

RECONNAISSANCE DE FORMES

Une Courte Introduction

— Introduction

Codage

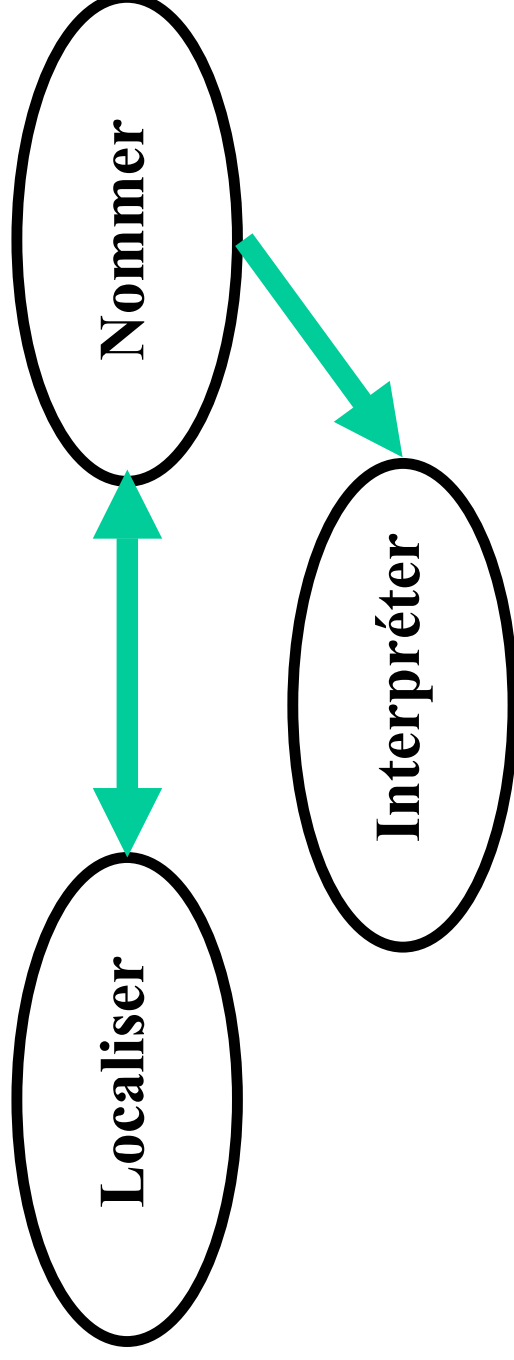
Analyse

Apprentissage & Décision

—

Qu 'est-ce qu 'une forme ?

Qu'est-ce que reconnaître une forme ?



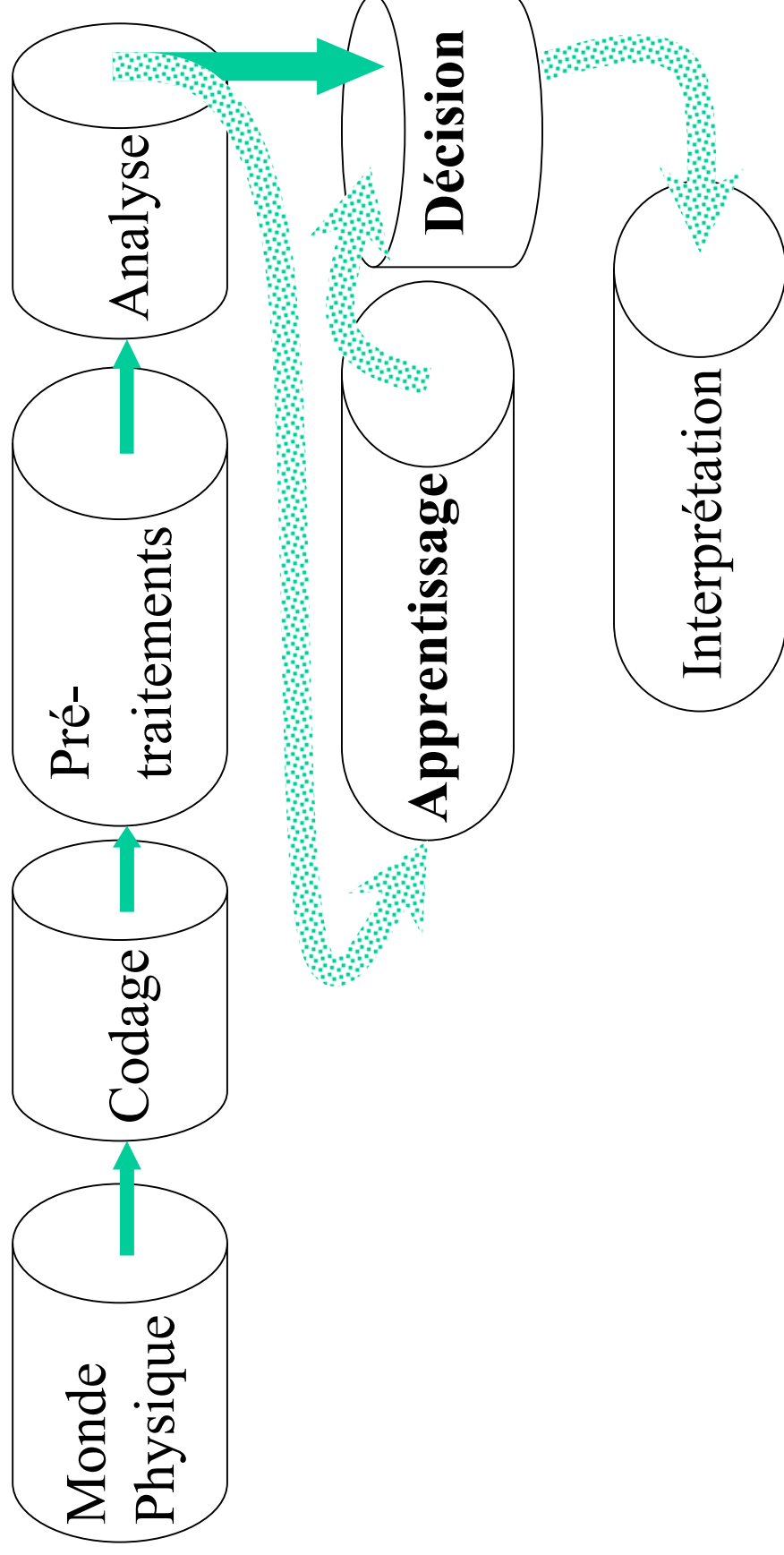
Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Système de Reconnaissance de Formes :



