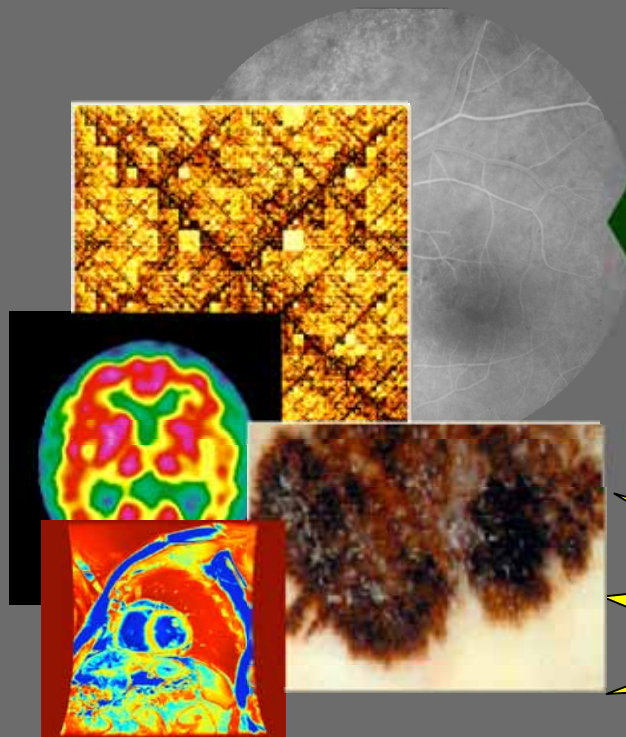


# Reconnaissance des formes : Interpréter des images

Données



Méthodes

Extraction  
de connaissances

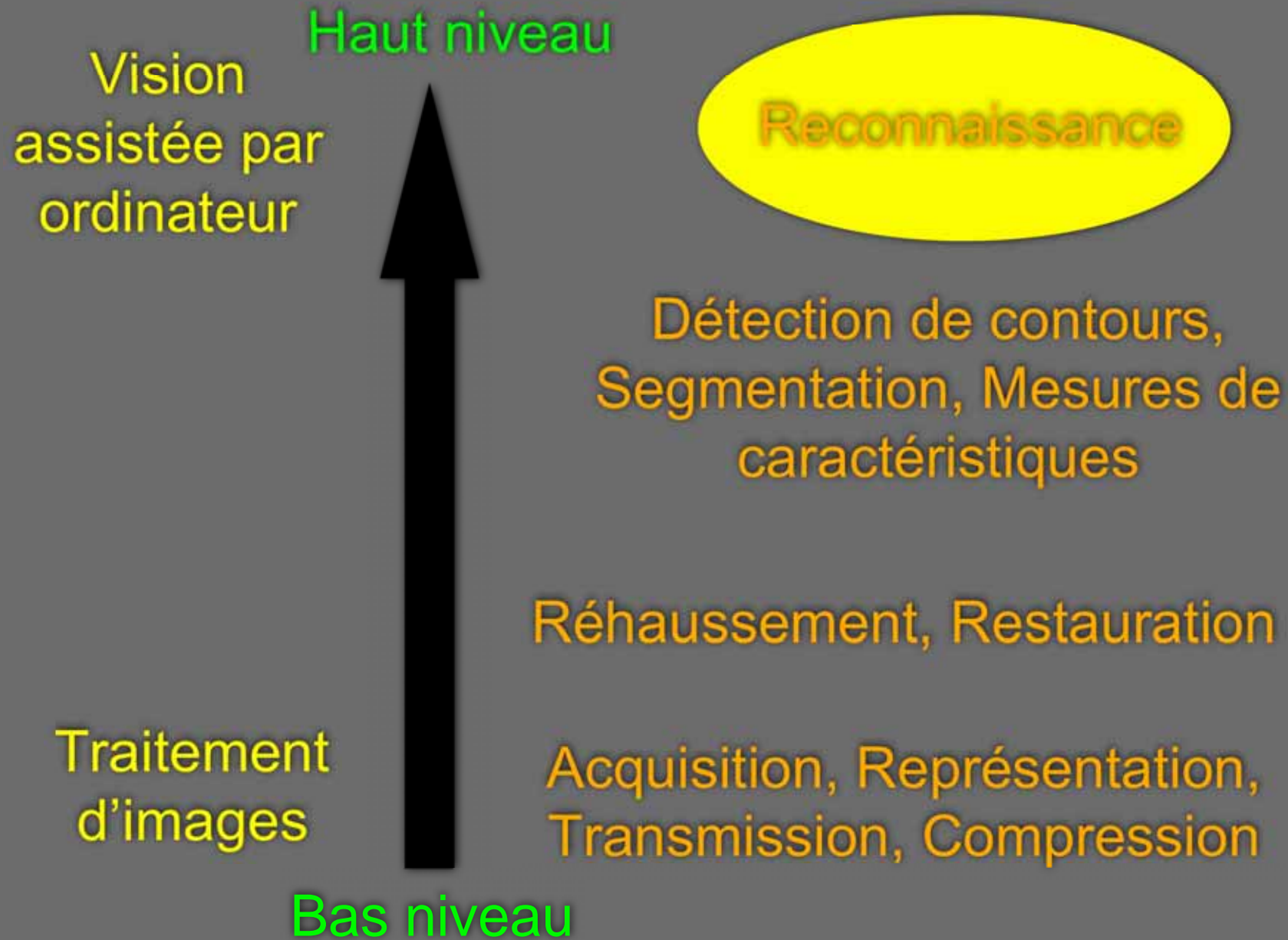
Applications



Expertise

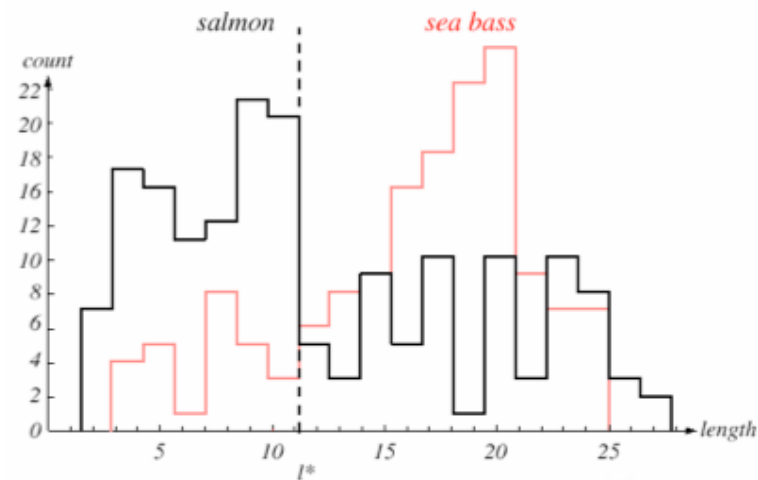
Apprentissage

Bernard FERTIL  
Directeur de Recherche CNRS  
Équipe 4, Unité INSERM U678  
Année 2006



