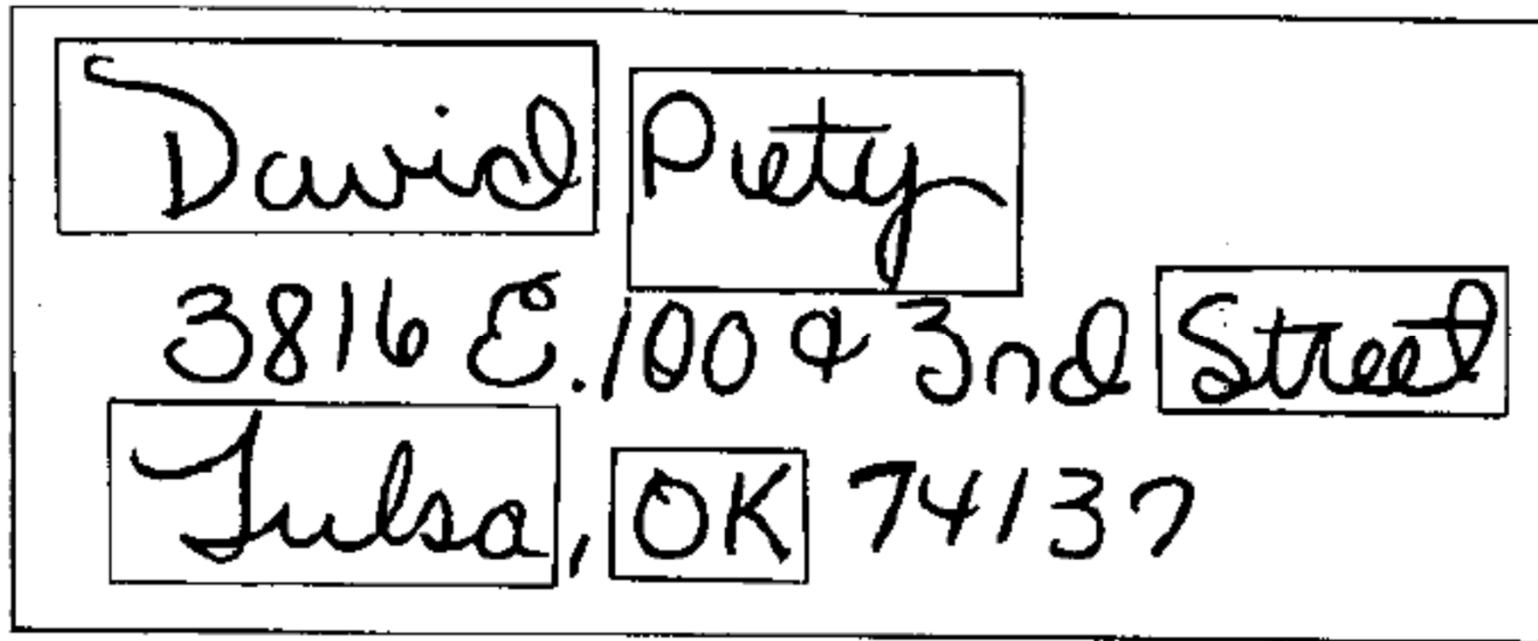
# Applications

**CHEQUE ORIGINAL**

BPF <u>240,00</u>		PAYER CONTRE CE CHEQUE		BPF <u>240,00</u>	
<b>LA POSTE</b> 		<u>deux cent quarante francs</u> en lettres			
N° DEP pour PAYSAGE		N° DEP pour TITRES		N° DEP	
LA SOURCE 1103022931 E		110103343		A <u>Puisieux</u> le <u>7 juin</u> 19 <u>91</u> signature	
MR OU MME		CCP			
95450 VIGNY.		CH. N°			
TEL.		TEL.			
11 020 030 1000000		0000020000			

## Lecture Automatique de Documents

# Applications

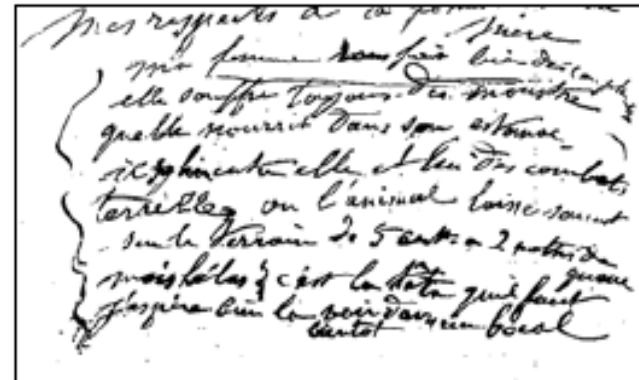


**Lecture Automatique de Documents**

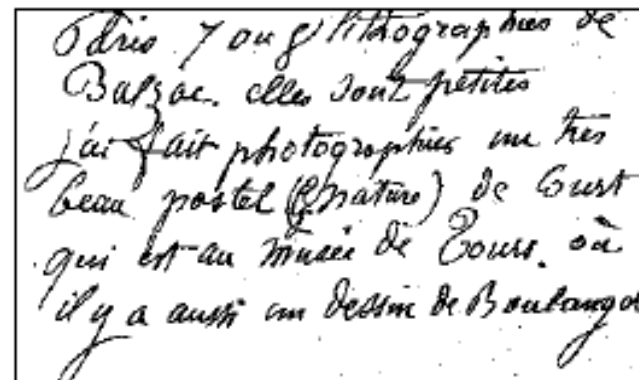
# Applications

## Identification / Vérification de Mains

titulaire	titulaire	titulaire
titulaire	titulaire	titulaire
titulaire	titulaire	titulaire
titulaire	titulaire	titulaire
titulaire	titulaire	titulaire



Mes regards de ce moment  
que femme toujours bien  
elle souffre toujours de  
quelle mourir dans son  
situation elle et les des combats  
terribles on l'animal laisse sa  
sur le terrain de 5 ans à 2  
mois à la fin c'est la tête qui fait  
gaspier à la fin dans un bocal



Odrie 7 ou 8 lithographies de  
Bazac. elle sont petites  
j'ai fait photographies en très  
beau pastel (maturo) de Gust  
qui est au musée de Tours. où  
il y a aussi un dessin de Boulangé

# Applications

## Extraction d'Informations

[redacted]  
Résidence Le Rideau 197  
du Parc Tivoli  
[redacted] Ajaccio

Ajaccio, le 24 Janvier 2002

N° [redacted] 06.63.63.34.32  
N° client [redacted] 1.312.3141.