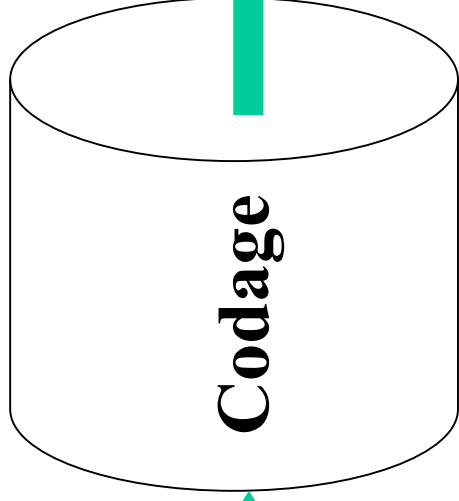
Introduction

Codage

Analyse

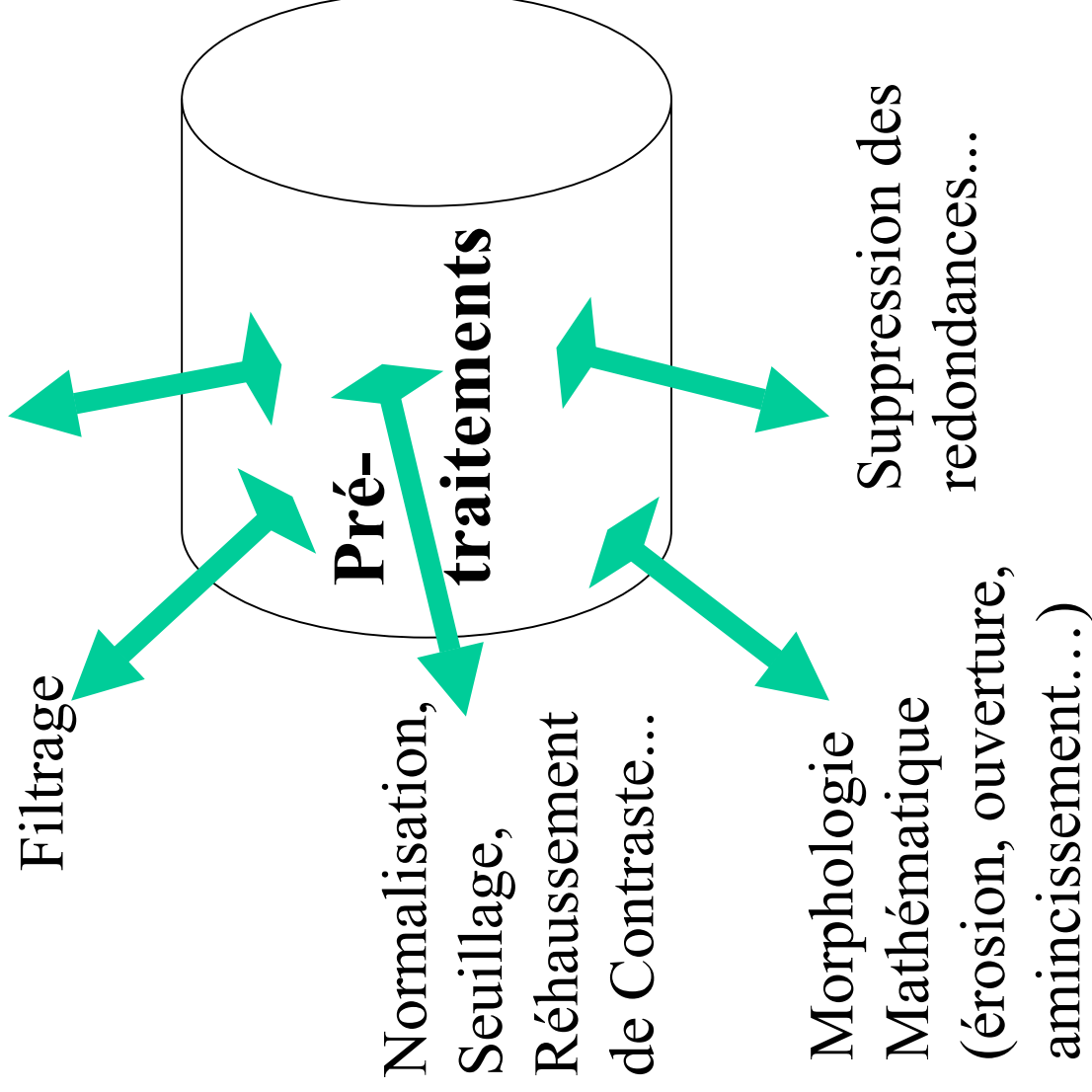
Apprentissage & Décision

Espace
des
Formes
Analogique



Espace
des
Représentations
Discret

Élimination du bruit

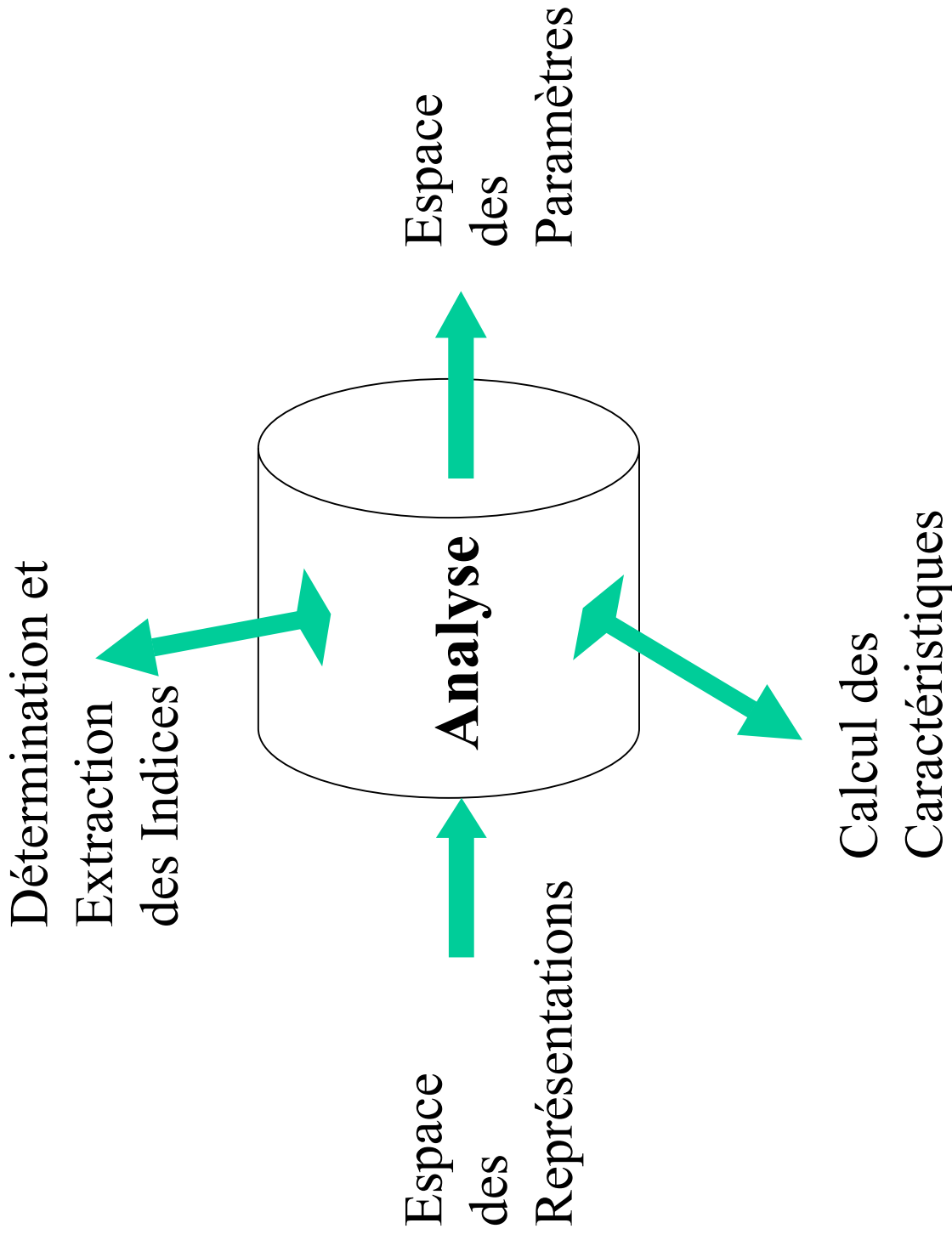


Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

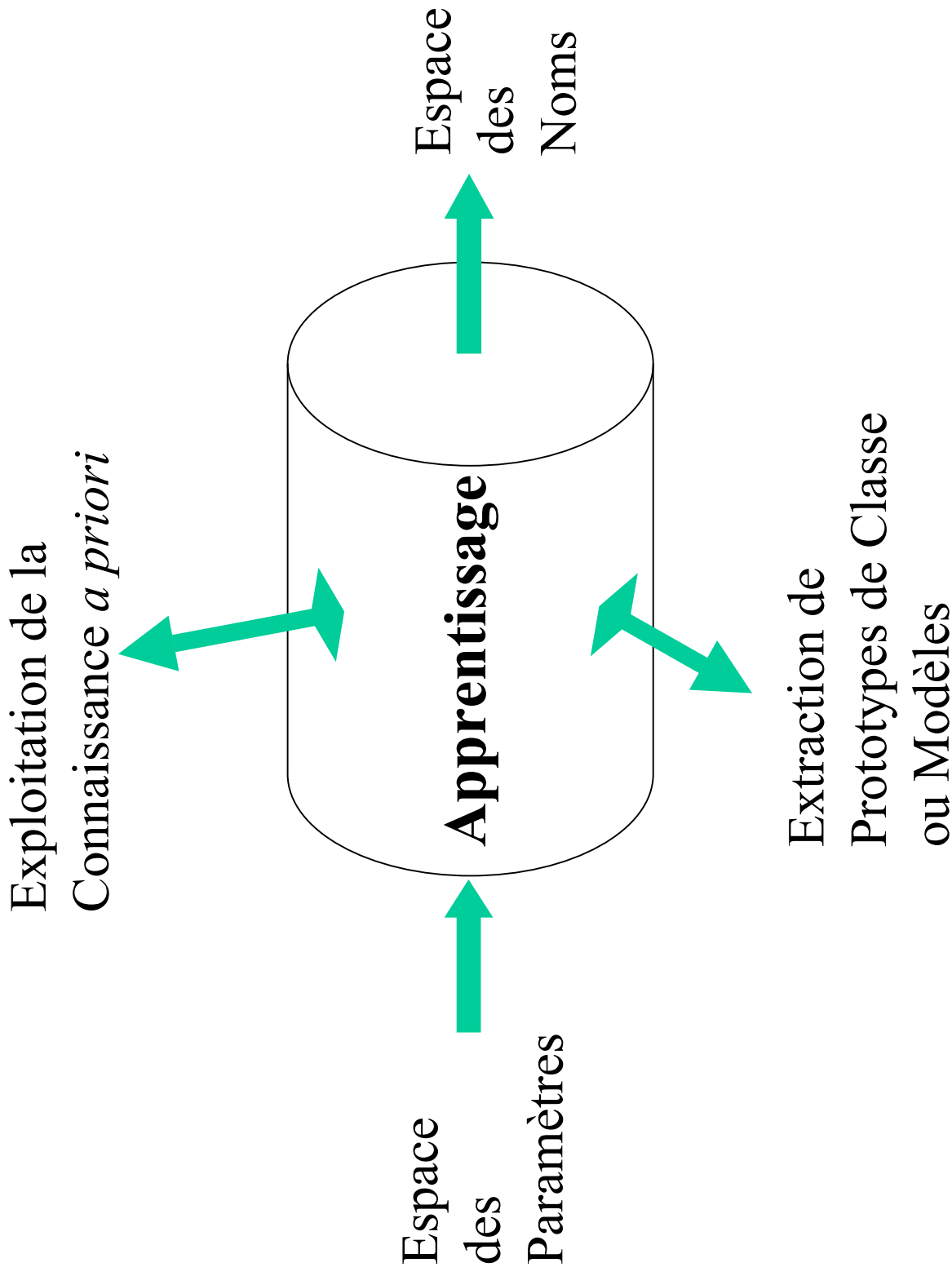


Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision



Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

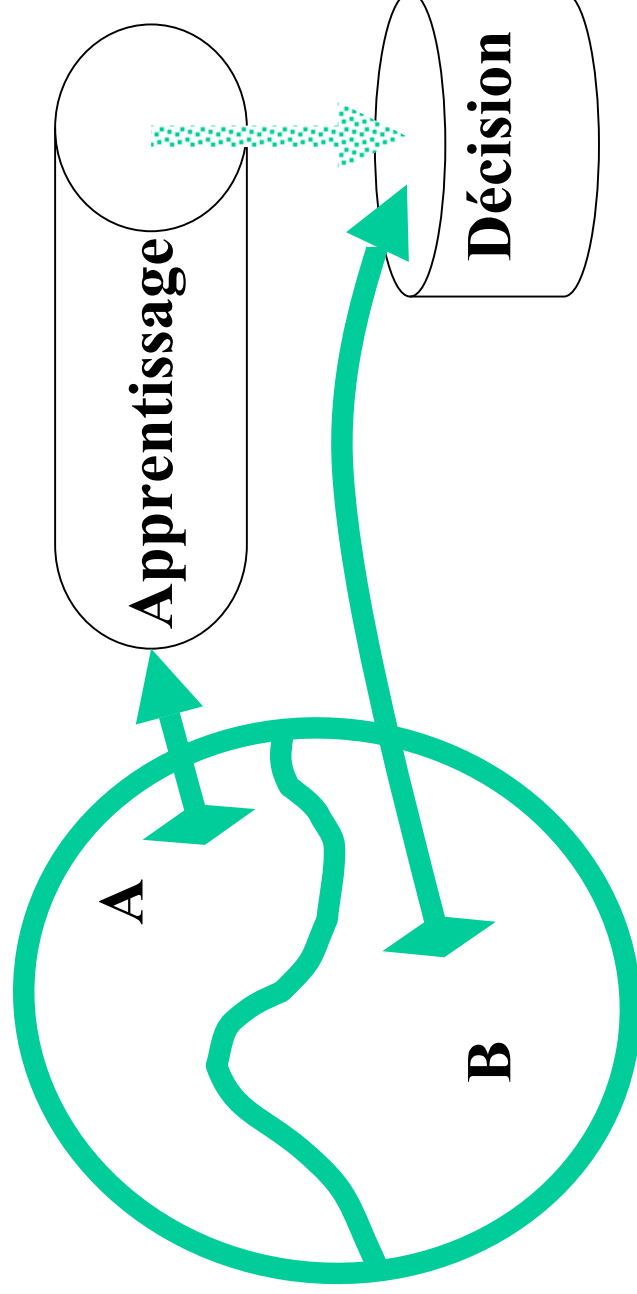
Classement :

- définitif,
- ambigu avec score
- ou rejet



Interprétation en
fonction du contexte

Ensemble des Formes



$A = \text{Ensemble d'échantillons pour chaque classe}$

$A = \emptyset \Rightarrow \text{Apprentissage Non Supervisé}$

$A \neq \emptyset \Rightarrow \text{Apprentissage Supervisé}$

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

- Principe de Réduction de dimension des espaces successifs :
 - Importante lors de la phase d'Analyse
 - Finale lors de la phase de Décision
- Une Histoire de Projections Successives
- Choix Déterminant des Caractéristiques lors de l'Analyse

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Applications

PAROLE

ECRITURE

VISION

NEZ
ELECTRONIQUE

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Applications

- Commande Vocale
- Dictée Automatique
- Traduction Temps Réel de Langues Etrangères
- Rééducation de Mal-Entendants
- Indexation de films

Discipline :

- Décodage Acoustico-phonétique
- Reconnaissance de Mots, de Phrases, de Locuteurs
- Compréhension du Dialogue Oral Homme-Machine

PAROLE

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Applications

- Tri Automatique de Courrier par Lecture et Reconnaissance des Adresses
- Authentification de chèques bancaires
- Saisie et Archivage de Documents
- Reconnaissance de Signatures
- OCR

ECRITURE

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Applications

- Traitement, Analyse et Interprétation des Images
- Reconnaissance des Empreintes Digitales
- Analyse d'Images de Radiographie ou d'Échographie
- Analyse de Défauts de Pièces d'Usinages
- Surveillance de Processus en Robotique
- Géophysique : Analyse d'Images de Satellites pour les Prévisions Météorologiques
- Analyse du Sol en Pétrographie
- Indexation

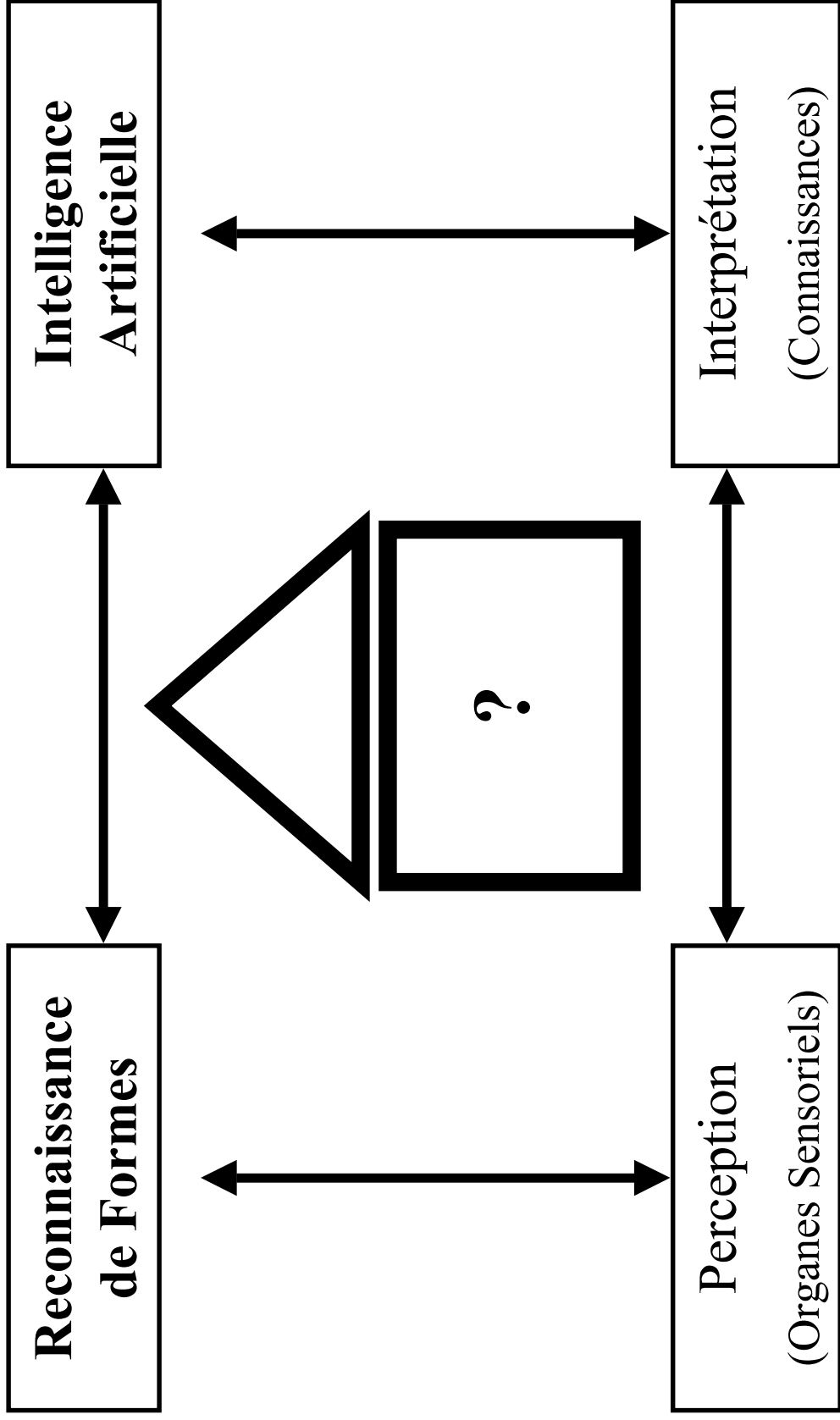
VISION

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision




Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

2 Voies
pour la
Reconnaissance



Statistique

Théorie de la décision

Approche holistique

Extraction de mesures
caractéristiques globales

ou « *features* »

Partitionnement d'espaces
de paramètres

Structurale

Théorie des langages

Approche par décomposition

Décomposition en un
ensemble de composants
ou « *pattern primitives* »

Analyse grammaticale selon
des règles syntaxiques

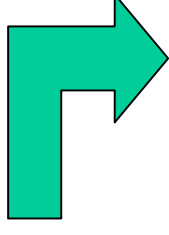
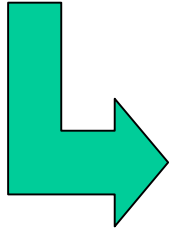
Introduction

Codage

Analyse

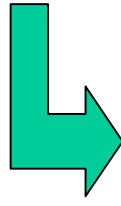
Apprentissage & Décision

2 Voies
pour
1'Analyse



Globale

Formes Simples



Numérique

ou

Quantitative

Logique

ou

Qualitative

Structurelle

Formes Riches en

Informations Structurelles

Description en Formes Primitives

et

Agencement Relatif de ces Sous-
Formes

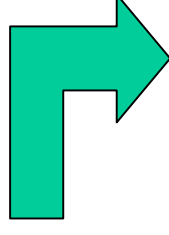
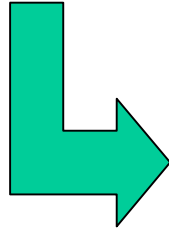
Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

2 Voies
pour
la Décision



Statistique

Classification Automatique

Discrimination Fonctionnelle

Méthodes Connexionnistes

Méthodes Statistiques Bayésiennes

Les k Plus Proches Voisins

Structurelle

Structures de Graphes

Structures Syntaxiques

Programmation Dynamique

Méthodes Stochastiques

ExempleReconnaissance de chiffres manuscrites :

1. Réfléchir sur la forme des chiffres et en faire l'analyse : orientations statistique, structurelle, statistico-structurelle.
2. Définition des caractéristiques discriminantes.
3. Extraire l'ensemble de ces attributs caractéristiques sur un ensemble d'apprentissage.
4. Déterminer les séparatrices des classes sur l'ensemble d'apprentissage ou entraîner un réseau de neurones...
5. Lancer la décision (affectation à une des 10 classes) sur les formes présentées à l'aide du processus de décision choisi pour l'analyse : traitement de l'image pour segmenter les chiffres, les prétraiter, extraire les caractéristiques...