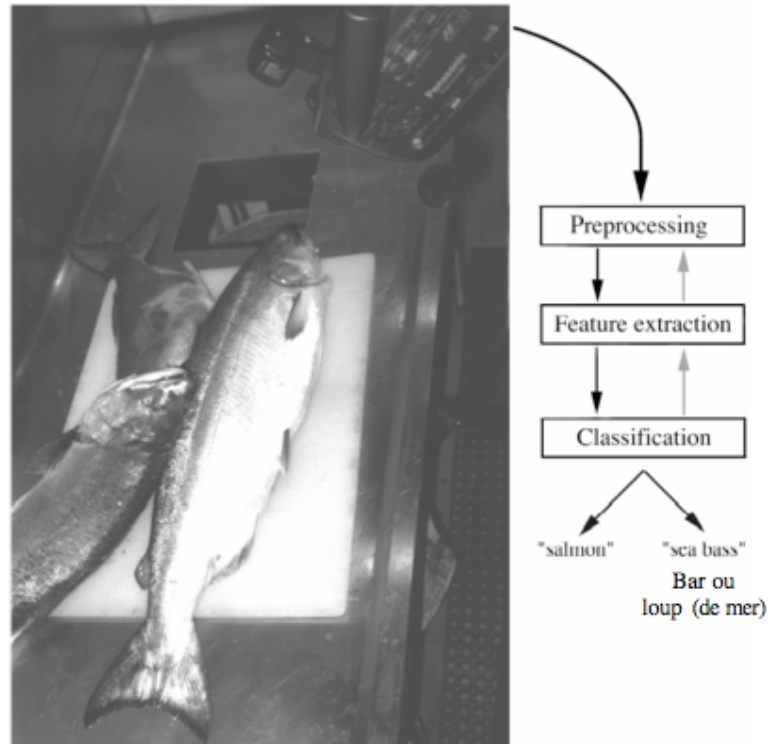
# Introduction RF

- Modèle (hypothèse) : les bars sont généralement plus longs que les saumons
- Caractéristique : longueur
- Ensemble d'entraînement : seuil  $l^*$  à partir de l'histogramme de la longueur des poissons
- $l^*$  plutôt mauvais car chevauchement trop important



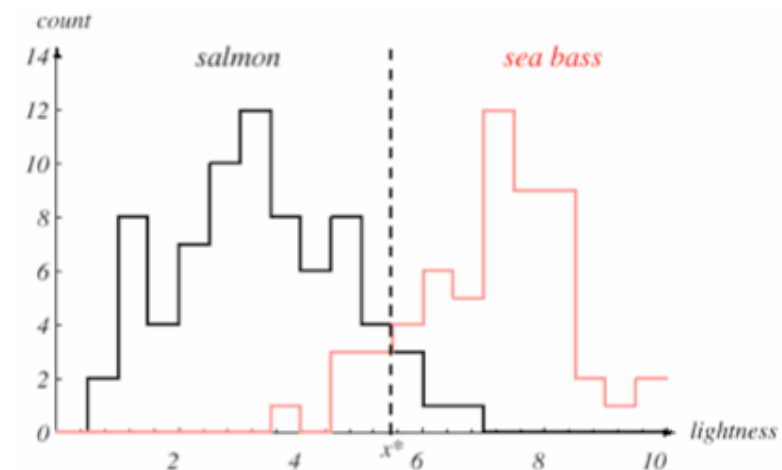
# Introduction RF

- ⇒ **Prétraitement :**
  - Rehaussement et restauration de l'image prise par la caméra
  - Segmentation
- **Extraction de caractéristiques :**
  - Pour réduire la quantité de données (e.g. 1024 x 1024 x 8 bits)
  - Propriétés de l'objet qui serviront à la classification
- **Classification :**
  - Algorithme qui va évaluer les évidences qui lui sont présentées et prendra une décision finale



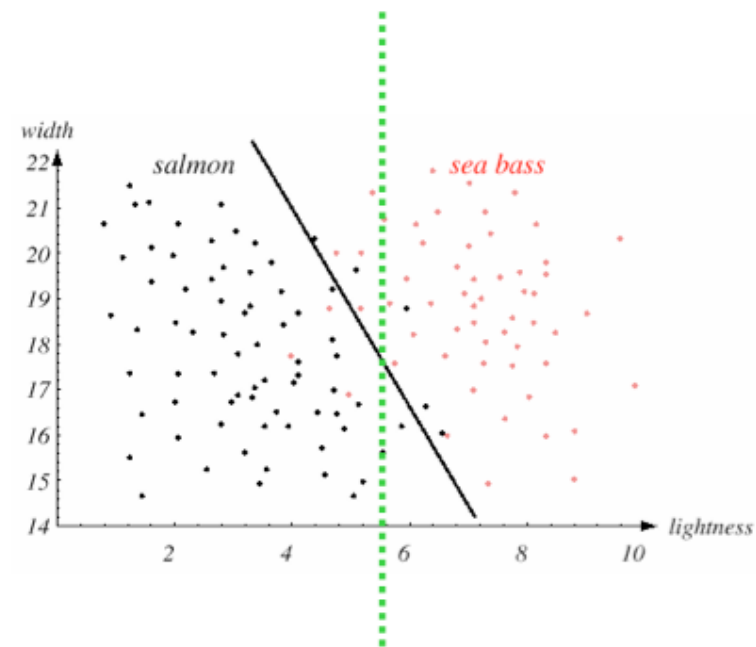
# Introduction RF

- Modèle (hypothèse) : les bars sont généralement plus clairs que les saumons.
- Caractéristique : luminosité (environnement contrôlé)
- Ensemble d'entraînement : seuil  $x^*$  à partir de l'histogramme de la longueur des poissons
- $x^*$  plus satisfaisant qui minimise l'erreur (coût)
- Si les consommateurs acceptent sans trop de problèmes de retrouver dans une boîte de bar un peu de saumon l'inverse n'est pas vrai ! Alors...