Madame, Monsieur,  
je vous prie de bien vouloir trouver ci-joint mon nouveau RIB  
vous en souhaitant bonne réception.  
Je vous prie de me croire, Madame, Monsieur, en l'assurance de  
mes sentiments dévoués.



[redacted]  
4, Rue François Bonin  
[redacted] 28870 BAILLY  
Tel: [redacted] 06.63.63.34.32

Bailly, le 22 Janvier 2002

Objet: Demande de résiliation.

Madame, Monsieur,

Par la présente, merci de procéder à la résiliation  
de mon forfait [redacted] N° de [redacted] 06.63.63.34.32  
N° client [redacted] 1.312.3141.

De plus, je ne bénéficie plus de l'hème étudiant  
depuis 2 mois, je me permets donc de vous envoyer mon  
certificat de résidence afin que vous puissiez me la  
supprimer sur mon forfait 4 heures.

En vous remerciant par avance, je vous prie, Madame,  
Monsieur, de croire en mes respectueuses salutations.

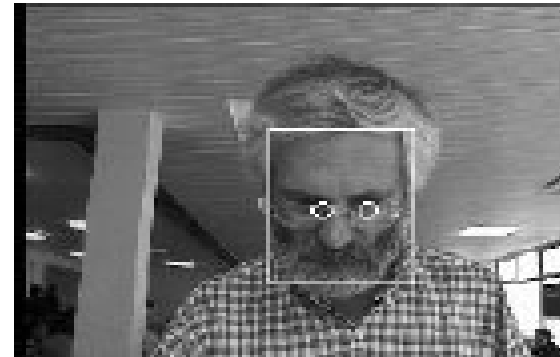
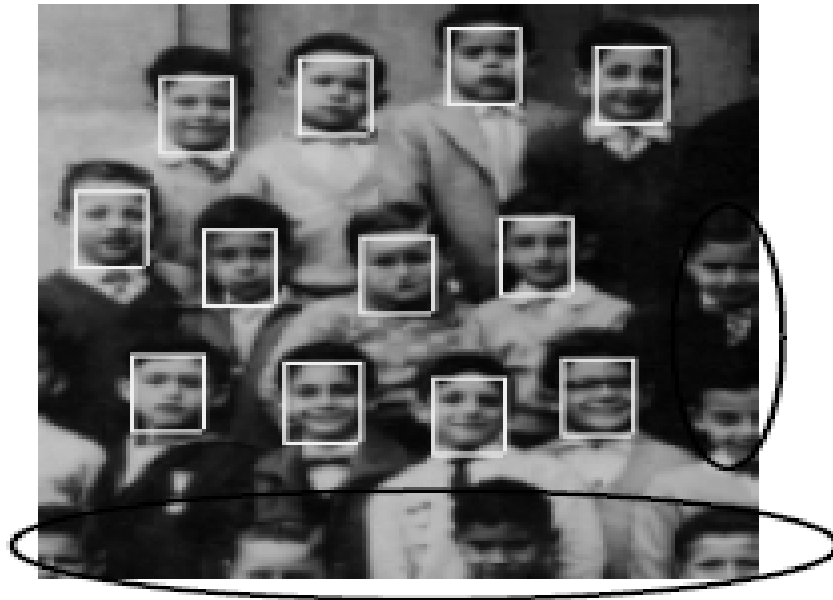
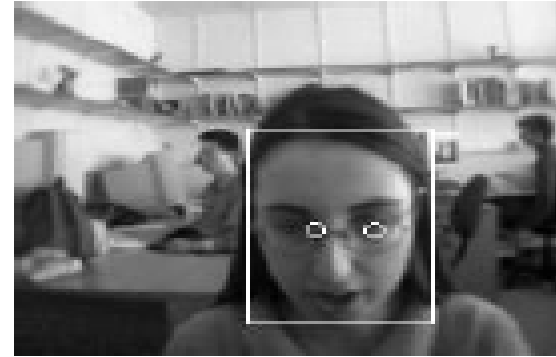
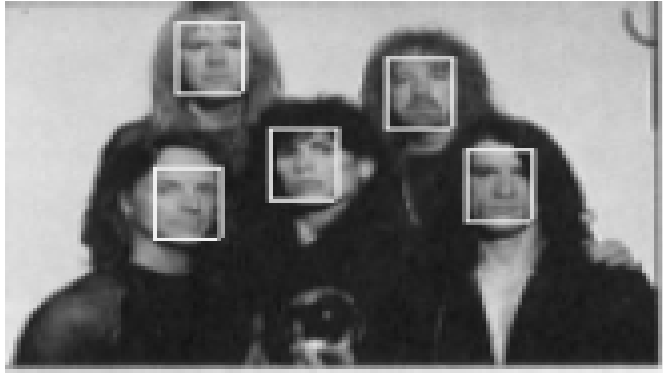
# Applications

- Reconnaissance optique de caractères, de mots, de phrases, de sens ...



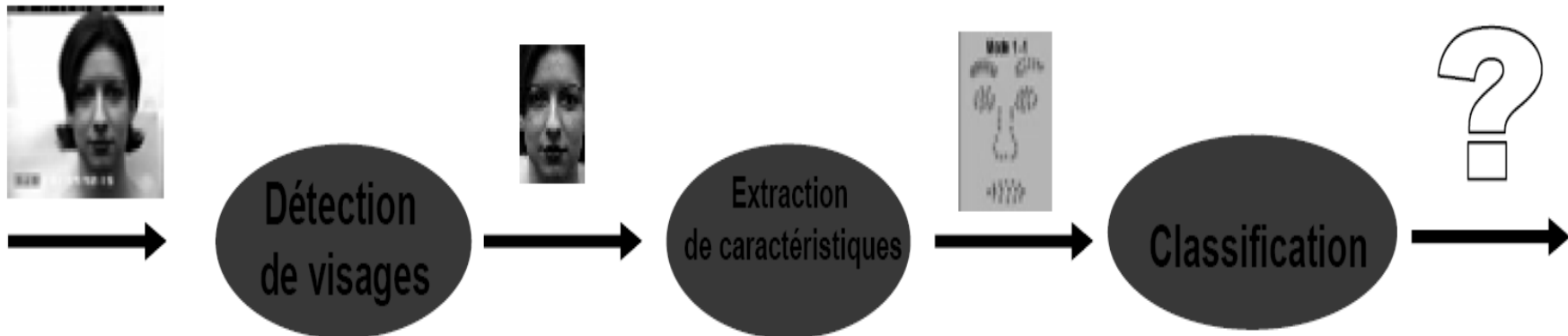
- *Nom : Florent; frère de Valentin; date de naissance: 15 février 2000; poids : 3,140 kg*