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

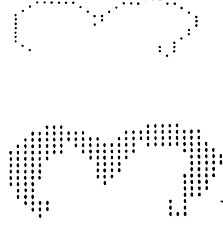
Exemple



Codage

Prétraitement

Filtrage du bruit
Normalisation
Squelettisation
Segmentation



Analyse

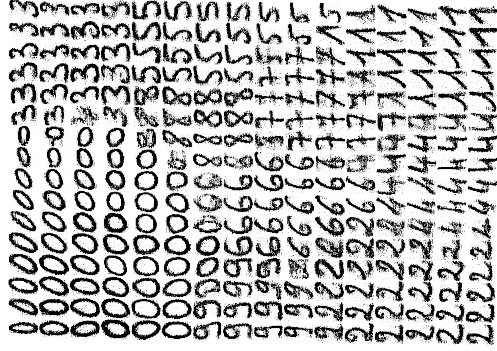


Décision

Apprentissage

« 3 »

avec un score de
0.6



Exemple

- Problème de la segmentation de mots en caractères ou graphèmes

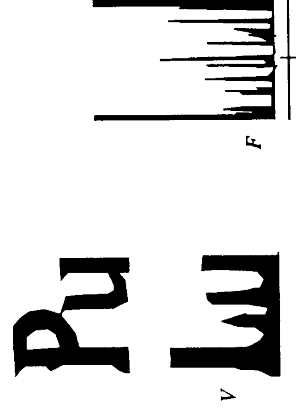


Figure 6.45. Emplacement de la ligature par projection verticale, d'après [Kah87].

- ⇒ Approche holistique de la reconnaissance de mots
- ⇒ Programmation Dynamique

Introduction

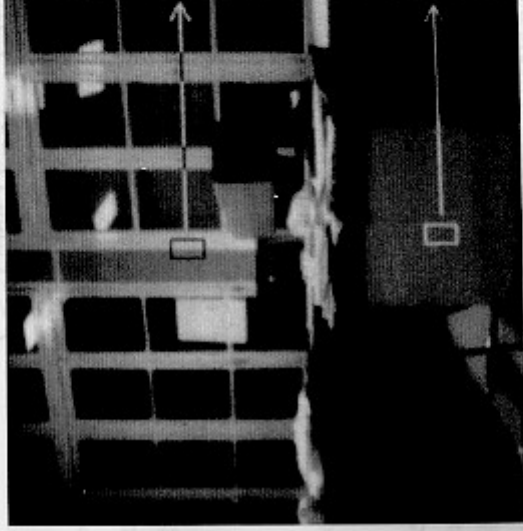
Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Image

Codage



```
139 140 136 140 172 221 217 222 219 217
136 137 137 143 169 219 212 218 222 209
139 140 139 138 171 218 217 219 222 213
141 145 145 145 172 219 214 222 217 205
138 139 147 147 172 217 218 219 224 203
143 146 143 143 170 219 220 224 225 201
150 144 144 146 172 217 222 221 222 210
137 132 138 137 166 221 219 224 229 210
138 143 141 146 171 222 221 225 223 196
146 145 141 142 169 221 222 223 218 189
142 141 141 147 172 217 223 225 223 215
150 143 145 147 170 225 225 223 226 220
149 140 144 139 169 223 225 223 227 223
142 139 143 144 172 224 224 225 229 224
147 144 145 147 171 227 229 228 233 225
142 141 140 147 173 226 227 227 233 228
```

```
118 122 118 118 121 119 118 118 116 116
119 117 118 118 116 117 115 117 119 112
119 116 119 116 117 118 117 115 119 113
120 121 120 120 116 117 115 117 117 116
117 122 116 118 120 116 114 115 114 120
119 118 117 117 121 118 118 116 116 117
118 118 119 116 118 119 115 116 113
118 121 117 119 117 115 118 112 118 116
117 119 115 117 120 117 115 118 116 118
118 119 116 119 116 116 117 118 114 115
118 117 119 119 118 119 118 119 118 118
117 120 117 119 117 117 119 115 119 120
120 117 119 119 115 119 119 119 116
119 118 118 121 121 118 116 120 119 119
120 122 118 123 119 121 121 124 118 120
118 118 118 120 120 120 119 120 119 122
```