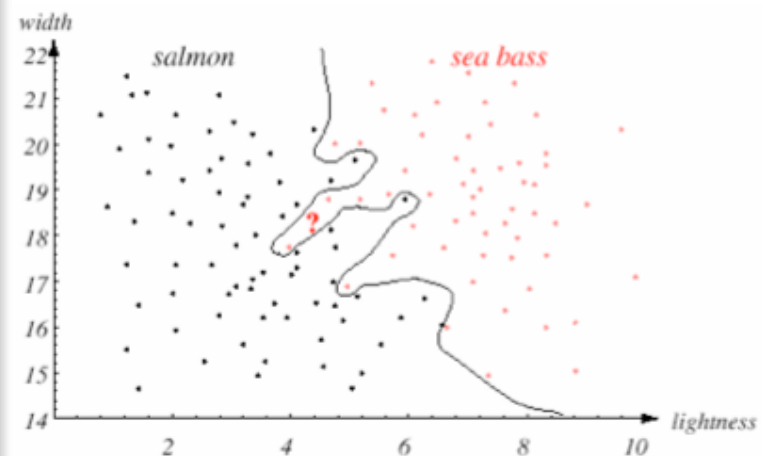
# Introduction RF

- Peut on améliorer les résultats avec plus d'une caractéristique ?
- Le seuil devient une courbe !
- Ex. : La droite qui minimise le coût (erreur)
- Peut-on améliorer en ajoutant d'autres caractéristiques ?  
A l'infini ? (malédiction de la dimensionnalité)



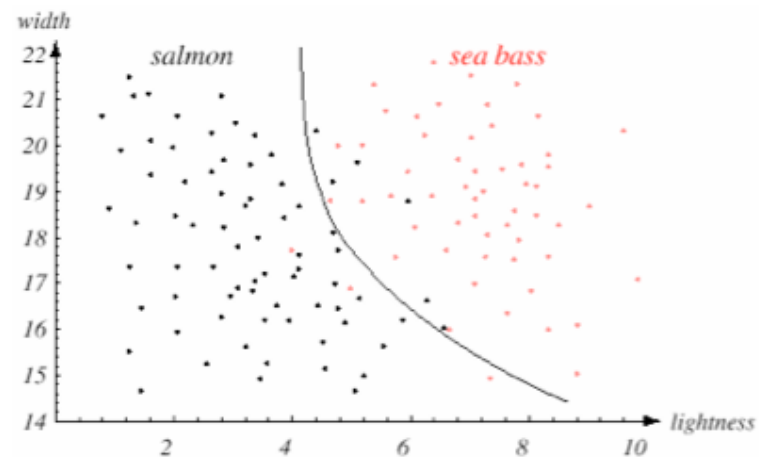
# Introduction RF

- Pourquoi ne pas adopter un modèle (frontière de décision) plus complexe ?
- Erreur = 0 sur l'ensemble d'**entraînement**
- Quelle sera l'erreur pour de nouveaux **tests** (poissons) ?
- Généralisation



# Introduction RF

- Le modèle préférable est peut-être un compromis entre les deux précédents ?
- Même s'il n'est pas le meilleur pour l'ensemble d'entraînement ?
- Comment prédire lequel se comportera le mieux en situation réelle ?

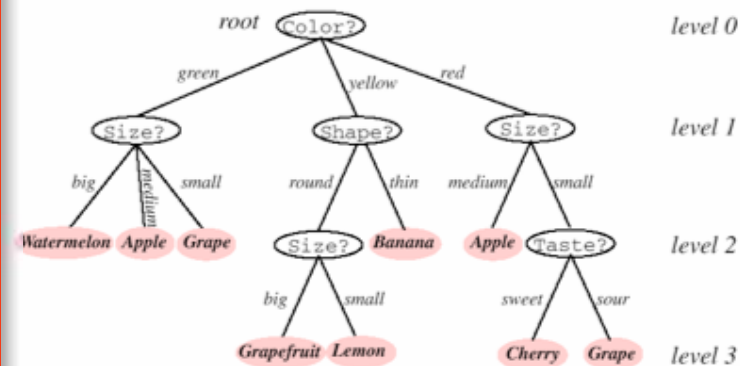




# Introduction RF

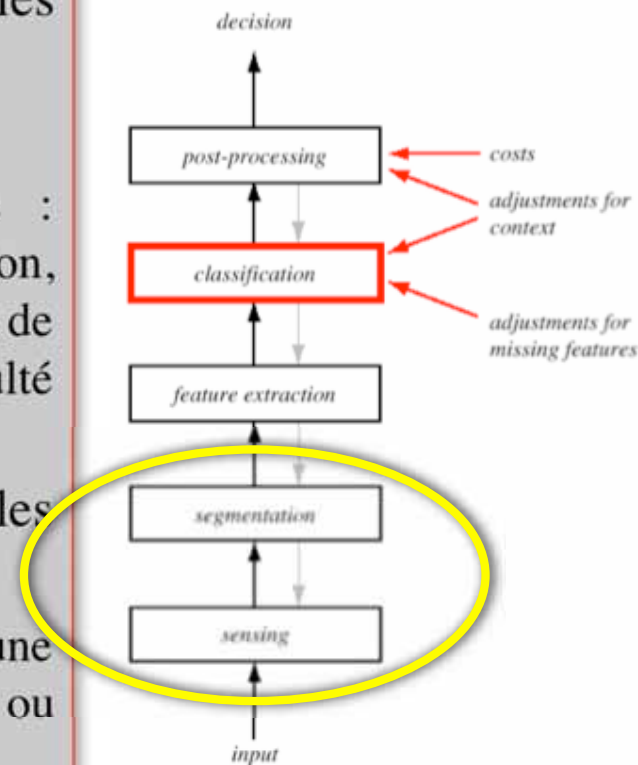
- La réponse à ces questions est fournie par la **RF statistique** qui est basée sur la théorie des statistiques
- Les **réseaux de neurones** sont intimement liés à la RF statistique et peuvent être considérés comme descendants
- La **RF syntaxique** est différente et basée sur des règles (ou une grammaire) explicites.