# Applications



**Détection du visage**

# Reconnaissance d'expressions



**Colère, fâché, irrité**

**Dégouté, écœuré**

**Peur**

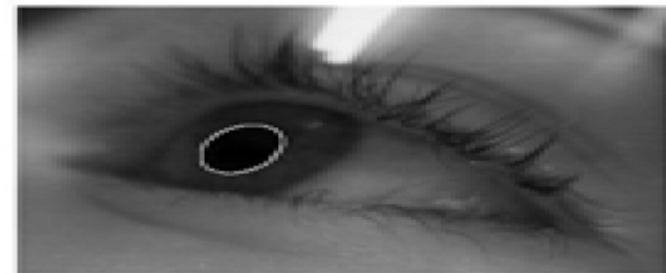
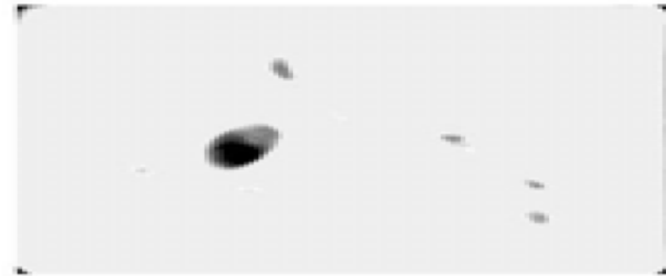
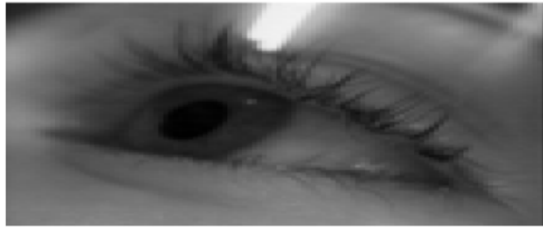
**Triste**

**Sourire**

**Surpris**

**Etc...**

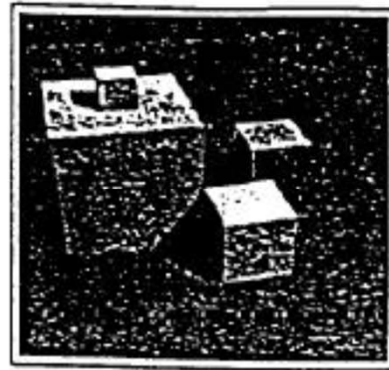
# Détection de la pupille



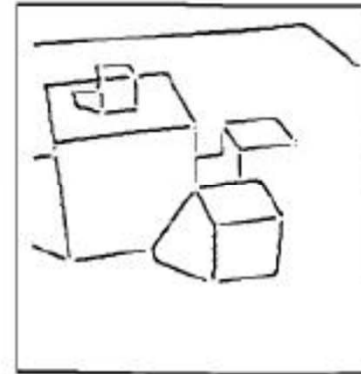


# Applications de la RdF

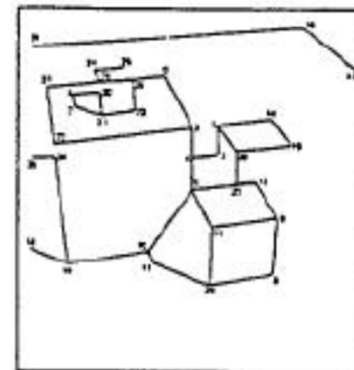
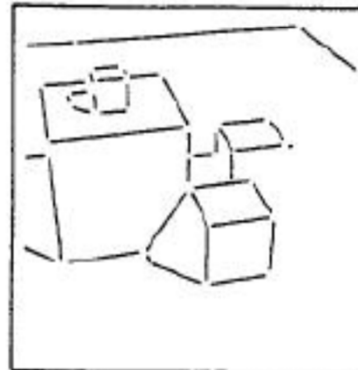
## Analyse de Scène