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Image

Un format portable : *pgm* ou *ppm* ou *pbm*

```
P2
#feep.pgm
10 5
4
0 0 0 1 1 4 4 3 0 0
0 1 4 1 1 4 4 3 0 0
0 0 3 1 1 4 4 3 0 0
0 0 0 1 1 3 3 3 0 0
0 0 0 1 1 2 2 2 2 2
```

```
P3
# example from the man
page
4 4
15
0 0 0 0 0 0 0 0 0 15 15
0 0 0 0 15 7 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 15 7 0 0 0
15 0 15 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

Logiciels libres de manipulation: *gimp* et *imageJ*

Exercice : <http://sip-crip5.org/lomn/ti.html>

Création des biomorphes par fractales

Noir et blanc

Pour chaque point du plan imaginaire ($z=x+iy$)

On lance une boucle de 10 itérations :

On calcule $z=f(z)$

Si ($|x|>10$ ou $|y|>10$ ou $|z|>10$),
on quitte la boucle.

En fin de boucle :

Si ($|x|>10$ ou $|y|>10$),
on marque un pixel noir sur fond blanc.

Couleur

La couleur dépend du nombre d'itérations et de la valeur de $|x|$, $|y|$, $|z|$.

Fonction $f(z)$

$$f(z) = z^{\text{Exposant}} + C$$

Ensembles de Julia

$c=0,3+0,6i$	$c=-0,4+0,7i$,
$c=-0,0519+0,688i$	$c=-0,7+0,3i$
$c=0,32+0,43i$	$c=-1,77+0,01i$
$c=-0,0986-0,65186i$	$c=-0,15+0,45i$
$c=0+i$	

Qu'est-ce que la parole :

- Parole = Onde
- Intensité : débit du flot d'air +
ouverture des cordes vocales
- Hauteur : fréquence de vibration des cordes vocales
pour les sons voisés
- Timbre : modulation de l'onde
par la forme du conduit vocal



Travail du phonéticien :

- Isoler l'onde continue en « segments » phonétiques
- Classifier les sons d'une langue
- Utilisation d'une unité sonore minimale : le phonème

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Parole

Caractéristiques Générales des Voyelles du Français :

- Vibrations des Cordes Vocales
- Lieu de l'articulation
- Stabilité des Articulateurs
- Deux classes : voyelles orales et voyelles nasales

Introduction

Codage

Parole

Analyse

Apprentissage & Décision

Caractéristiques Articulateurs des Voyelles du Français :

- Aperture Vocalique (petite, moyenne et grande)
- Lieu d'Articulation (antérieure, postérieure)
- Intervention des Lèvres (labiales et non labiales)

Classement Articulatoire des Voyelles Orales du Français :

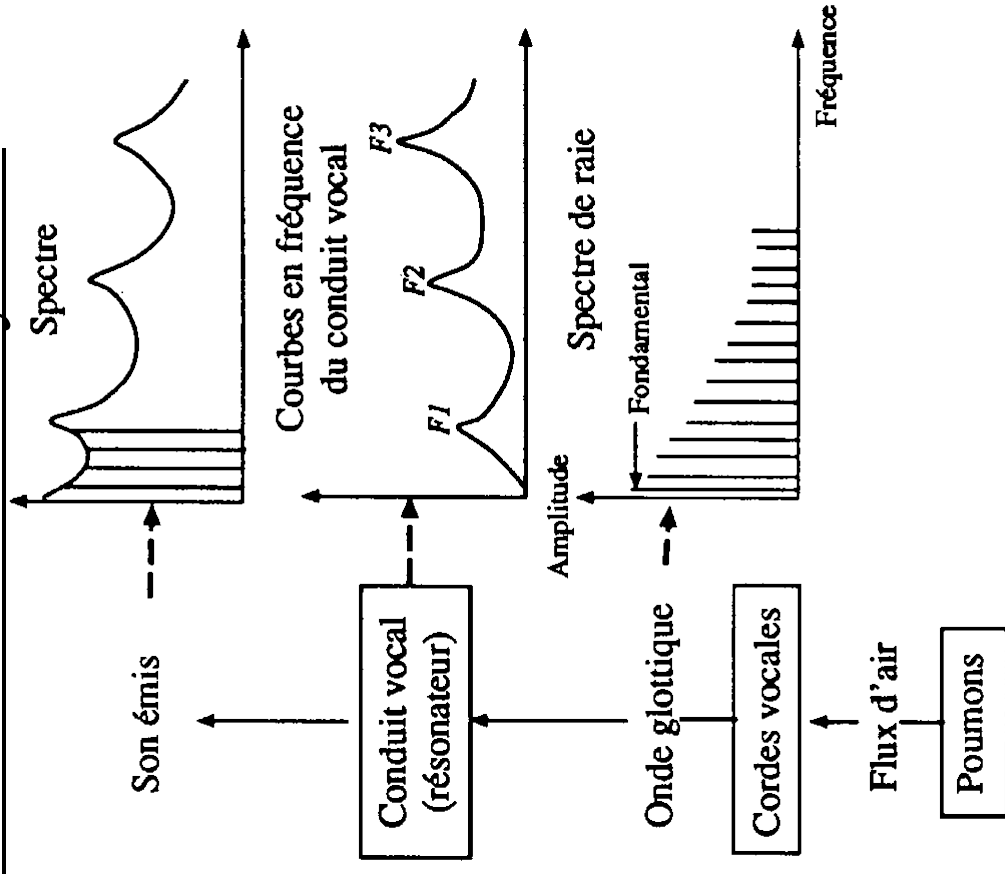
Voyelles	Fermées	Semi-Fermées	Semi-Ouvertes	Ouvertes	
Antérieures non labiales	i	e	ɛ	a	
Antérieures Labiales	y	ø	œ		
Postérieures Labiales	u	o	ɔ		
					Aigu ↕ Grave

Diffus ← → Compact



Caractéristiques Acoustiques des Voyelles du Français :

- Sons Voisés
- Résonance de l'onde glottique dans la cavité orale
- Formants $F_i =$ Maxima du spectre d'énergie par ordre décroissant

ParoleSchéma de Production d'une Voyelle :

Introduction

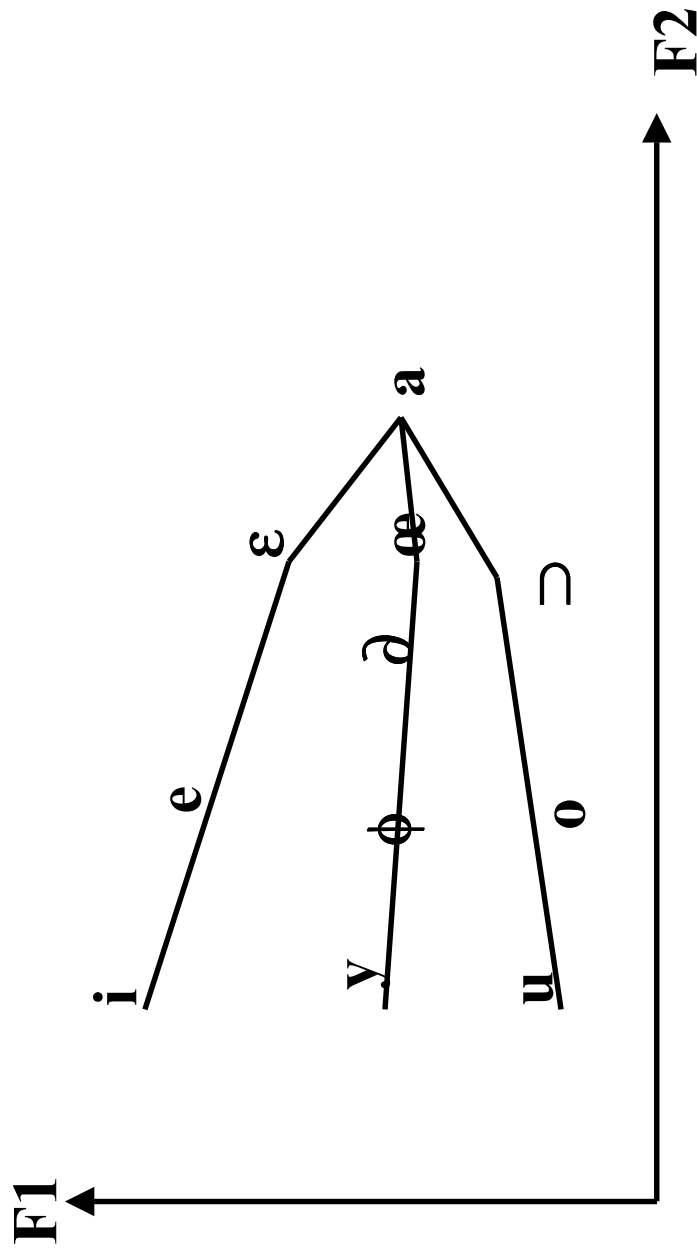
Codage

Parole

Analyse

Apprentissage & Décision

Classement Acoustique des Voyelles Orales du Français selon les deux premiers formants F1 et F2 :



Introduction

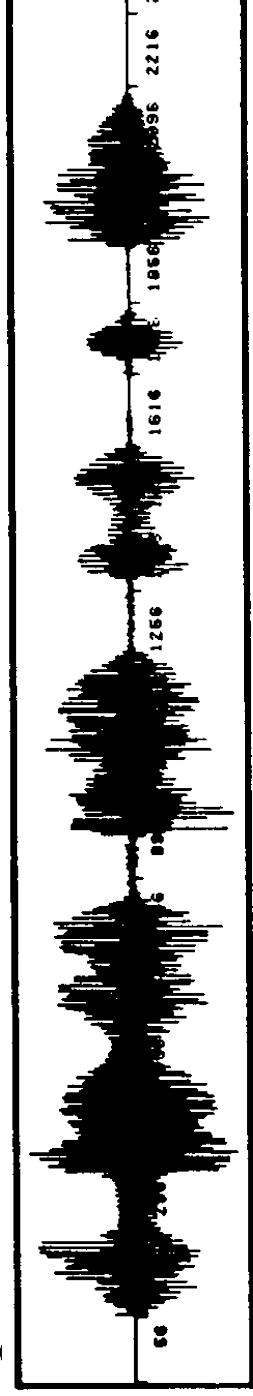
Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

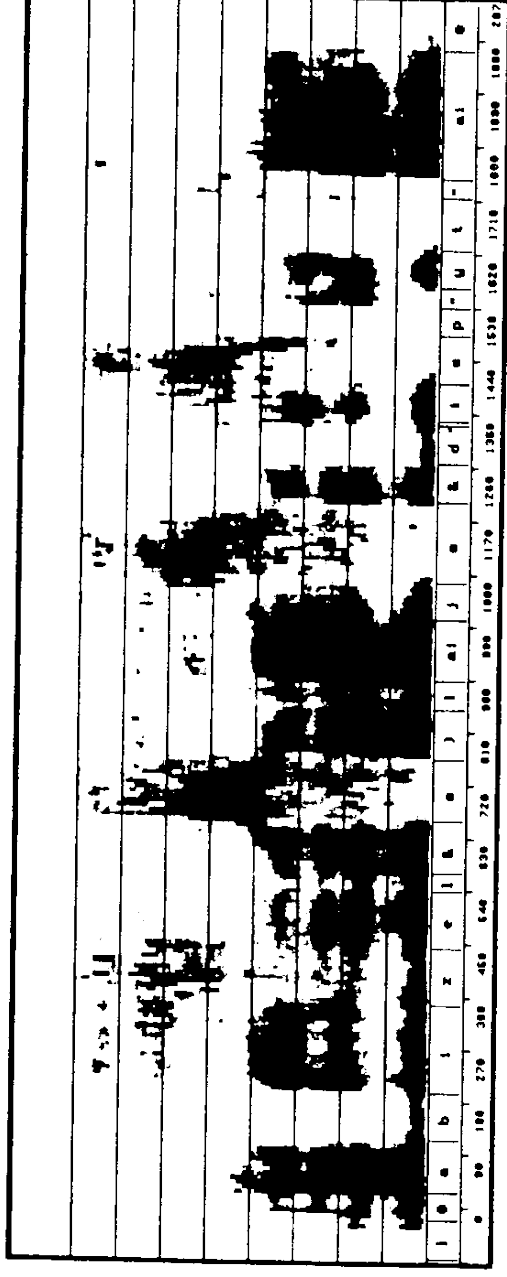
Parole

Signal Temporel Brut



Modèles de

Représentation



Spectrogramme

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Prétraitements