Arbre de décision



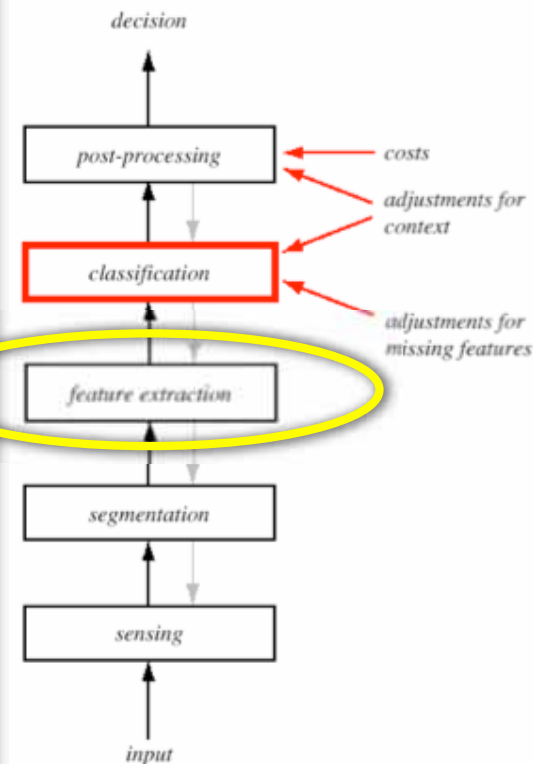
# Les différents modules d'un système de RF

- Le transducteur permet d'acquérir les données brutes.
  - Caméra, microphone, capteur
  - Ses caractéristiques et limitations : largeur de bande, S/B, distorsion, résolution, sensibilité, latence (temps de réponse)...vont influencer la difficulté de la RF
- La segmentation permet d'isoler les objets à connaître
  - Par ex. les poissons présents dans une image et ce même s'ils se touchent ou se recouvrent partiellement.



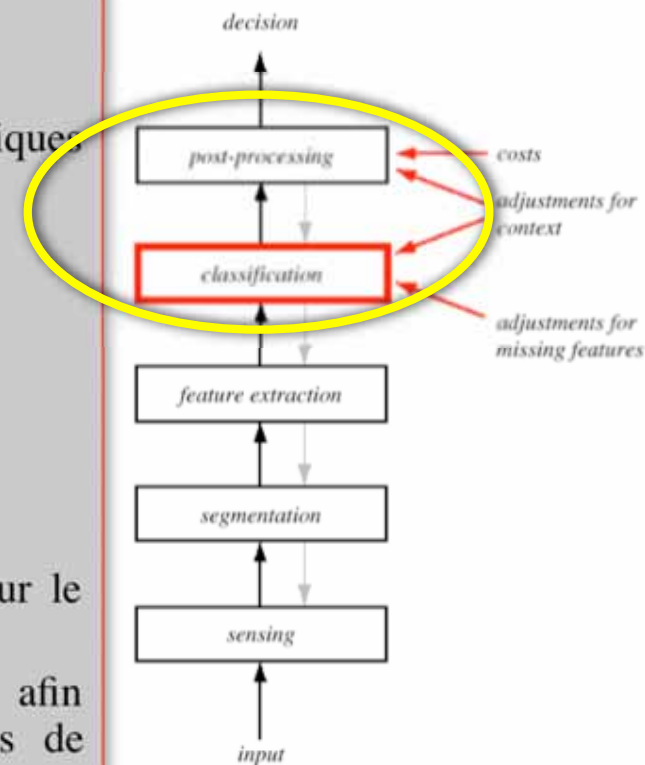
# Les différents modules d'un système de RF

- La phase d'extraction des caractéristiques consiste à calculer un ensemble de mesures permettant de représenter chaque classe de façon aussi unique que possible
  - Par ex. longueurs, largeurs, luminosité, couleur, texture, paramètres morphologiques (angle des nageoires, distance entre les yeux)
  - L'invariance des mesures en fonction de la translation, de la rotation et du changement d'échelle est souvent souhaitable puisque ces transformations ne sont pas pertinentes à la RF



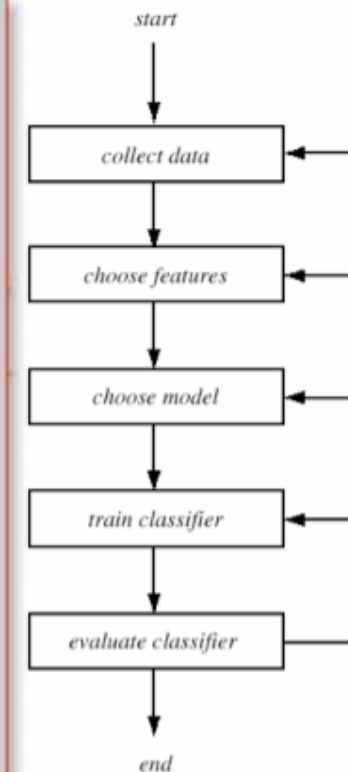
# Les différents modules d'un système de RF

- La classification permet d'associer une classe à chaque objet traité
  - Saumons vs. Bars
  - Ajustement lorsque certaines caractéristiques ne sont pas disponibles
  - Ajustement en fonction du contexte
    - Un objet sur une route (automobile)
    - Un objet sur un lac (bateau)
- Enfin le post-traitement
  - Minimiser le taux d'erreur
  - Minimiser le risque (coût)
    - Prendre en compte la préférence pour le saumon
  - Utilisation de plusieurs classificateurs afin d'obtenir un **surper-classificateur** (points de vue différents)



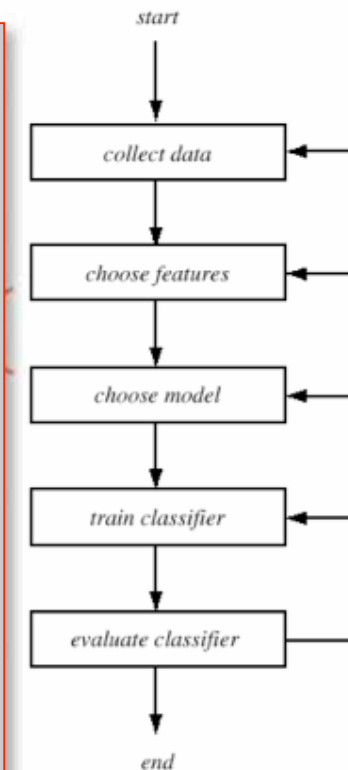
# Les étapes à suivre pour la construction d'un système de RF