SCENE



EDGE POINTS



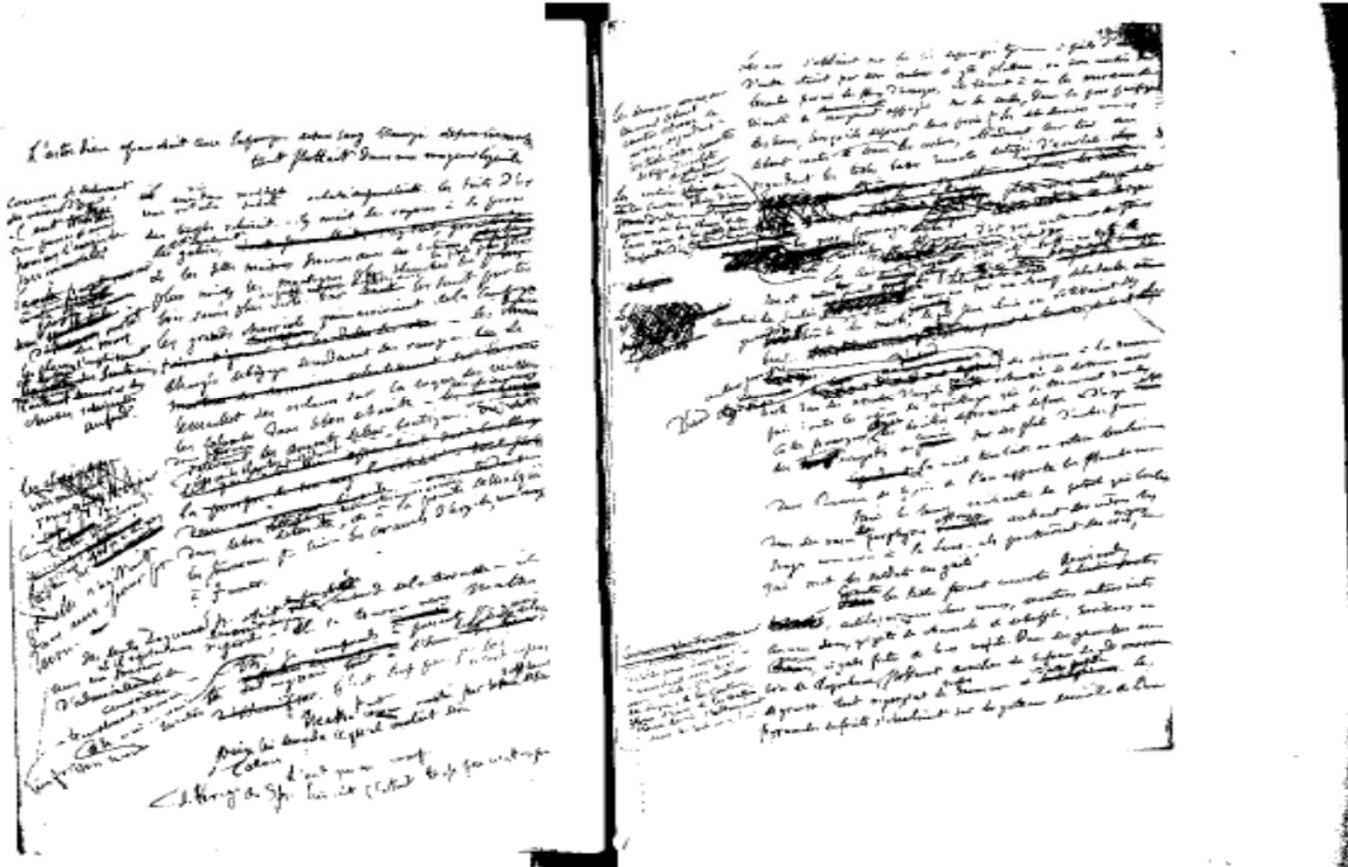
# Applications de la RdF

## Applications Biométriques



# Applications de la RdF

## Un Rêve...



# Applications de la RdF

	Domaines d'étude	Applications
Traitement Du Signal	Reconnaissance de la parole	Bureautique, commande vocale, ordinateur sans clavier ni souris
	Reconnaissance du locuteur	Banques, commerces
	Électrocardiogramme, électro-encéphalogramme	Médical
Traitement Des Images	Reconnaissance des caractères, du manuscrit	Saisie de texte, bureautique, tri postal, compression télécopie, chèque
	Reconnaissance des signatures	Banques, commerces
	Reconnaissance des empreintes digitales, des visages	Banques, commerces, police
	Analyse de radiographies, échographies, reconnaissance chromosomes, comptage globules	Contrôles systématiques de santé
	Détection de défauts circuits intégrés, pièces métalliques, manufacturées	Contrôle de qualité industrielle
	Identification d'objets	Tri d'objets industriels, surveillance militaire
	Localisation d'objets	Guidage de robots industriels, guidage de missiles
	Analyse d'images de satellite	Météorologie, agriculture, ressources terrestres, surveillance militaire
	Analyse de photos aériennes	Agriculture surveillance militaire
Analyse d'échos radar	Poursuite de cibles, pilotage missiles	