Une image peut être modélisée de plusieurs façons :

- une fonction continue de deux variables $f(x,y)$
- une matrice 2D, discrétisant la fonction $f(x,y)$
- la réalisation d'une Variable Aléatoire

-> modèle de traitement mathématique, algorithmique, physique

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Prétraitements

- **Suppression du Bruit** (hautes fréquences ou bruit blanc)
- **Correction des Erreurs**
- **Homogénéisation des Données**
- **Réduction des Données**

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Prétraitements

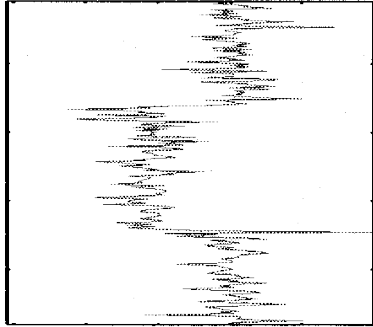
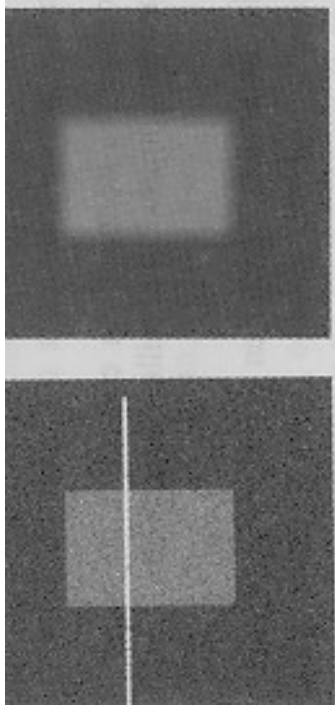
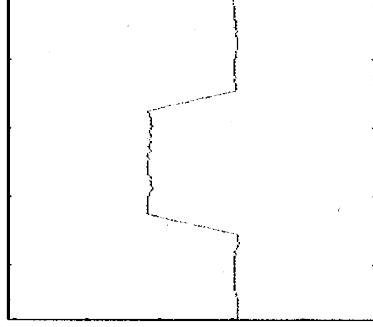


image initiale



filtrage moyennneur 15x15

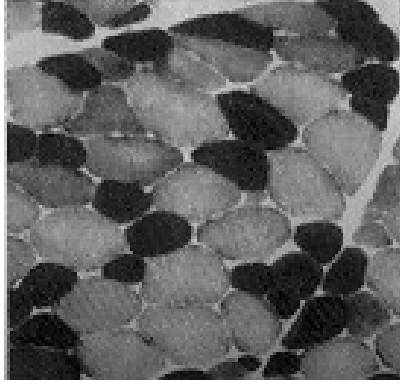
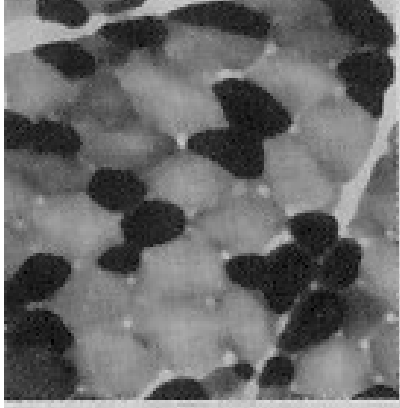


image initiale



Filtre médian

Prétraitements

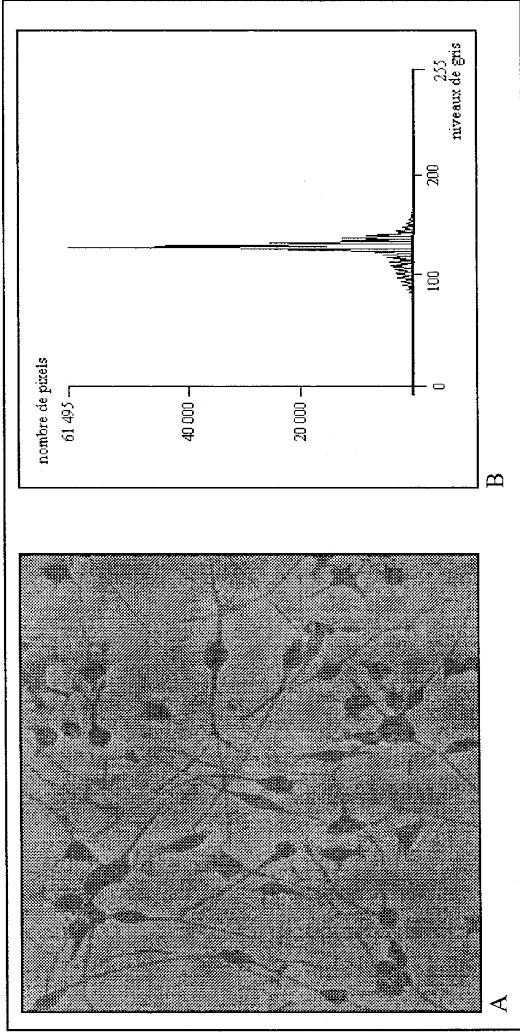


Figure IV.2 : Image de Neuroblastomes de souris différenciés et son histogramme

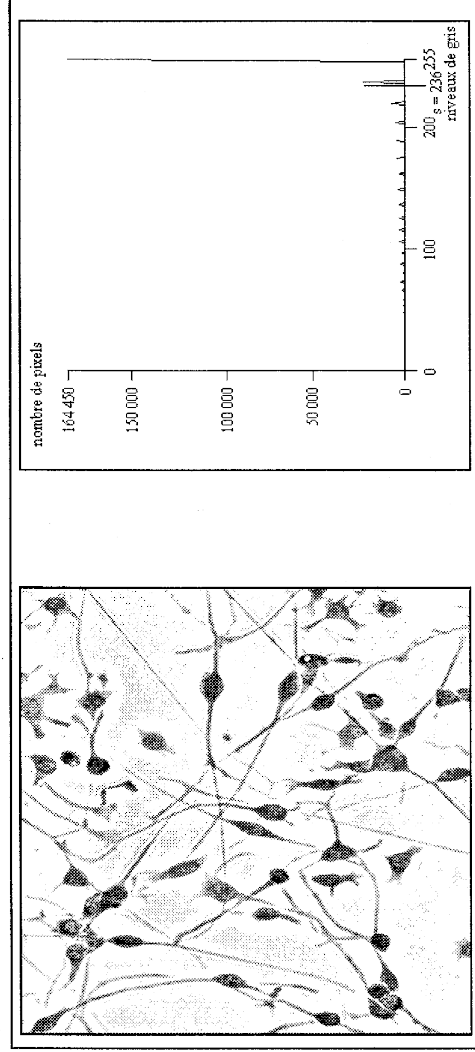
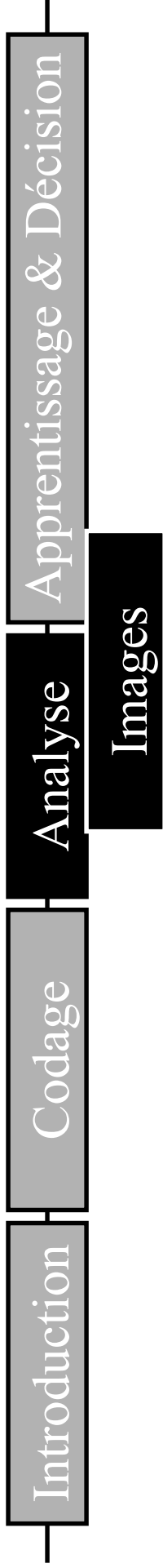


Figure IV.40 : Image de neuroblastomes de souris différenciés pré-traitée et son histogramme sur lequel on a placé la valeur du seuil déterminée automatiquement



Analyse d'images

Indices Visuels ou Primitives :

- Régions
 - Contours
- Primitives
Duales

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Images

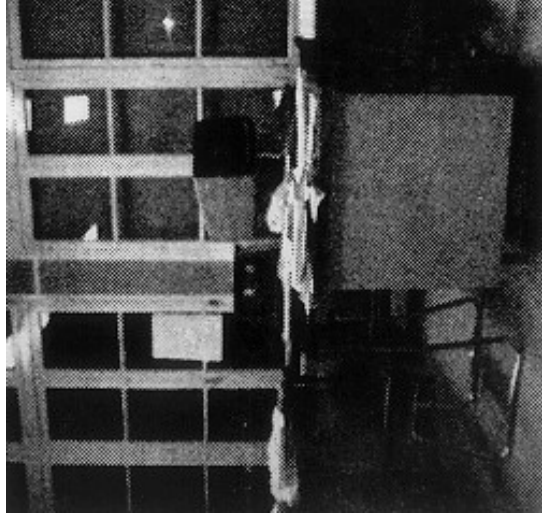
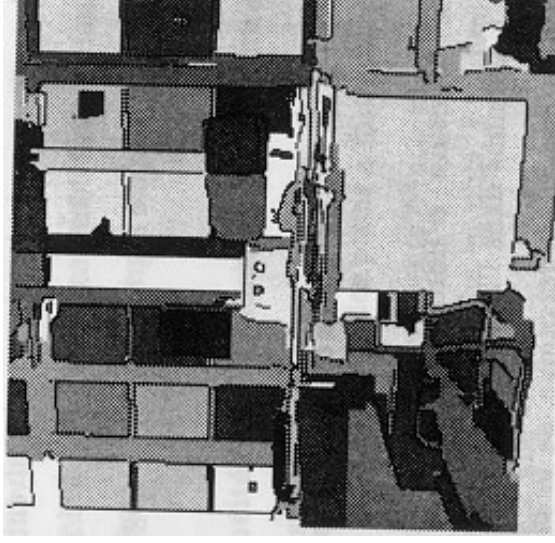
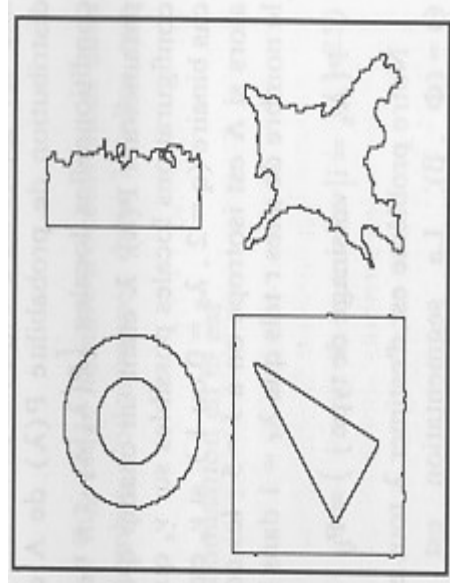
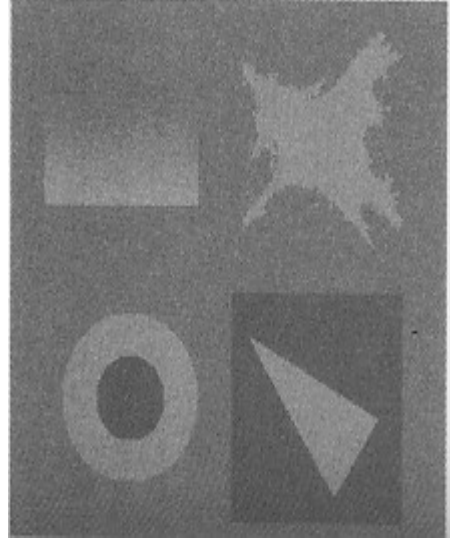


Image originale



Images segmentées en régions



Paramètres calculés sur les Indices Visuels:

- Topologiques : *Surfaces, Périmètres, Concavités, Trous*
- d'orientations : *Moments d'Inertie du Second Ordre*
- de Formes : *Compacité, Allongement*
- Statistiques : *Histogrammes, Moyennes, Variances, Entropie, Dissymétrie, Aplatissement*
- Relationnelles : *$f(R_i, R_j) : f = Plus-Grand, Au-dessus, Adjacent...$*

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Images de
Contour

Indices Visuels :

- Frontières Homogènes

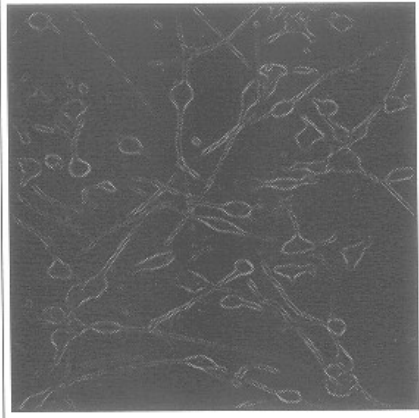
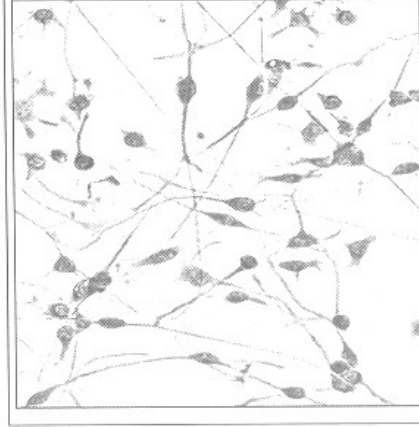


Image de contour par
Deriche



Figure IV.22 : Deriche ($\alpha = 1$) sur l'image
originale suivi d'un seuillage par hystérésis
($S_h = 25$, $S_b = 5$)



Figure IV.23 : Fermeture de contours sur
l'image de la figure IV.22

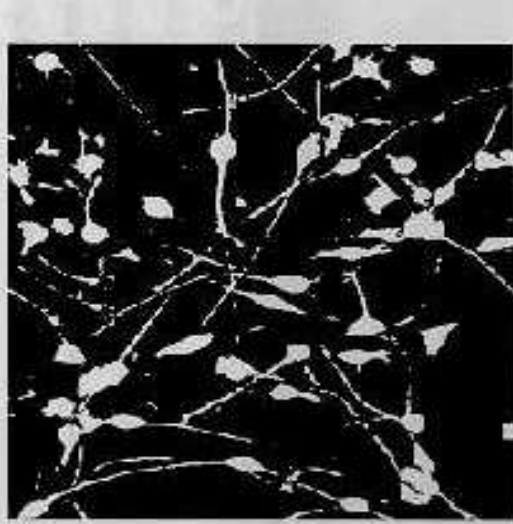


Figure IV.41 : Image binaire par le seuillage automatique

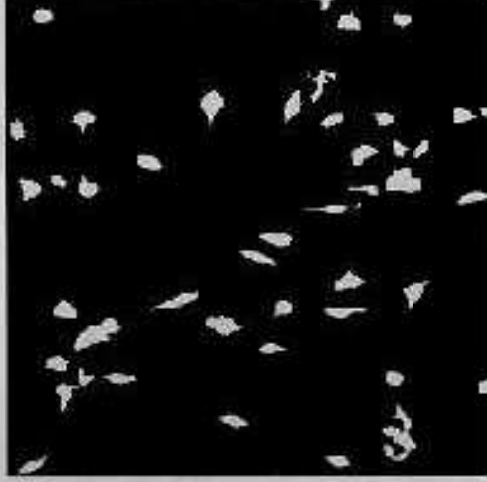


Figure IV.43 : Image des germes

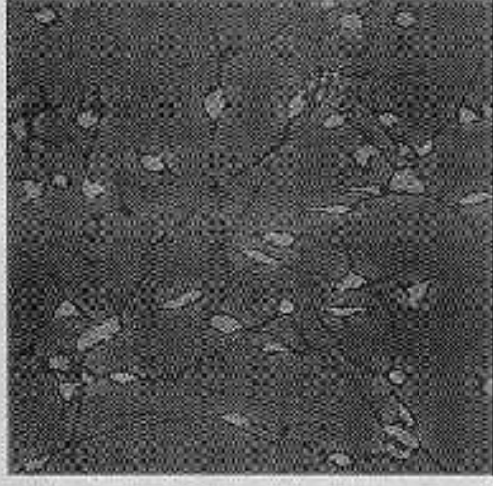


Figure IV.44 : Superposé noir de l'image des germes et de l'image originale

Introduction

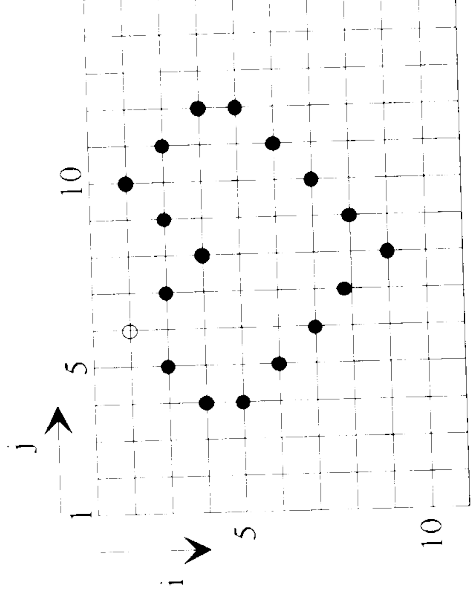
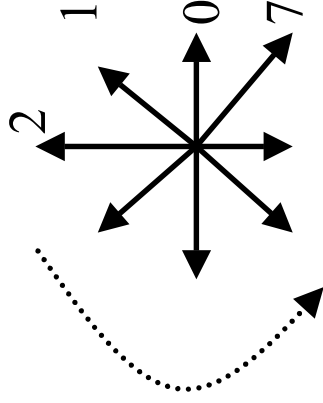
Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Images de
Contour

- Approximation polygonale
- Codage de Freeman ...



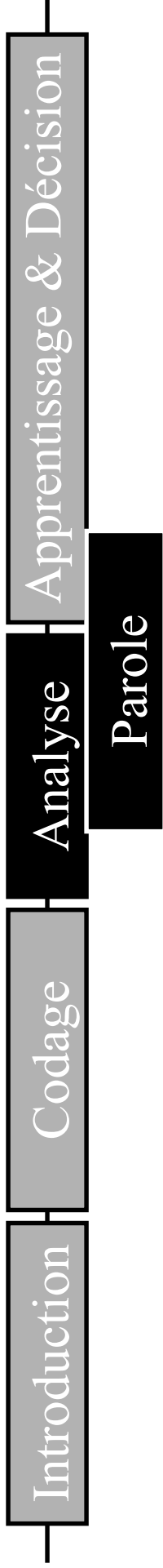
$P_0 = [1,6]$ et suite des directions : $\{7, 7, 1, 1, 7, 7, 6, 5, 5, 5, 3, 3, 3, 3, 2, 1, 1\}$

Figure 3.17 : Exemple de code de Freeman



Paramètres :

- Convexité
- Abscisse Curviligne