- Acquérir les données
  - Souvent une part importante de la réalisation du système
  - effectif ?
  - Spécificité de l'Imagerie médicale (éthique)
- Choix des caractéristiques
  - Connaissances *à priori*
    - Par ex. luminosité ou longueur des poissons
  - Simples à extraire (**segmentation**)
  - Invariantes
  - Robustes au bruit
  - Caractérisent bien chacune des classes (variance intra classe faible) tout en les séparant bien (variance interclasse élevée)



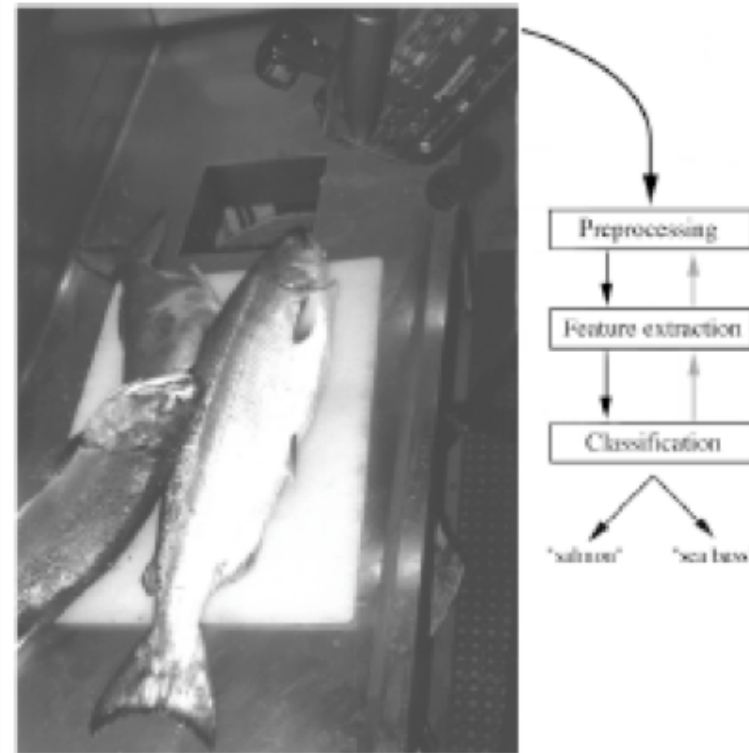
# Les étapes à suivre pour la construction d'un système de RF

- Choix de l'algorithme de classification
  - Simplicité, performance
    - Tester toute les solutions pour la segmentation d'une image binaire 20 x 20 est simple mais :  $2^{20 \times 20} = 2^{120}$  tests !
- Entraînement du classificateur
  - Apprentissage par exemple a fait ses preuves depuis 30 ans
  - Non nécessaire lorsque **non supervisé**
- Évaluation des performances
  - Une, deux ou plusieurs caractéristiques ?
  - Généralisation adéquate ou « overfitting »



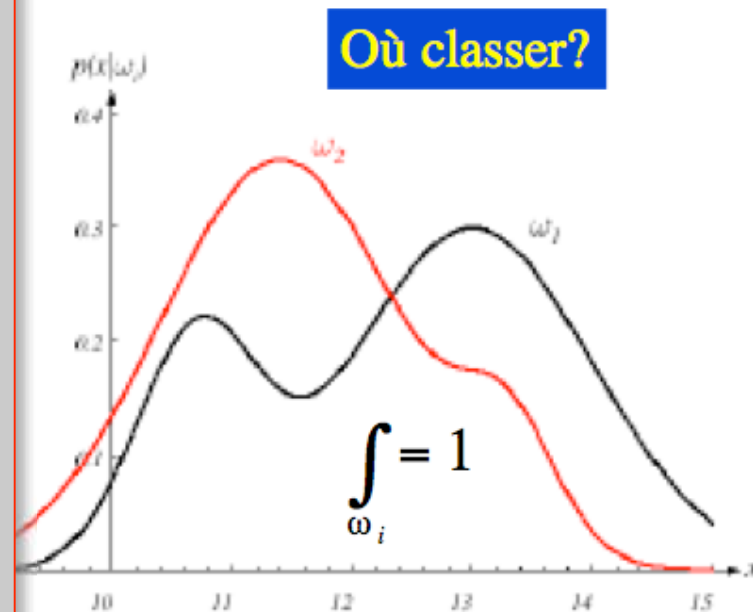
# RF: Méthode simpliste #1

- 2 classes
  - saumons :  $\omega_1$
  - Bars :  $\omega_2$
- Aucune mesure
  - Aucun prétraitement
  - Aucune extraction de caractéristiques
- Classification
  - Basée sur les **probabilités à priori**  $P(\omega_1)$
  - Choisir  $\omega_1$  si  $P(\omega_1) > P(\omega_2)$  sinon  $\omega_2$
- Erreur
  - $\text{Min}[P(\omega_1), P(\omega_2)]$



## RF: méthode simpliste #2

- 2 classes
  - saumons :  $\omega_1$
  - Bars :  $\omega_2$
- Extraction de caractéristiques :
  - Une mesure  $x$  est faite
- Classification
  - Basée sur la **vraisemblance** ou densité de probabilité de  $x$  pour chacune des classes
  - Choisir  $\omega_1$  si  $p(x|\omega_1) > p(x|\omega_2)$  sinon  $\omega_2$
- Erreur
  - Qu'arrive-t-il si les saumons ne comptent que pour 1 poisson sur 10 dans les prises ?