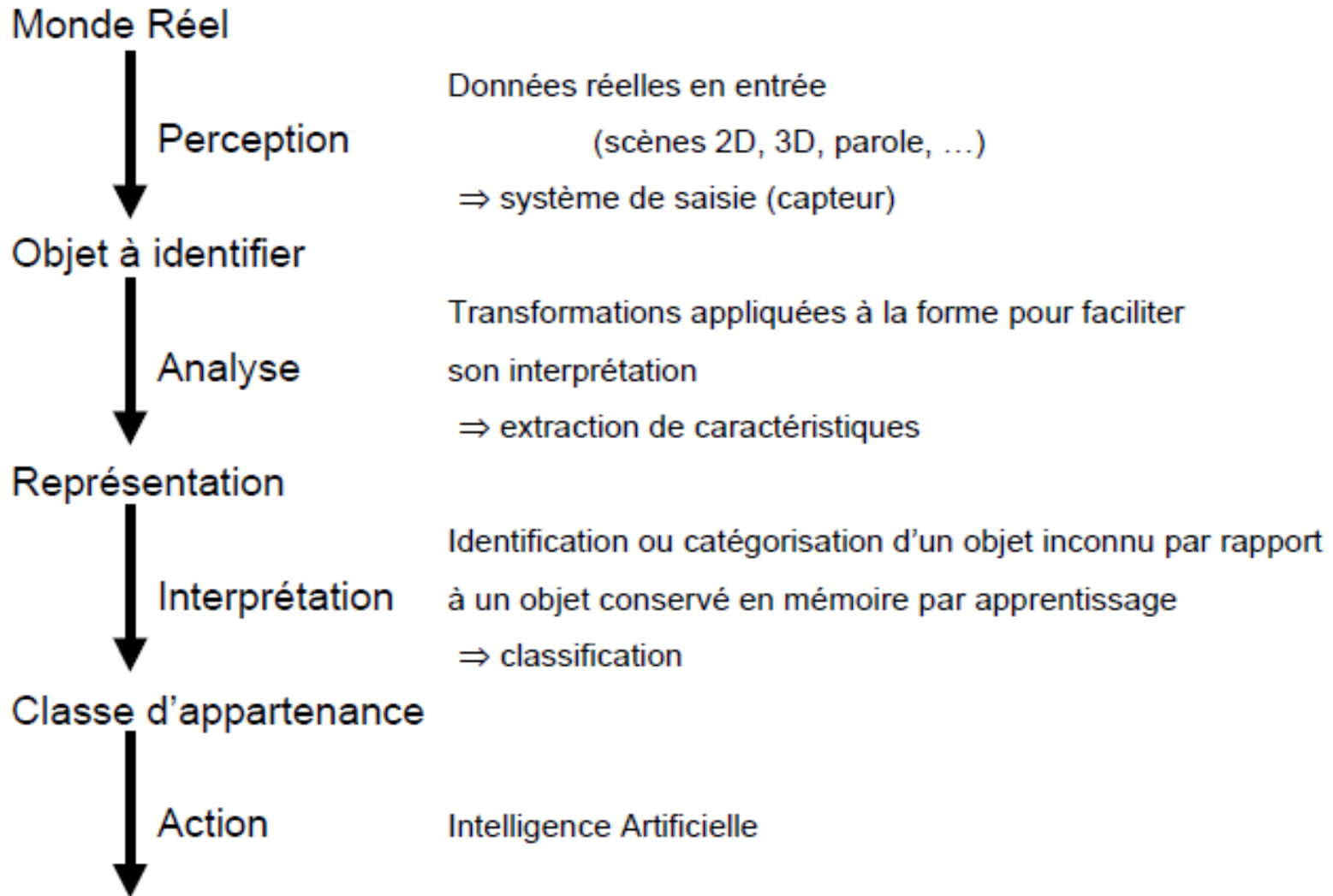
# Applications de la RdF en Image

Domaines	Objets	Nature Image	Tâches	Références
Robotique	Scènes 3D	Luminence Rayons X	Identifier et décrire un objet dans une scène Tâches industrielles (peinture, métro, ...)	Modèles d'objets Modèles de réflexion de la lumière
Images aériennes	Terrains, bâtiments	Luminence Infra-rouge Radar	Restitution d'images, contrôle des cultures, météorologie, surveillance, repérage des cibles	Cartes Modèles géométriques
Astronomie	Etoiles, planètes	Luminence	Restitution de l'évolution Analyse chimique	Modèles géométriques
Médical	Organes du corps humain	Rayons X Ultra-sons Luminence ECG-EEG	Recherche d'anomalies Planification d'interventions Analyse ECG, EEG	Modèles anatomiques
Reconnaissance Caractères	Enveloppes, chèques, cartes, documents, textes libres	Luminence	Tri du courrier Traitement des chèques Indexation courriers Archivage	Modèles géométriques
Sismique	Cartes du sous-sol	Ultra-sons	Recherche du pétrole Tremblement de terre	Modèles souterrains

# Le schéma de la reconnaissance des formes

- Intuitivement, la RdF peut être vue comme un « système » :
- Entrée  $x$  : données brutes obtenues par des capteurs
  - » Images, séquences d'images, images 3D ,etc.
  - » Autres signaux : 1D (ECG), sons, parole, ...
- Sortie  $y$  : classification de ces données en fonction de ce qu'elles contiennent

# Le schéma de la reconnaissance



# Le schéma de la reconnaissance

## Système de RdF

Composantes d'un système de RdF:

- Mécanique (satellite, bras d'un robot, dépileur, ...)
- Saisie (caméra, barrette CCD, scanner, micro, ...)
- Electronique (carte mémoire d'images, CPU, archivage, ...)
- ALGORITHMIQUE

➔ Interaction de la RdF avec d'autres disciplines:

- biologie / neuro-psychologie
- physique / mécanique / optique / capteurs
- proba / stat / analyse de données
- informatique / parallélisme / systèmes distribués
- automatique / commande / robotique
- traitement du signal et des images
- ...



# Le schéma de la reconnaissance

## Processus de RdF

Les informations issues du monde réel (via le capteur) et fournies au système de RdF sont généralement :

- trop volumineuses
- peu pertinentes

Exemples:

- parole: 1 phonème (100ms) à 10kHz sur 8 bits  $\Rightarrow$  1,2 ko  
 $\Rightarrow$  1 octet [æ], [e], [i], [ɛ], ...
- image: 1 graphème 32x32 pixels sur 16 NG  $\Rightarrow$  512 octets  
 $\Rightarrow$  1 octet 'a', 'b', 'c', ...

➔ Le processus de RdF est un processus de réduction *progressive* et *sélective* de l'information

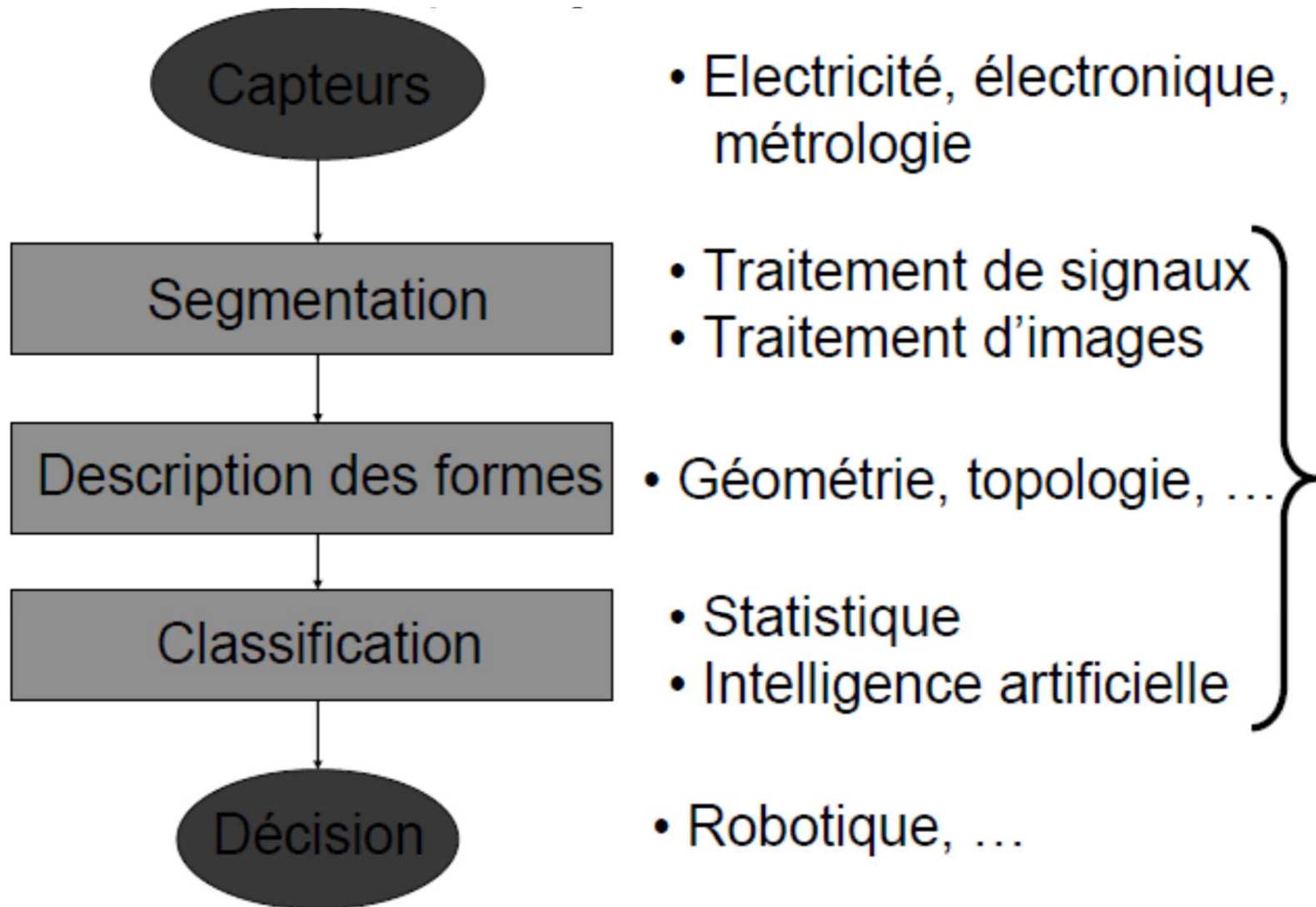
# Le schéma de la reconnaissance des formes

- On s'appuie sur le schéma classique d'un processus de reconnaissance de formes pour décrire les principaux traitements à effectuer et leurs objectifs.