- Courbure



Indices phonétique ou linguistique ou

Primitives :

- Mots
- Syllabes
- Phonèmes

Paramètres d ’analyse :

- Temporelle, Fréquentielle
- Cepstrale

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

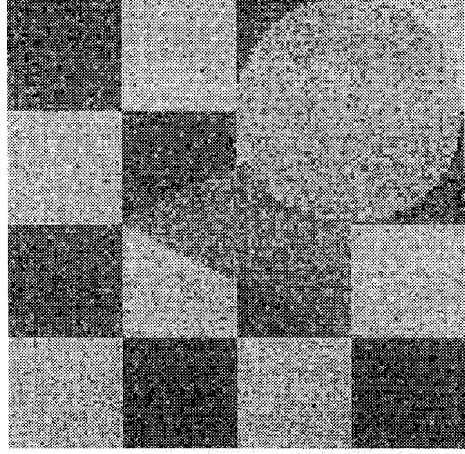
- Segmentation : clé de voûte de l'Analyse d'Image ou de Parole
- Segmenter - Reconnaître : Paradoxe et Confusion

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision



a) Image 1.a bruitée: SNB = 5dB

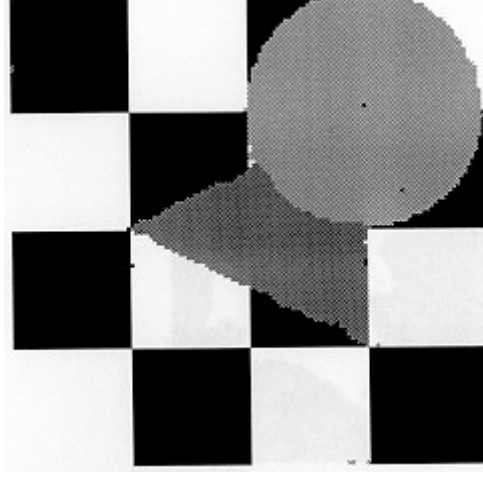
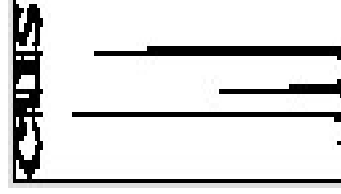


Image « segmentée » = abus de langage ?

According to Nita, there is no way to go through customs at Atlanta without changing



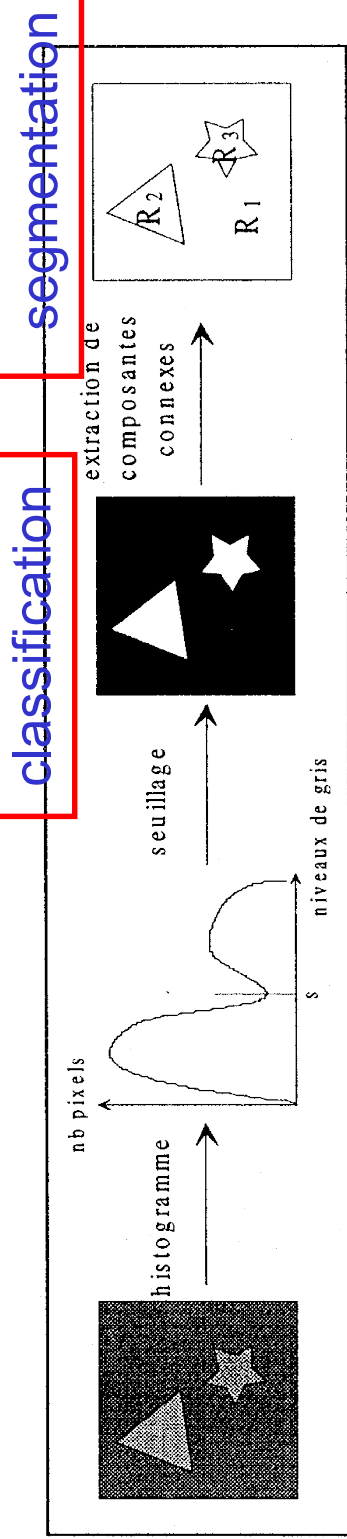


Figure III.7 : Segmentation en régions par seuillage

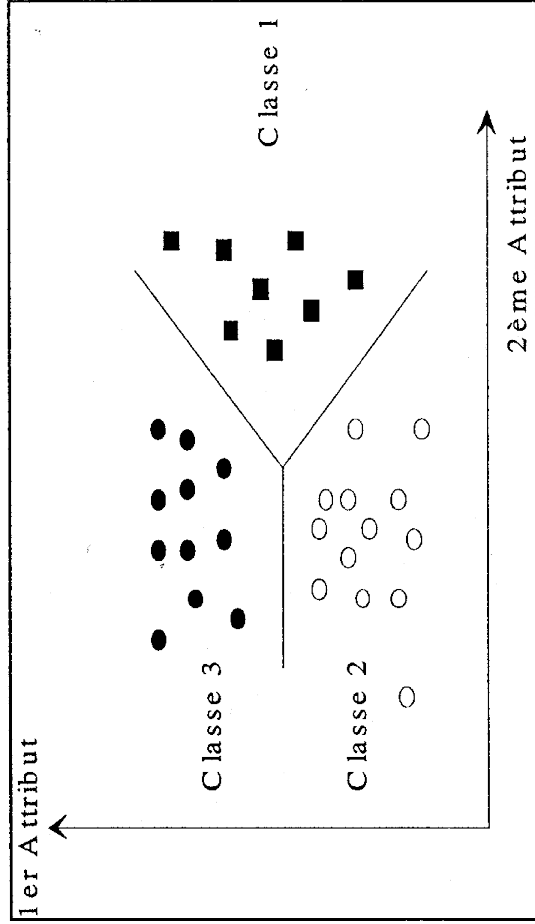
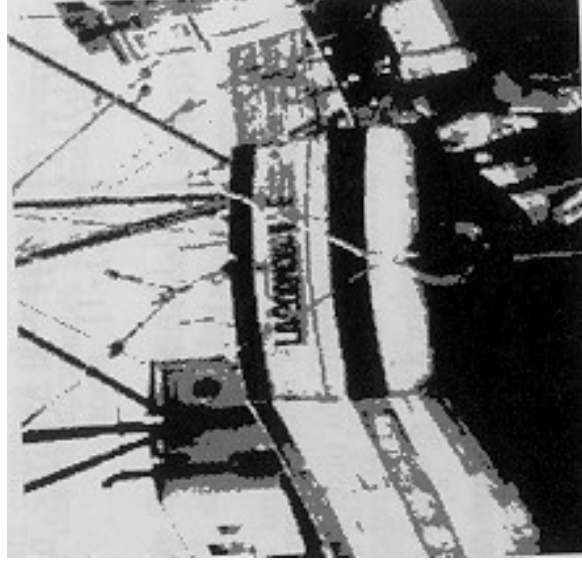
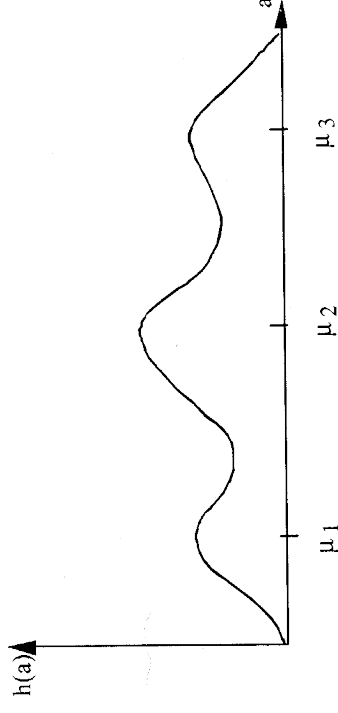


Figure III.8 : Classification des points dans l'espace des attributs (3 classes, dimension 2 de l'espace)

Segmentation, souvent égale à de la **classification automatique de pixels** dans un espace \mathfrak{X}^n



Quantification en niveau de gris dans \mathfrak{X}^1 ou en couleur dans \mathfrak{X}^3

Exemples :

a - image initiale

b - quantification couleur par la méthode
des nuées dynamiques. (7 classes)**Applications :**

Cosmétique, Diagnostic, quantification couleur.

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Classification Automatique

- Cadre typique de la classification **non supervisée**, cad sans exemples.
- Notion de Proximité dans un espace métrique
- Principe : Classification et Décision par la Distance
- Propriétés d'une Classification Idéale :
 - Compacité
 - Séparabilité
- Dans la pratique, Défaillance de Formes (« floues »)

- Distance Point-Point:

$d(p, m) = \text{Hamming, Euclidienne}$

- Distance Point-Classe :

$d(p, C) = \inf \{d(p, m); m \in C\}$

- Distance Classe-Classe :

$d(C1, C2) = \inf \{d(p, m); p \in C1 \text{ et } m \in C2\}$

Introduction

Codage

Analyse

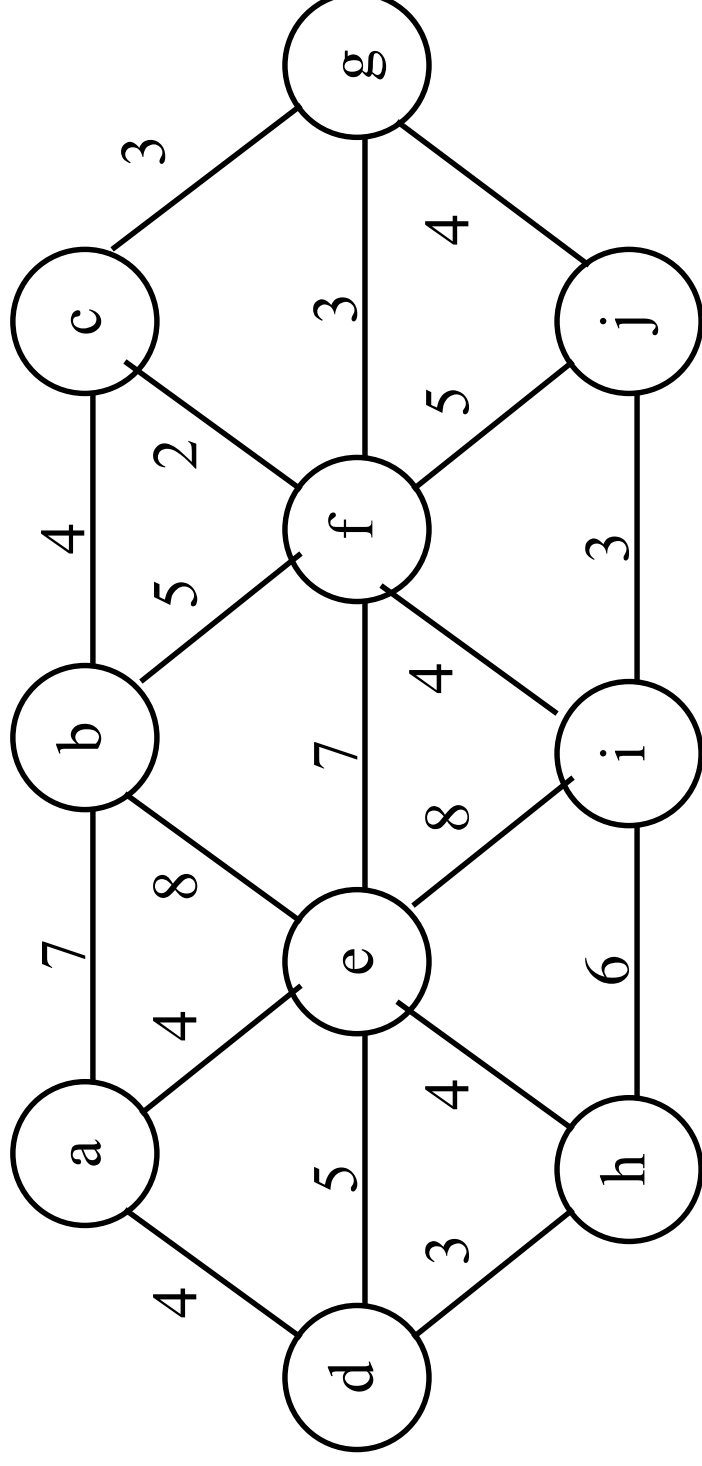
Apprentissage & Décision

Classification Automatique

- RF \Leftrightarrow Définition de Distances Adaptées
- Attribution de x à $C_k \Leftrightarrow C_k = \mathit{Argmin}_{C_i} d(x, C_i)$

Arbre de Longueur Minimale

Le Graphe des Distances :



Arbre de Longueur Minimale

Algorithme de Prim :

Initialiser le graphe résultat à un point quelconque

pour i de 2 à n (nombre de points du graphe) faire

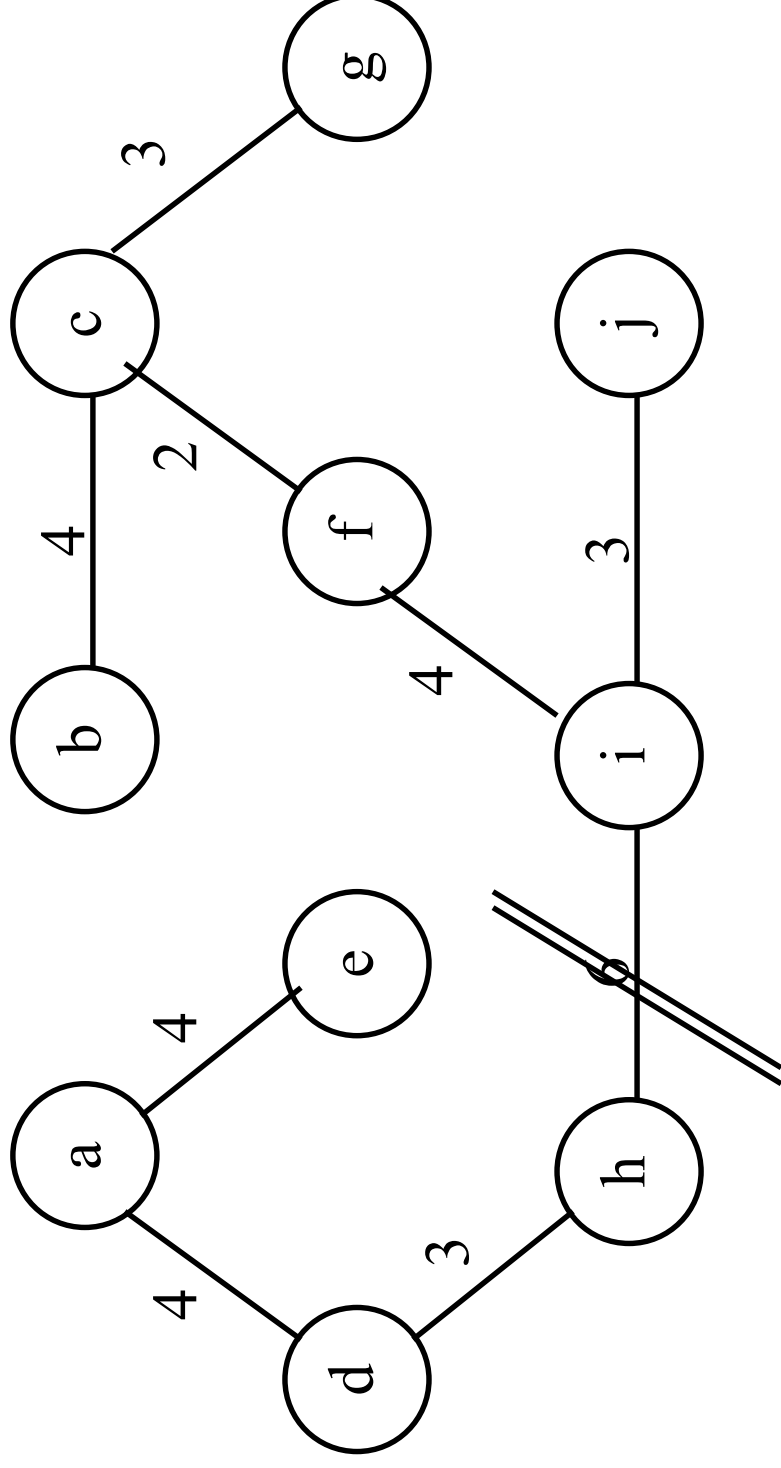
Chercher une arête (x,y) de coût minimal joignant un point du graphe résultat à un point extérieur au graphe résultat

L 'ajouter au graphe résultat : $g \leftarrow g \cup (x,y)$

fin pour

Arbre de Longueur Minimale

*Arbre de Longueur Minimale et
Application à la Classification :*



Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

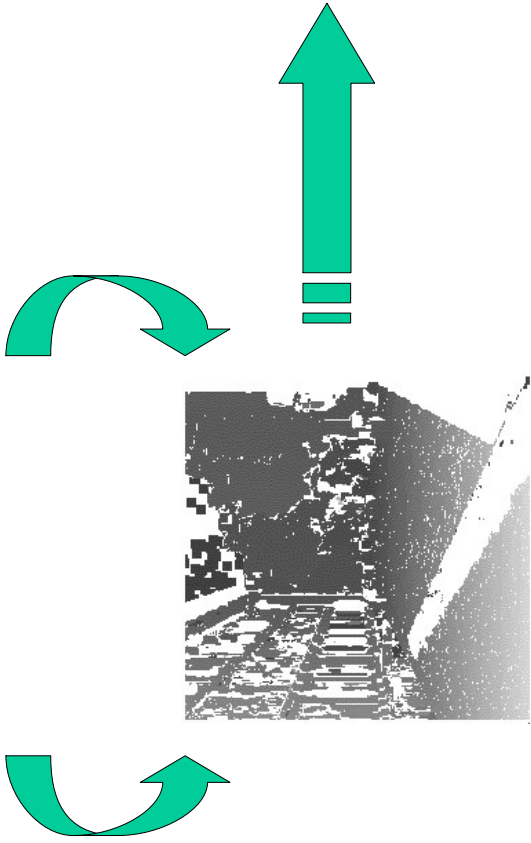
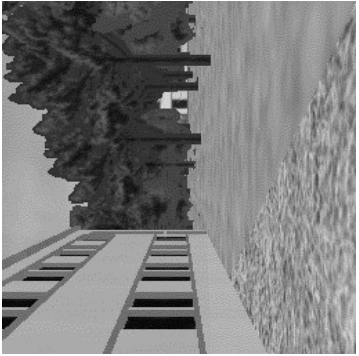
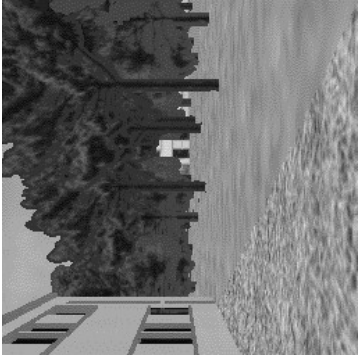
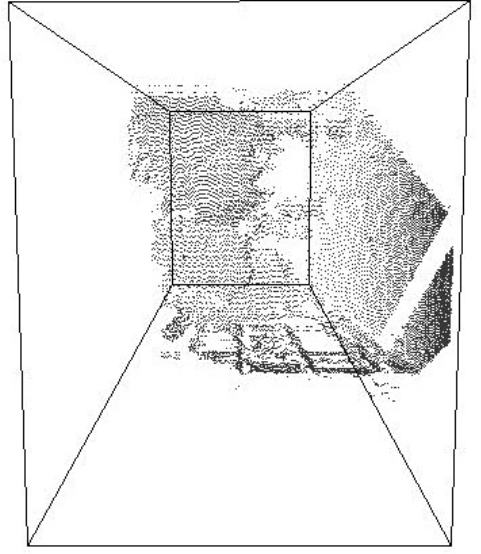
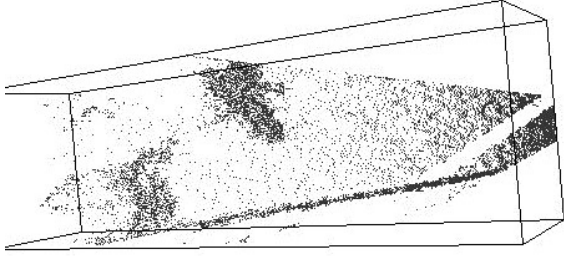
Classification Automatique

Arbre de Longueur Minimale