## RF: Bayes

- Un classificateur Bayésien tient compte des deux facteurs précédents pour calculer la Probabilité *a posteriori*
- La probabilité jointe qu'une observation provienne d'une classe  $\omega_i$  avec comme caractéristique la valeur  $x$  est donnée par :

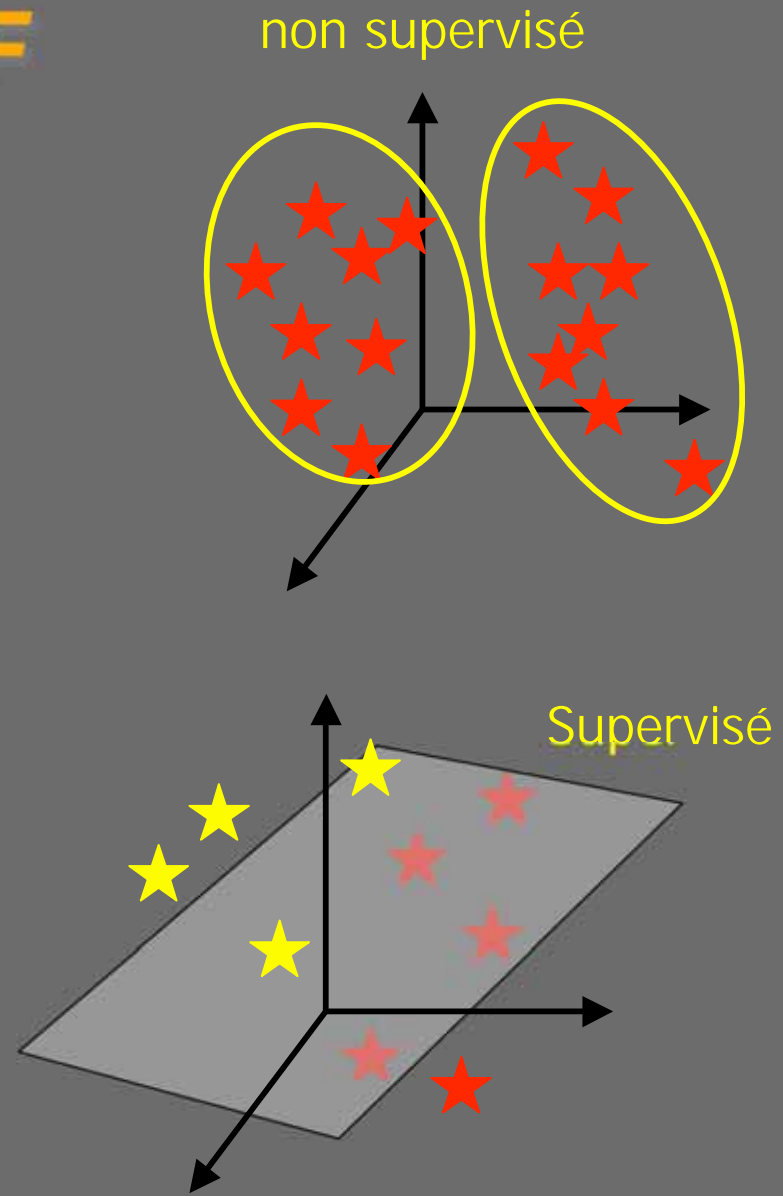
$$p(\omega_i, x) = P(\omega_i) p(x | \omega_i) = p(x) P(\omega_i | x)$$

- D'où le théorème de Bayes :

$$P(\omega_i | x) = \frac{P(\omega_i) p(x | \omega_i)}{p(x)}$$

# Méthodes en RF

- Visualisation
- Classification
- Classement
- Evaluation



# Genomic signature : set of word frequencies

CG

ATC

CAGC

GATCGC

2-letter word

3-letter

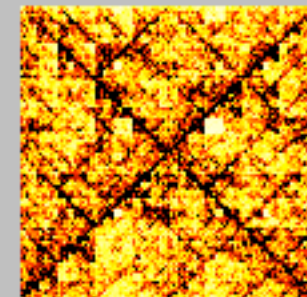
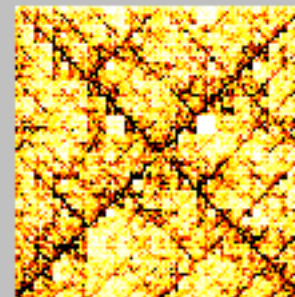
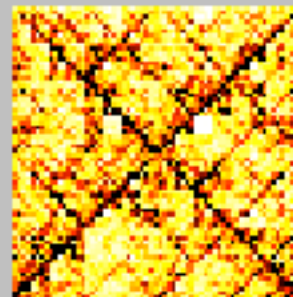
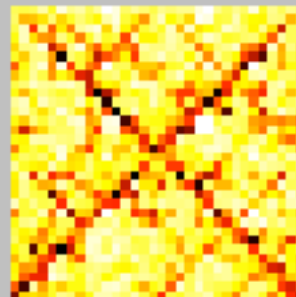
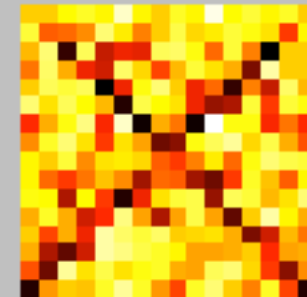
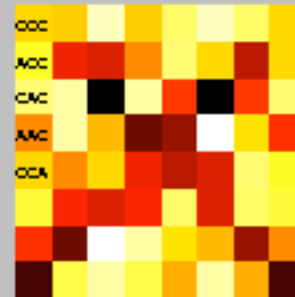
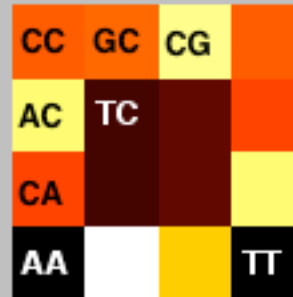
4-letter