Buts des étapes du schéma :

- Numérisation : obtenir une représentation des données à traiter qui soit manipulable en machine.
  - Prétraitement : élimination des bruits, normalisation, re-échantillonnage, amélioration des contrastes, etc.
  - Calcul des représentations : obtenir une représentation des données compatible avec les outils d'apprentissage et de décision utilisés.
  - Apprentissage : à partir d'un ensemble d'exemplaires, construire une représentation des classes.
  - Analyse : assigner une forme inconnue à une classe.
- Post-traitement : valider les décisions de l'analyse sur la base de connaissances (du domaine).

# Le schéma de la reconnaissance



# Le schéma de la reconnaissance des formes

- Dans la pratique, un système de reconnaissance des formes s'éloigne souvent de ce schéma. Des traitements en amont sont souvent nécessaires pour isoler la forme à reconnaître de son contexte, ce qui en soit est un problème de reconnaissance (segmentation forme/fond, délimitation d'une forme dans un ensemble).
- Des traitements ultérieurs sont aussi utiles pour valider les décisions et éventuellement les remettre en cause.

# Le schéma de la reconnaissance des formes

- Le caractère séquentiel du processus de reconnaissance, tel qu'il est présenté, n'est pas toujours la meilleure option.
- Ainsi, une erreur dans la segmentation de la forme à reconnaître augmente forcément le risque d'une mauvaise reconnaissance. Il est possible d'introduire une boucle dans le processus, remettant en cause la segmentation après analyse des résultats de la reconnaissance. Il est aussi possible de fusionner segmentation et reconnaissance.
- C'est le cas en écriture où la segmentation en lettres d'un mot cursif(plume) peut être couplée à la reconnaissance des suites de lettres formant un mot lexicalement valide (même principe pour la segmentation d'un signal de parole en phonèmes).

# Les méthodes de la RdF

- Les méthodes de la RdF sont souvent regroupées en grandes classes identifiées par statistique, syntaxique, structurelle, hybride (une combinaison des autres).
- A ces classes correspondent différentes manières de représenter les exemplaires et les classes et différentes méthodes pour l'apprentissage et la reconnaissance.

# Les méthodes de la RdF

- La première façon d'aborder la simulation d'une reconnaissance humaine consiste en un traitement entièrement automatisé où le "maître" à simuler étiquette les réalisations qui seront utilisées pour l'apprentissage et pour la validation de la reconnaissance.
- Les méthodes statistiques et syntaxiques répondent à cette démarche. La difficulté à apprendre automatiquement les descriptions qui caractérisent les classes a conduit à demander à l'expert (le maître devient l'expert) d'explicitier ces descriptions, d'aider à construire la représentation des classes et les critères de décision.

# Les méthodes de la RdF

- Les systèmes à base de connaissances tentent de reproduire les conditions dans lesquelles l'expert prend sa décision. Il doit donc pouvoir raisonner à partir de ce qu'il voit (perception) et de ce qu'il sait (connaissance).
- Chaque nouvelle démarche dans l'évolution de la RdF ne signifie pas un remplacement des démarches et méthodes passées mais un enrichissement de l'ensemble des méthodes dans lequel il faudra trouver celles qui sont les mieux adaptées au problème à traité.



# Décisions

- Le problème de l'assignation d'une donnée à une classe peut se poser de différentes manières. On distingue le cas où des données étiquetées par un maître sont disponibles du cas où aucun moyen pour connaître les classes d'appartenance des données n'existe.
- Dans ce dernier cas, le traitement automatique doit faire apparaître des groupements de données. Il faut spécifier les représentations et une mesure de distance dans l'espace de représentation qui soient les mieux appropriées pour mettre ces groupements en évidence.

# Décisions

- Dans le cas de la simulation d'une reconnaissance humaine, le maître existe et la décision peut prendre deux formes :
- Discrimination / Caractérisation.
- Pour la discrimination, il s'agit d'assigner une forme inconnue à une des classes possibles (exemples de la reconnaissance des caractères, des phonèmes).
- Dans le cas de la caractérisation, il s'agit de décider si une forme possède les caractéristiques d'une classe ou non (exemple : décider si un électrocardiogramme appartient à la classe "normal", rechercher un mot clé dans une séquence parlé).

# Décisions

- La validation de ces méthodes se fait par comparaison des résultats de la reconnaissance automatique aux étiquettes données par le maître.
- On en tire donc les taux de reconnaissance et les taux d'erreur. On peut aussi avoir des taux de rejet qui correspondent à la décision de ne pas classer la forme.
- Le système en évaluant un critère de décision peut assigner une forme à une classe mais il peut aussi déterminer avec quelle confiance il effectue cette décision. Si le critère de décision prend des valeurs très proches pour plusieurs classes, la confiance dans la décision est faible.

# Décisions

- Le rejet est très important dans les applications, il va être modulé en fonction d'impératifs de risque et de cout.
- Par exemple, il est très couteux de faire des erreurs sur la lecture des adresses postales et encore plus sur les montants des chèques, on préférera donc augmenter les taux de rejet quitte à baisser les taux de reconnaissance.
- Par contre, la surveillance médicale nécessite de fort taux de reconnaissance et surtout de ne pas prendre le risque de rater un événement critique en confondant des données anormales avec des données normales. Là encore, il faudra ajuster les seuils de décisions en fonction du risque et préférer des alarmes intempestives à des erreurs de non détection de cas critiques.

# Décisions

- La décision finale est en général le résultat de plusieurs décisions intermédiaires qui peuvent être organisées hiérarchiquement.
- On distingue une hiérarchie d'affinement où l'identité de la forme à reconnaître sera précisée à mesure que le processus se déroule.
- Une première étape de segmentation permet de décider qu'un sous-ensemble des données enregistrées constitue une des formes du domaine, les étapes suivantes consistent à mesurer et évaluer des caractéristiques de cette forme pour parcourir une hiérarchie de classes du sommet aux feuilles qui correspondent aux décisions finales.