- Lié au groupement hiérarchique et à la notion de distance ultramétrique
- Sensibilité au choix de la distance
- Instabilité Structurelle ou Effet de Chaîne

Nuées Dynamiques ou K-MEANS

- Partition en K classes d'un ensemble E :
- Minimisant un critère global J :
- A partir d'éléments suffisamment représentatifs de chaque classe ou noyau
- Algorithme à **convergence rapide** vers des **minima locaux** pour classer **plusieurs milliers** d'objets



« Clustering »

« Clustering »

Nuées Dynamiques

Algorithme
ISODATA

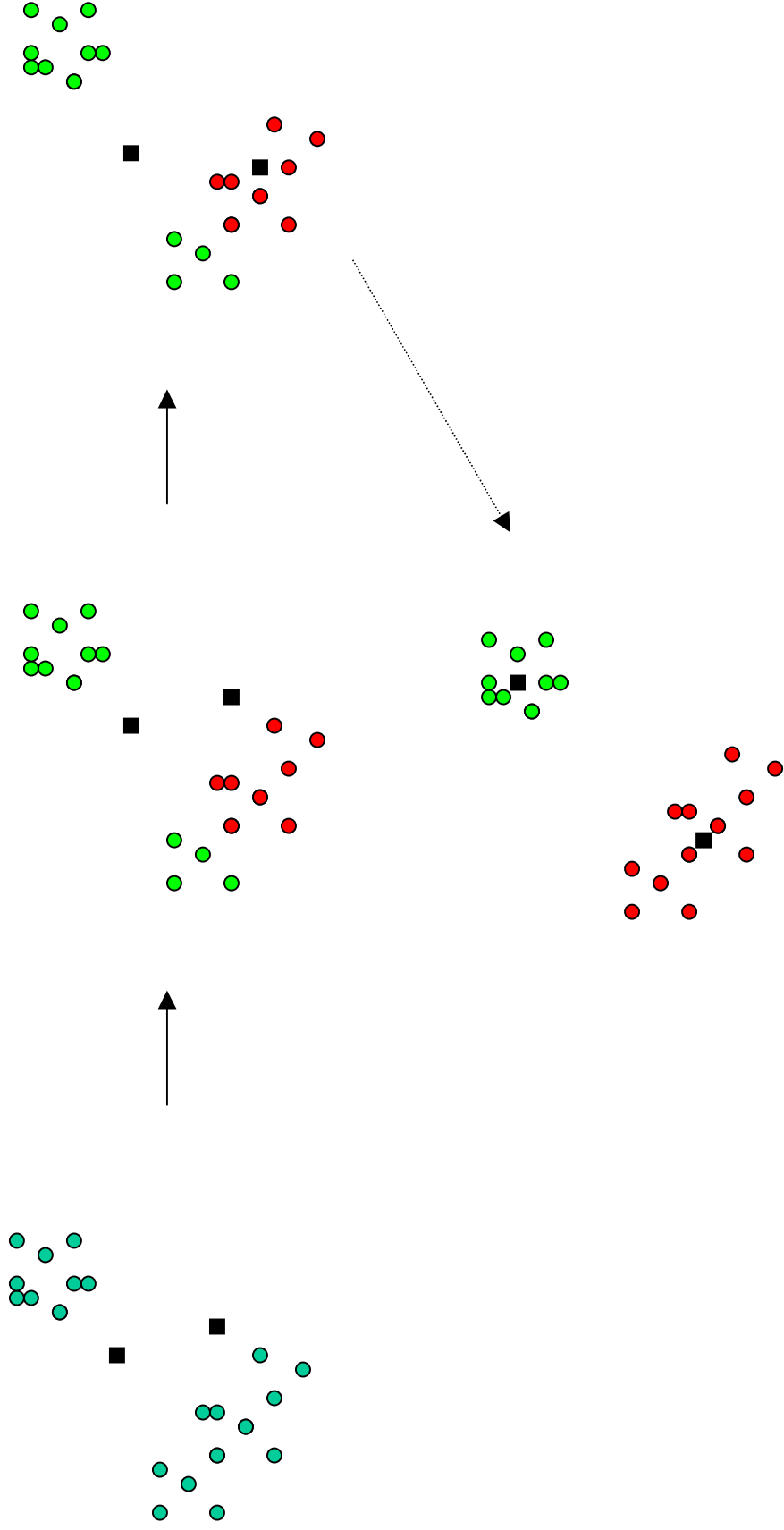
C-moyennes floues



« Clustering »

Principe des Nuées Dynamiques

DIDAY



« Clustering »



Algorithme itératif de type ISODATA

- ⇨ Nombre de groupements C connu
- ⇨ Minimisation itérative d'une fonctionnelle $J(V)$
- ⇨ V est un vecteur de paramètres de forme : on peut prendre par exemple le barycentre m_C d'un nuage de points C .

« Clustering »

Cas « Général »

Principe des C-moyennes

⇒ Minimisation de la fonction objective :

$$J_m(U;V) = \sum_{j=1}^C \sum_{i=1}^N u_{ij}^m d(x_i, V_j)$$



« Clustering »

Cas « Crisp » : $u_{ij} \in \{0, 1\}$

Nuées Dynamiques ou K-Means ou C-moyennes

Algorithme :

1. Choisir au hasard C Noyaux $\{Y_1^0, Y_2^0, \dots, Y_K^0\}$

2. $n \leftarrow 0$

3. $n \leftarrow n+1$

4. Pour chaque valeur de k (de 1 à C), calculer

$$\omega_k^n \leftarrow \left\{ x \in E \mid \forall j \neq k, f(x, Y_k^{n-1}) \leq f(x, Y_j^{n-1}) \right\}$$

Calcul de Y_k^n à partir de ω_k^n

Fin pour

5. Si $\omega_k^n \neq \omega_k^{n+1}$ et $n \leq n_0$, retourner en 3

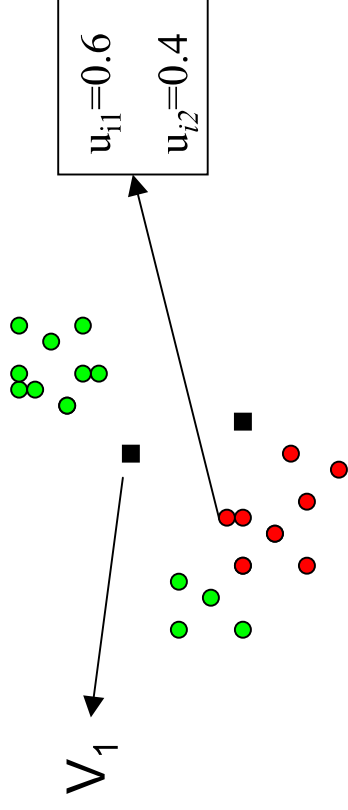
Si non arrêté

Fin Si

« Clustering »

Cas « Fuzzy » : $u_{ij} \in [0, 1]$

⇒ Coefficient d'appartenance u_{ij} dans $[0, 1]$



⇒ Dans le cas où $m=2$, minimisation de la fonctionnelle suivante :

$$J(U; V) = \sum_{j=1}^C \sum_{i=1}^N u_{ij}^2 d(x_i, V_j)$$

« Clustering »

Cas « Fuzzy » : $u_{ij} \in [0, 1]$

En utilisant la formulation lagrangienne, on montre que minimiser J revient à résoudre ce système couplé :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N u_{ij}^2 \frac{\partial d(x_i, V_j)}{\partial V_j} = 0 \\ u_{rs} = \frac{1}{\sum_{j=1}^C \frac{d(x_i, V_s)}{d(x_i, V_j)}} \end{array} \right.$$

« Clustering »

Cas « Fuzzy » : $u_{ij} \in [0, 1]$

Système résolu par le schéma algorithmique itératif suivant :

1. Choisir au hasard C Noyaux V_j

2. $t \leftarrow 0$ /* Iteration*/

3. $t \leftarrow t+1$

4. **Répéter**

• Pour chaque valeur de i (de 1 à N),

Pour chaque valeur de j (de 1 à C), calculer $u_{ij}(t) = \frac{1}{\sum_{k=1}^C \frac{d(x_i, V_j)}{d(x_i, V_k)}}$

Fin pour

Fin pour

• $t = t+1$

• **Pour chaque** valeur de j (de 1 à C),

Résoudre $\sum_{i=1}^N u_{ij}^2(t-1) \frac{\partial d(x_i, V_j)}{\partial V_j} = 0$

Fin pour

Tant que un critère d'arrêt n'est pas atteint

« Clustering »

Cas « Fuzzy » : $u_{ij} \in [0, 1]$

Dans le cas classique où on utilise la distance classique

$$d(x_i, V_j) = (x_i - V_j)^T A (x_i - V_j)$$

On met à jour les prototypes par l'équation suivante :

$$V_j(t) = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ij}^2(t-1) x_i}{\sum_{j=1}^N u_{ij}^2(t-1)}$$