6-letter word

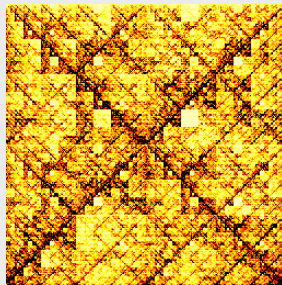


High frequencies

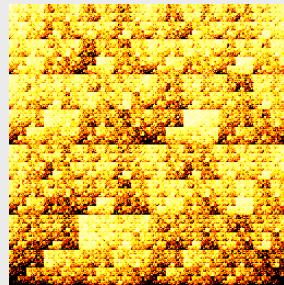
Low frequencies



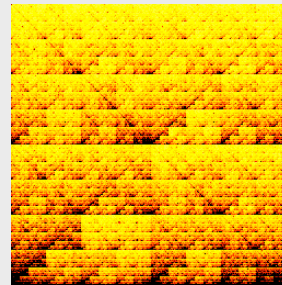
# Diversity of genomic signatures



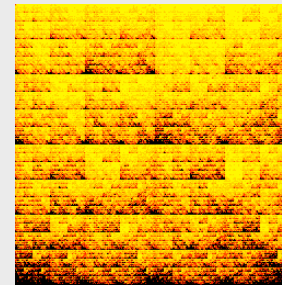
*A fulgidus*



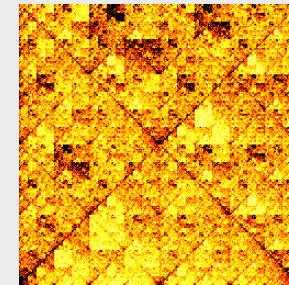
*B subtilis*



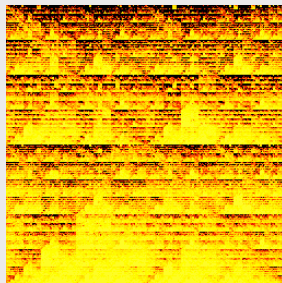
*C elegans*



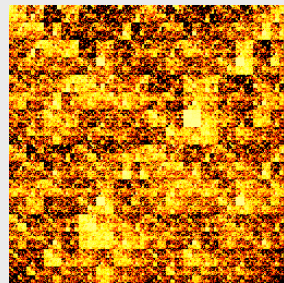
*C jejeuni*



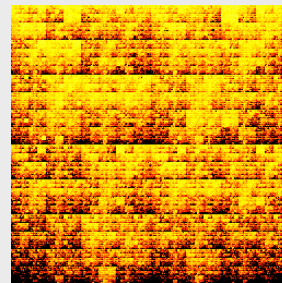
*T pallidum*



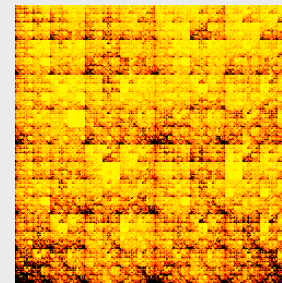
*D radiodurans*



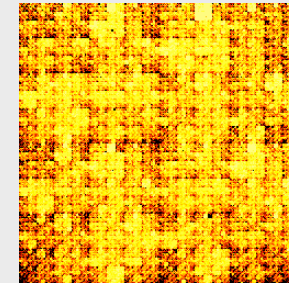
*E coli*



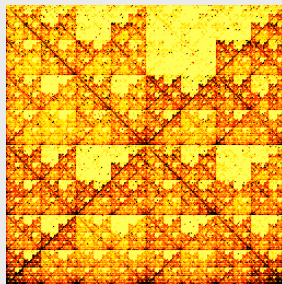
*H influenzae*



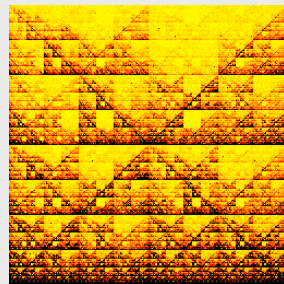
*H pylori*



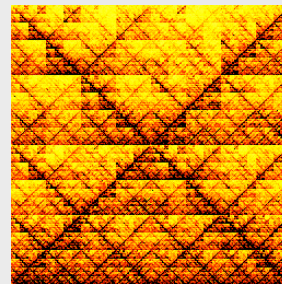
*Synechocystis sp*



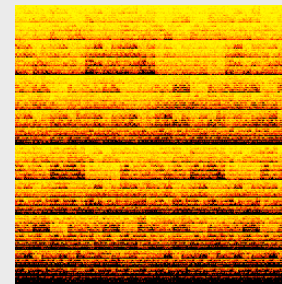
*H sapiens*



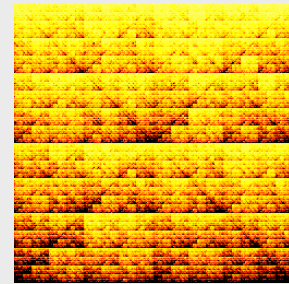
*M jannaschii*



*P horikoshi*



*R prowazekii*



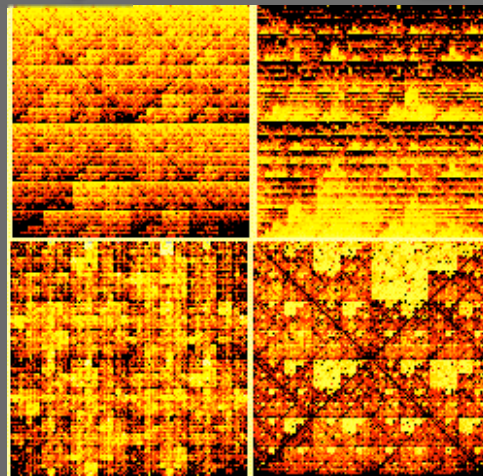
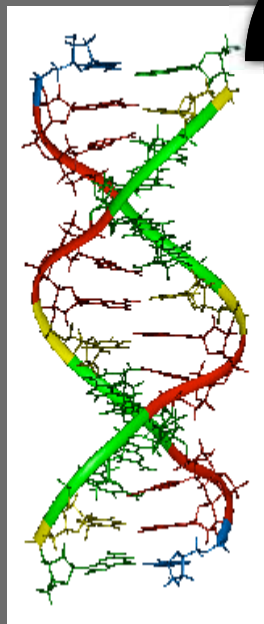
*S cerevisiae*