# Prétraitement

- Les données brutes issues des capteurs sont les représentations initiales des données à partir desquelles des traitements permettent de construire celles qui seront utilisées pour la reconnaissance.
- Les données brutes sont bruitées, elles contiennent des informations parasites, et elles n'explicitent pas les informations utiles pour la reconnaissance.
- Par exemple, l'information sur la forme des objets à reconnaître est contenue dans le tableau de pixels résultant de la numérisation d'une image mais des traitements seront nécessaires pour, par exemple, séparer la forme du fond et suivre son contour.

# Prétraitement

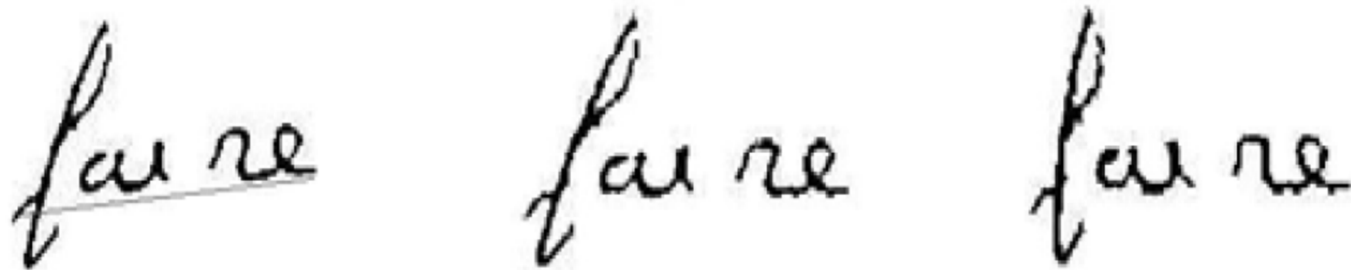
- Les prétraitements sont utiles pour éliminer des bruits qui peuvent être dus au capteur ou à des interférences avec d'autres sources de signaux (la parole en milieu sonore, l'encre du verso qui traverse le papier et dont la trace est visible sur la feuille du manuscrit, les fonds imagés des chèques, etc.).

Binarisation, localisation, segmentation



# Prétraitement

- Le traitement du signal et le traitement d'image sont les principales sources pour les méthodes de prétraitement : filtrage (des bruits hautes fréquences, par exemple), amélioration des contrastes, extraction de contours ou de squelettes, modélisation du signal temporel, extraction des primitives, etc.
- Amélioration, redressement, normalisation



Three handwritten examples of the word "faire" are shown, illustrating different stages of preprocessing. The first is the original image with a horizontal line under the word. The second is a blurred version of the word. The third is a thresholded or binary version of the word, where the background is white and the word is black.



# Prétraitement

- Les prétraitements et l'apprentissage ont des buts communs qui consistent à éliminer les informations parasites et à conserver les informations pertinentes pour la reconnaissance. La limite entre prétraitement et apprentissage relève des possibilités des méthodes d'apprentissage utilisées.

Réduction de l'information à traiter



Image brute



Contours



Squelette



Image Normalisée

# Représentation

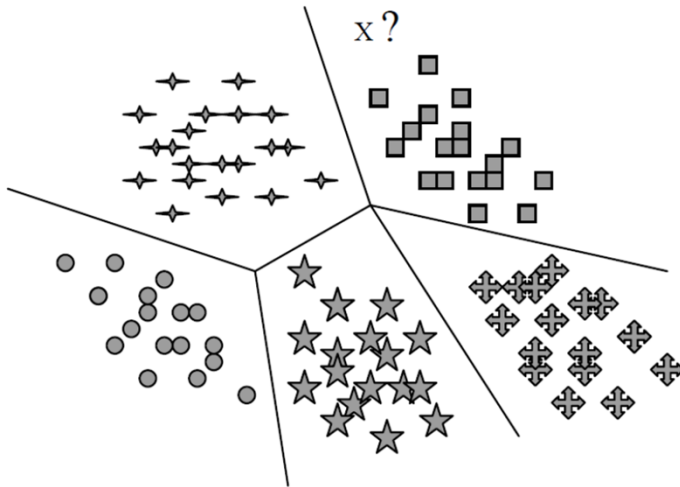
- Le système de reconnaissance de formes doit posséder des classes et des représentations des formes à classer.
- Les types de représentation sont déterminés par les méthodes utilisées. Les contenus des représentations sont déterminés par les buts de la reconnaissance.
- Certains types de représentation sont mieux appropriés à exprimer certains contenus. Par exemple, une variabilité intra-classe qui se présente comme une répartition aléatoire des caractéristiques de la forme autour de valeurs fortement probables, sera bien représentée par des modèles statistiques. Par contre, les structures (les relations entre composantes d'une forme) peuvent plus facilement s'exprimer par des représentations structurelles.

# Représentation

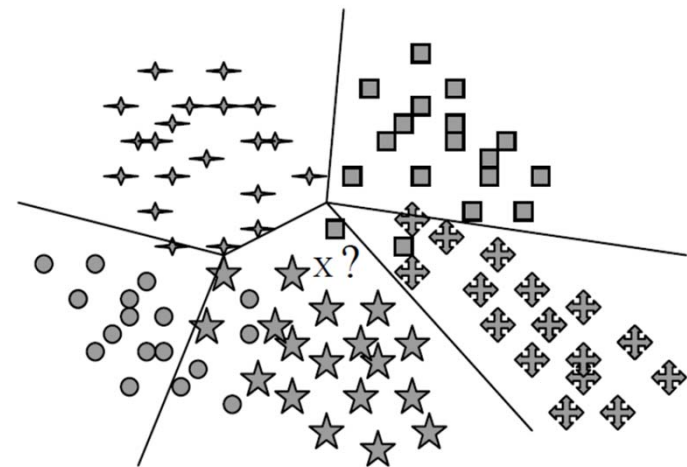
- On appelle caractéristique(ou descripteur) une information qui peut être mesurée sur la donnée à reconnaître. Par exemple : l'amplitude moyenne d'un signal sur une fenêtre temporelle, l'énergie dans une bande de fréquence, le rapport hauteur sur largeur d'un caractère manuscrit, le niveau de gris moyen d'une zone d'image etc.
- On appelle primitive une composante élémentaire d'une forme, les primitives ne sont pas décomposables. Par exemple : un segment de droite, une boucle ...