Il s'agit de l'algorithme du Fuzzy C-Means
classique

« Clustering »

Cas « Fuzzy » : $u_{ij} \in [0, 1]$

Ajoutons que pour $m=1$, il n'y a pas de clustering flou meilleur que le meilleur des « crisp clustering ».

Mais pour $m=2$ (le cas étudié), il y a des cas pour lesquels le clustering flou a de plus petites valeurs pour $J_2(U;V)$

« Clustering »

Algorithme des C-Moyennes Floues Exponentielles (CMFE)

⇨ Prototypes : centroïdes V_j et matrices de covariance floue F_j

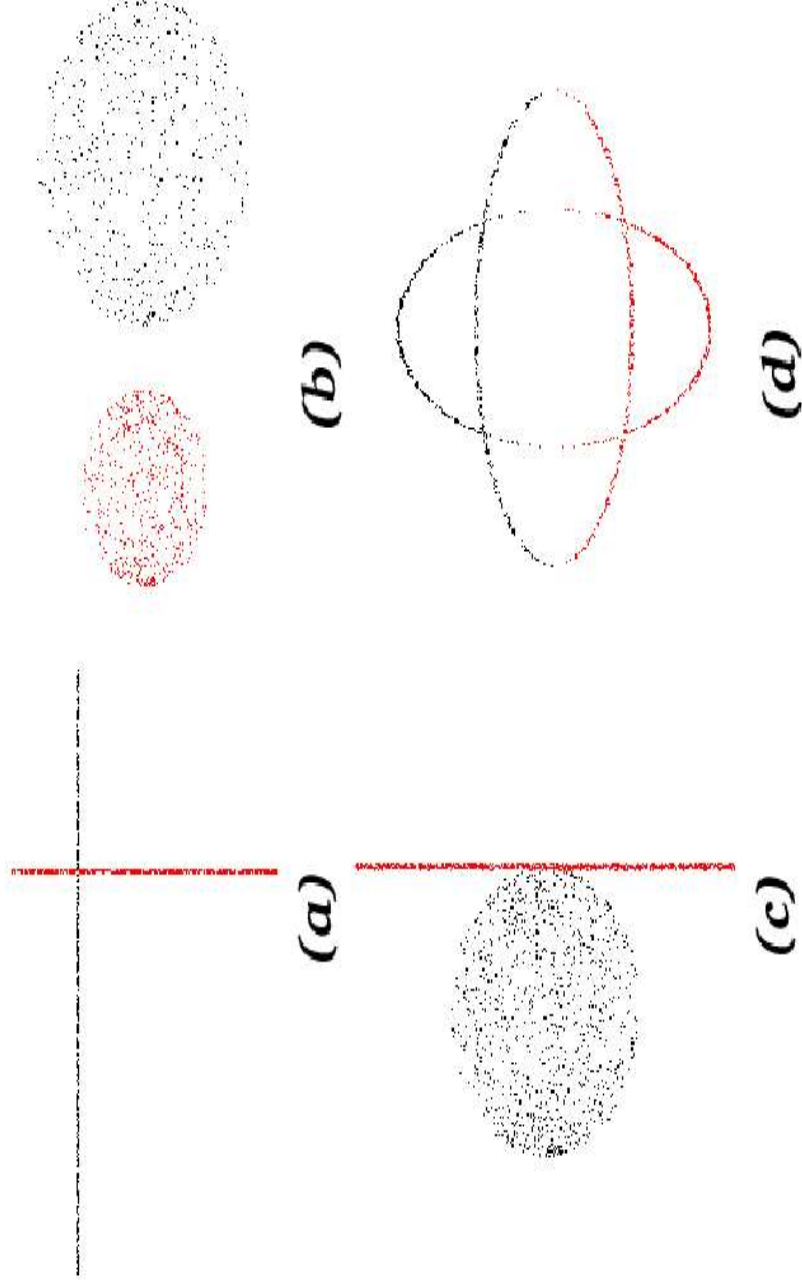
$$F_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ij}^2 (x_i - V_j)(x_i - V_j)^T}{\sum_{i=1}^N u_{ij}^2}$$

⇨ Distance : exponentielle d_e

$$d_e^2(x_i, v_j) = \frac{[\det(F_j)]^{1/2}}{P_j} \exp \left[\frac{1}{2} (x_i - v_j)^T F_i^{-1} (x_i - v_j) \right]$$

« Clustering »

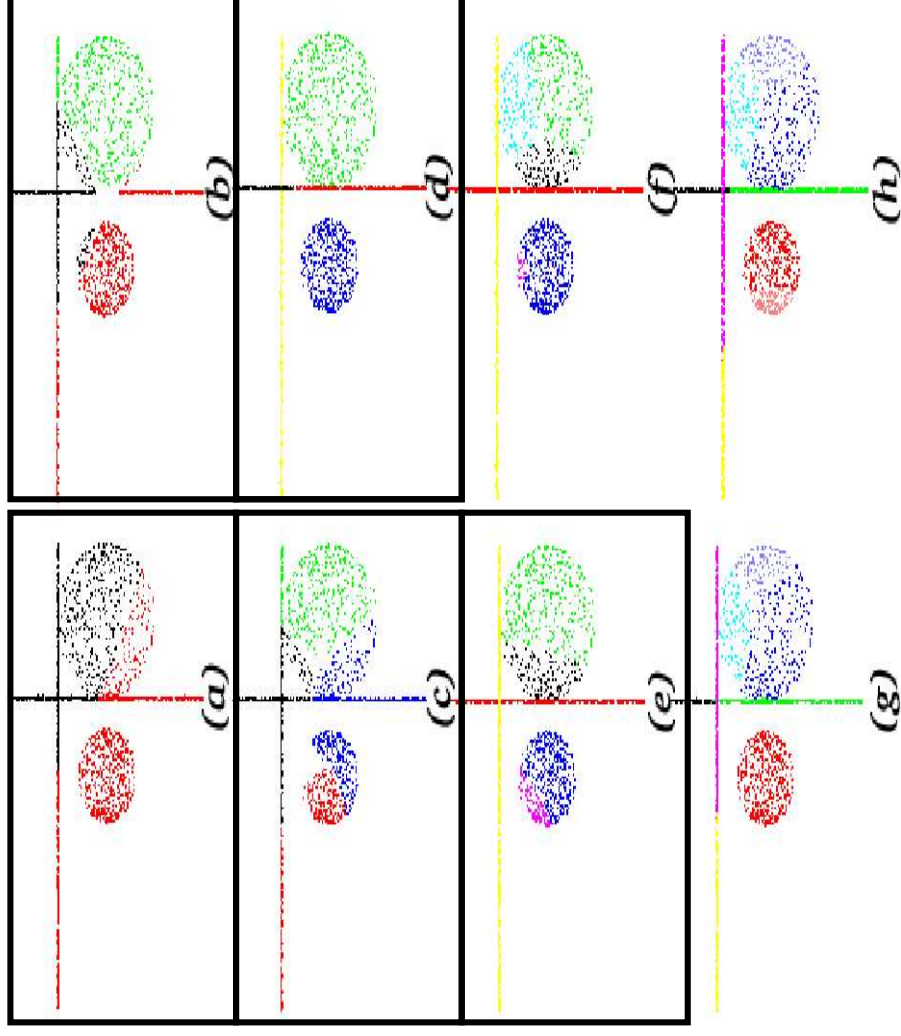
Algorithme des C-Moyennes Floues Exponentielles (CMFE)



« Clustering »

Comment déterminer
le nombre de groupements C optimal ?

Critère numérique :
la Densité Moyenne
de Partition
(DMP) ?



« Clustering »



Critère numérique : la Densité Moyenne de Partition

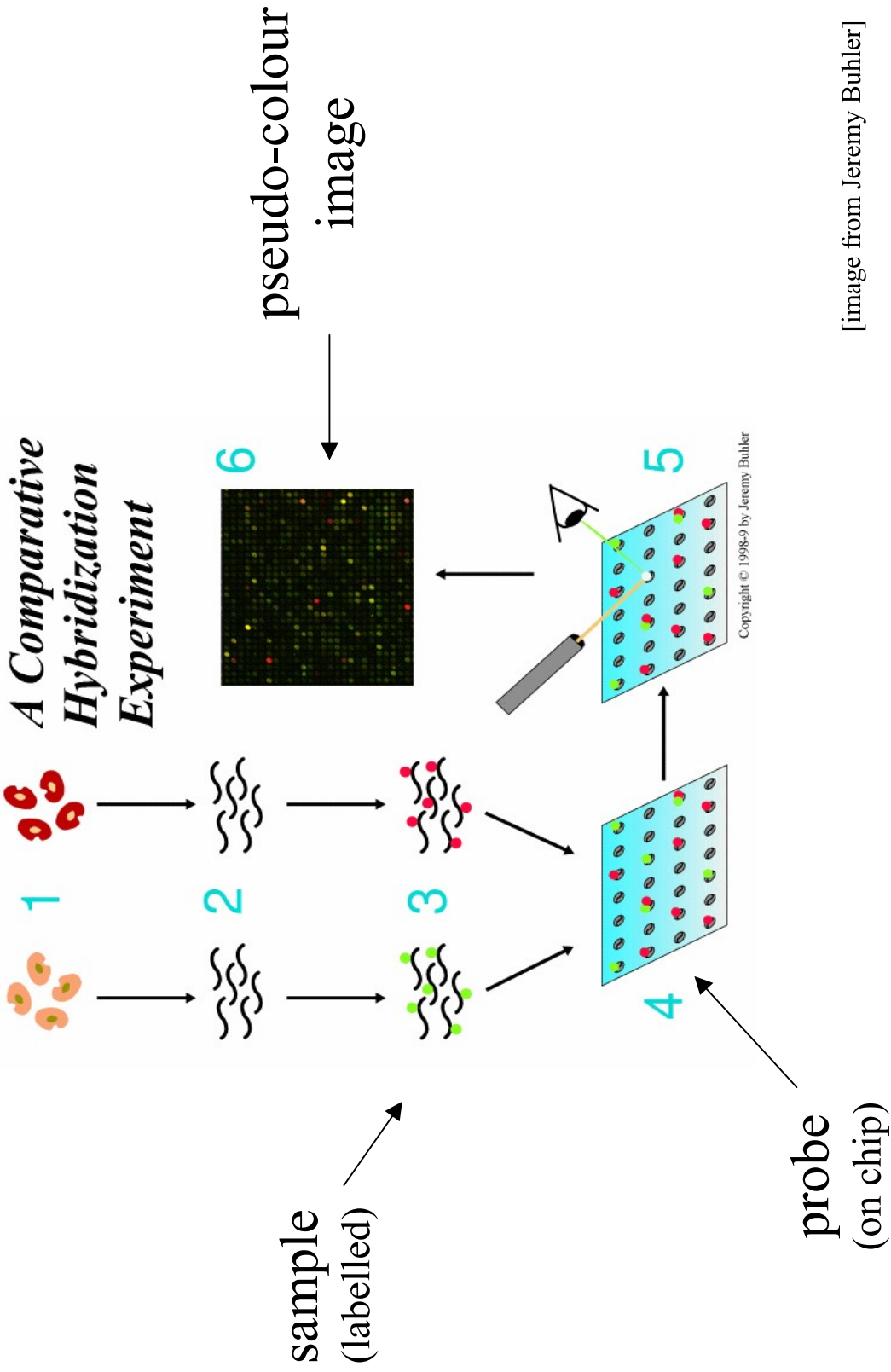
$$DPM(C) = \frac{1}{C} \sum_{j=1}^C \frac{S_j}{V_j}$$

Avec $X_j = \{x \in X : (x - V_j) F_j^{-1}(x - V_j) < 1\}$

$$S_j = \sum_{x \in X_j} u_{ij}$$

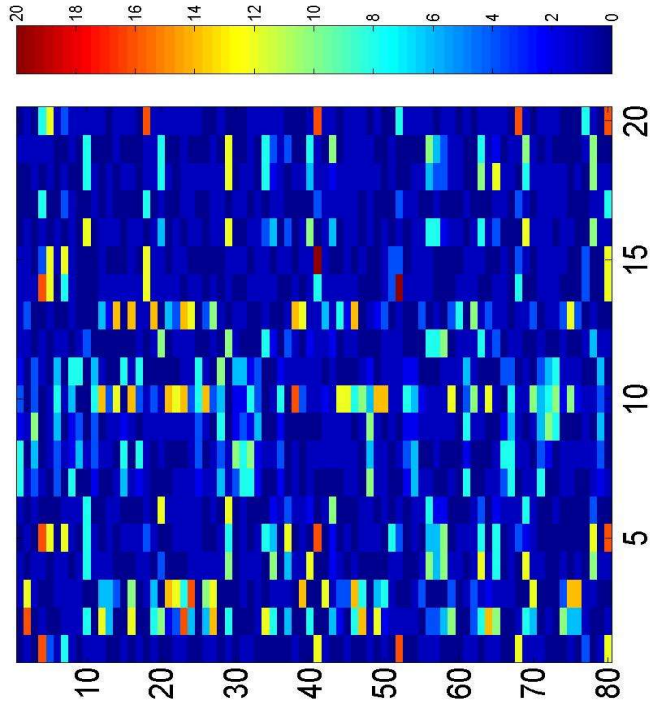
et l'hypervolume flou de chaque cluster $V_j = |F_j|^{1/2}$

« Clustering »

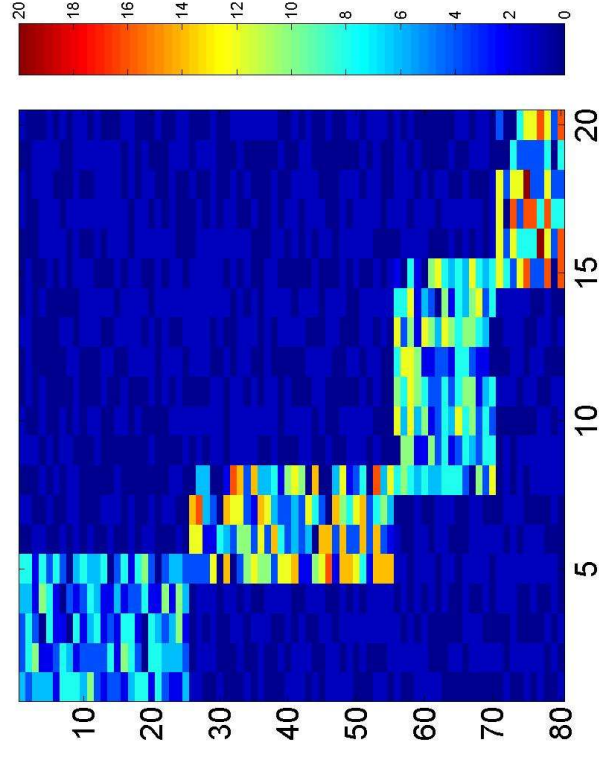


[image from Jeremy Buhler]

« Clustering »



Regroupement en
famille de gènes



Nuées Dynamiques ou K-MEANS

- Fonction de dissemblance f :

$$\forall x \in E, \forall \omega \in \mathcal{P}(E) \Rightarrow f(x, \omega) \in \mathcal{R}^+$$

- Critère à Minimiser Théorique :

$$J(\mathcal{P}) = \sum_{\omega \in \mathcal{P}} \sum_{x \in \omega} f(x, \omega)$$

- Critère à Minimiser Pratique à l'aide d'un noyau Y_ω par classe :

$$J(\mathcal{P}) = \sum_{\omega \in \mathcal{P}} \sum_{x \in \omega} f(x, Y_\omega)$$

Nuées Dynamiques ou K-MEANS

Algorithme :

1. Choisir au hasard K Noyaux $\{Y_1^0, Y_2^0, \dots, Y_K^0\}$
2. $n \leftarrow 0$
3. $n \leftarrow n+1$

4. **Pour chaque** valeur de k (de 1 à K), calculer
$$\omega_k^n \leftarrow \left\{ x \in E \mid \forall j \neq k, f(x, Y_k^{n-1}) \leq f(x, Y_j^{n-1}) \right\}$$

Calcul de Y_k^n à partir de ω_k^n

Fin pour

5. **Si** $\omega_k^n \neq \omega_k^{n+1}$ et $n \leq n_0$, retourner en 3

Sinon arrêter

Fin Si

Classification Automatique

Nuées Dynamiques ou K-MEANS

Exemples :

- $Y_\omega = \text{Centre de Gravité de la classe } \omega = \frac{1}{\text{card}(\omega)} \sum_{x \in \omega} x$

- $f(x, Y) = d(x, Y_\omega)$

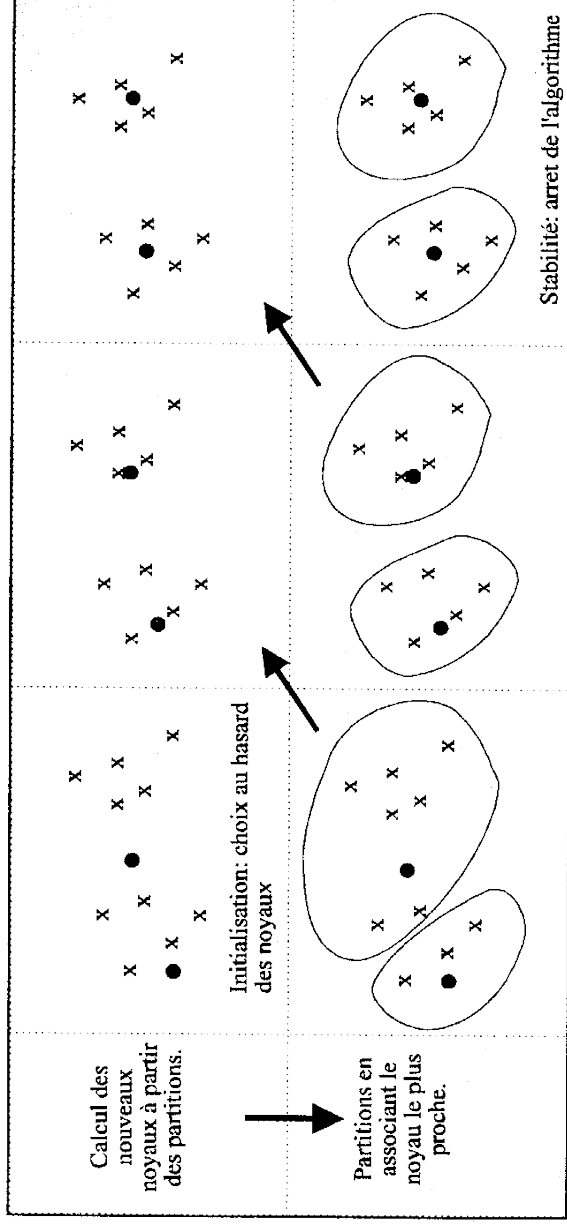


Figure 10.8 : Construction de 2 classes par l'algorithme des nuées dynamiques

Introduction

Codage

Analyse

Apprentissage & Décision

Classification Automatique

Nuées Dynamiques ou K-MEANS

Amélioration :

- Prendre en Compte la forme des Classes en Création :
 - ➔ Distance à l'axe principal d'inertie par exemple
- Gérer le recouvrement des Classes
 - ➔ Attribution floue par exemple

Nuées Dynamiques ou K-Means

Exemple du Fuzzy K-Means :