# Combinaison de Classifieurs

## Cas facile



## Cas difficile



# Combinaison de Classifieurs

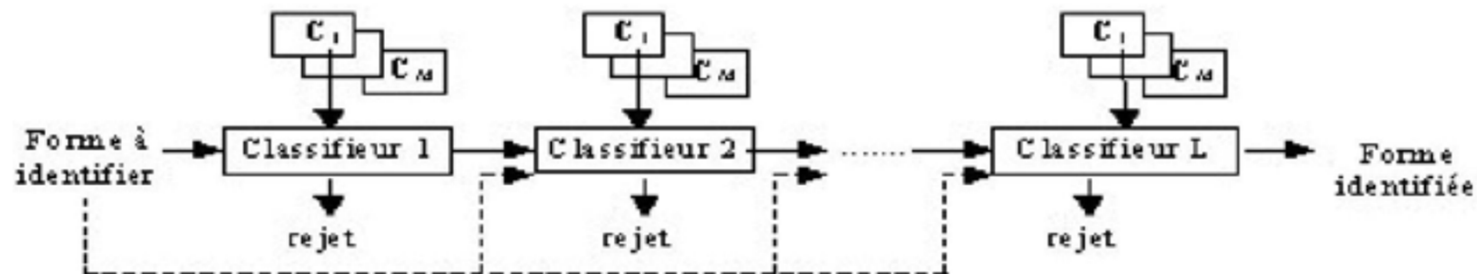
- Pourquoi Combiner des Classifieurs?
- Constats:
  - Il n'existe pas de « meilleur » classifieur capable de traiter (apprendre) n'importe quelle distribution des données d'apprentissage.
  - Aucun Classifieur ne peut discriminer suffisamment correctement un ensemble important de classes.
  - Le « réglage » d'un Classifieur est un problème extrêmement difficile (on procède souvent par essai/erreur).
  - Importance des choix initiaux...
- Intérêts de la combinaison de Classifieurs:
  - Distribuer les caractéristiques sur des classifieurs adaptés.
  - Exploiter la complémentarité entre classifieurs.
  - Prendre en compte les performances de chacun des classifieurs.
  - Réduire l'importance des choix initiaux...
  - Diviser pour mieux régner...

# Combinaison de Classifieurs

- Comment Combiner des Classifieurs?
- Disposant d'un ensemble de  $L$  classifieurs, comment les agencer pour fiabiliser une prise de décision?
- Solution?
- Dépend de la façon dont on veut faire interagir les classifieurs
  - Indépendamment les uns des autres (vote?)
  - Elimination d'hypothèses (décisions dépendantes)
  - Coopération de classifieurs (chacun résout un problème...)
  - ...
- Architectures
  - – Séquentielle ou série
  - – Parallèle
  - – Hybride (mixte séquentielle et parallèle, avec bouclage, avec interaction,...)

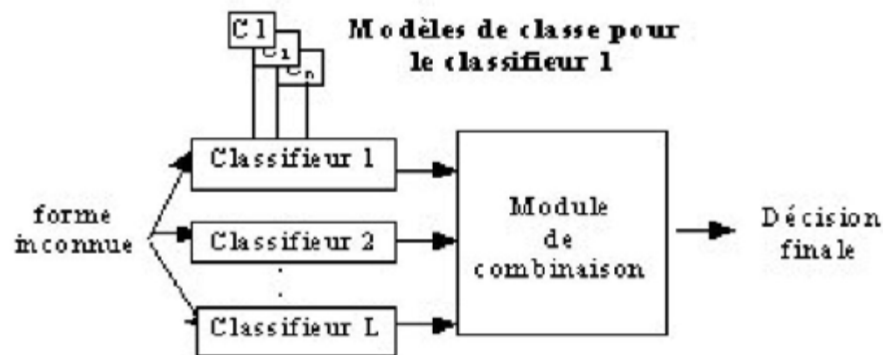
# Combinaison de Classifieurs

- Combinaison Séquentielle (ou Série)
- Organisation en niveaux successifs de décision permettant de réduire progressivement le nombre de classes possibles.
- A chaque niveau: un seul classifieur prend en compte la réponse fournie par le classifieur placé en amont pour:
  - Traiter les rejets
  - Confirmer la décision obtenue à l'étage précédent



# Combinaison de Classifieurs

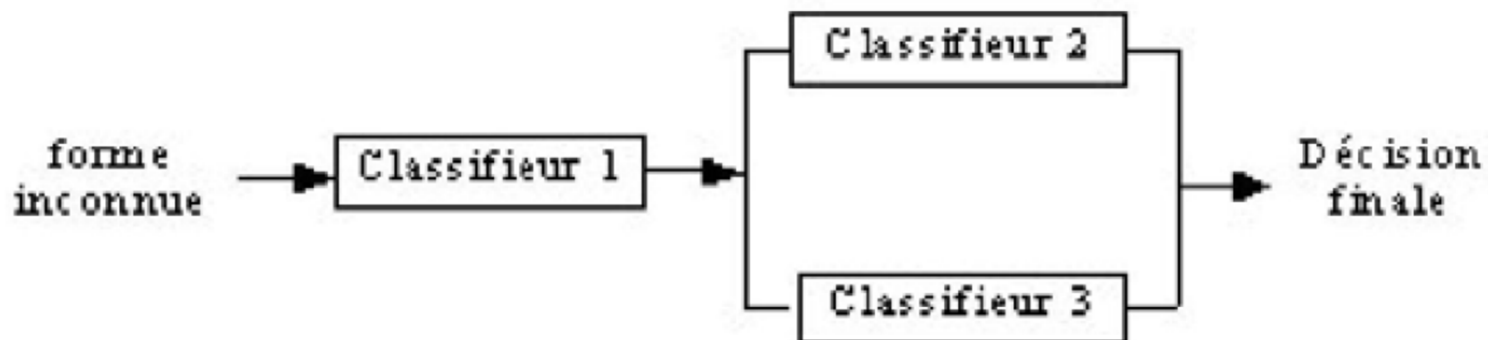
- Combinaison Parallèle
- Les classifieurs opèrent indépendamment les uns des autres puis on fusionne leurs réponses respectives.
- Recherche d'un consensus entre les classifieurs pour aboutir à une décision unique.





# Combinaison de Classifieurs

- Combinaison Hybride : Le beurre... et l'argent du beurre...
- Combinaison des avantages des architectures séquentielles et parallèles.
  - Réduction de l'ensemble des classes possibles
  - Recherche d'un consensus entre les classifieurs





**M e r c i**