# Méthodes en RF

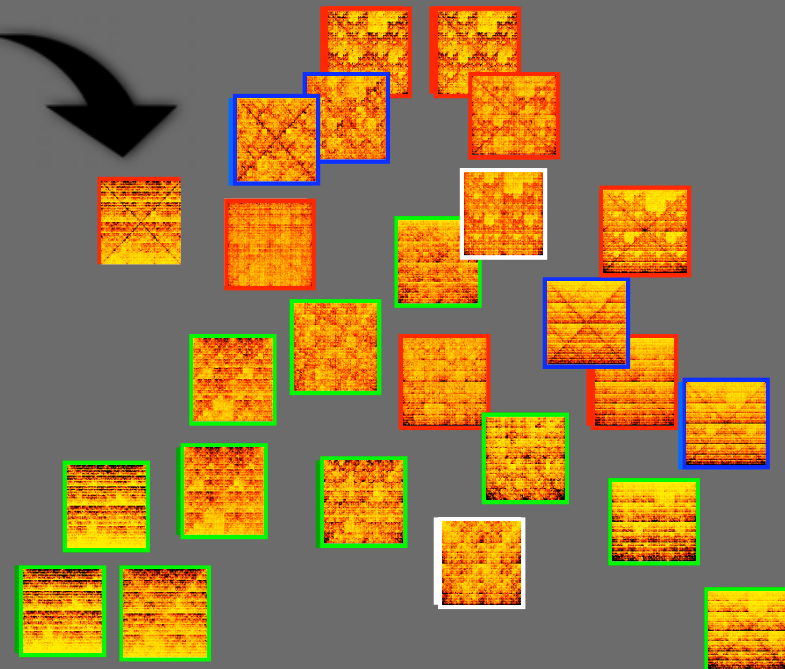
Visualisation - classification - classement / régression

Extraction de caractéristiques

projection

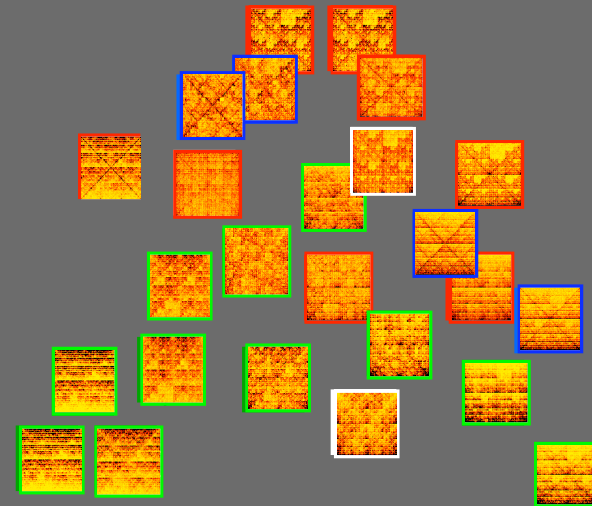


DIM = 16384



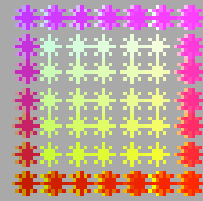
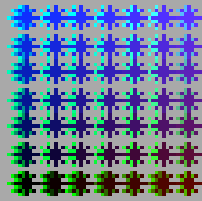
# Méthodes en RF

- Visualisation
- Classification
- Classement
- Evaluation

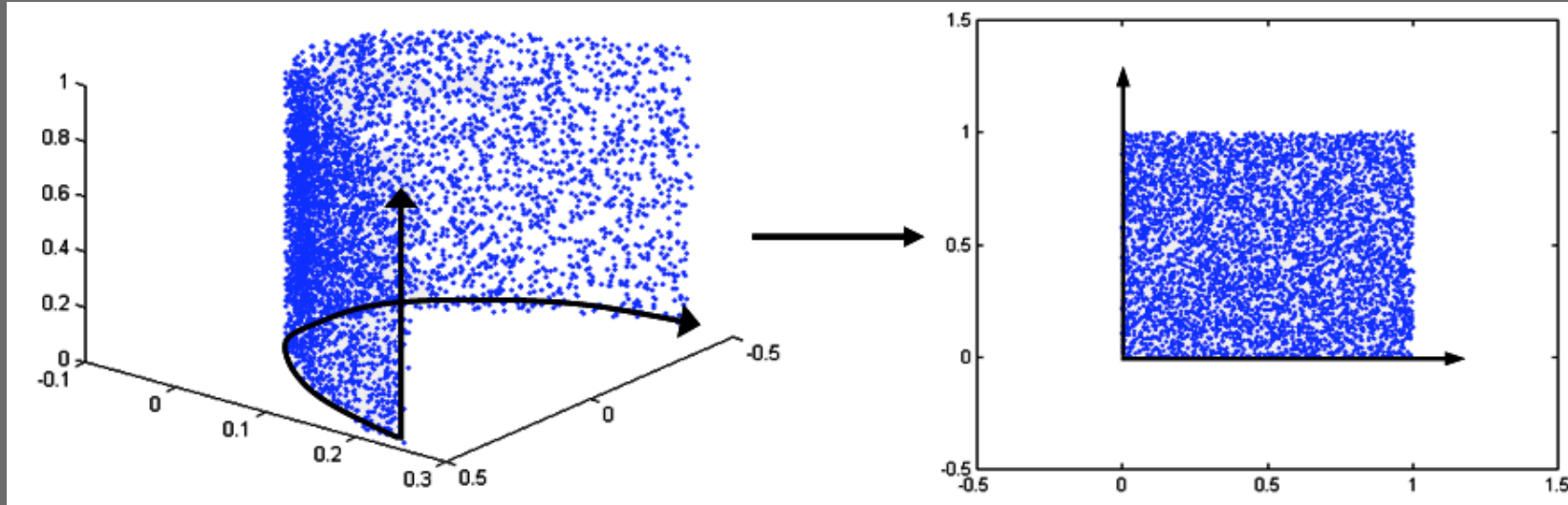


- ✓ Analyse en Composantes Principales
- ✓ Multi-Dimensional Scaling
- ✓ Cartes de Kohonen
- ✓ Régression PLS
- ✓ ...

*Problème : Visualiser dans un plan 2 cubes avec une face ouverte*



# Projections (mapping)



Distances dans l'espace d'origine  
distances dans l'espace de projection

$$E = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (X_{ij} - Y_{ij})^2 / X_{ij}$$

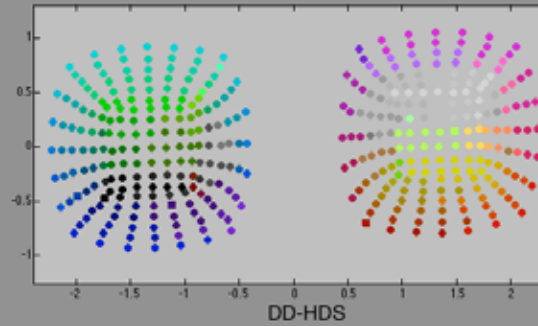
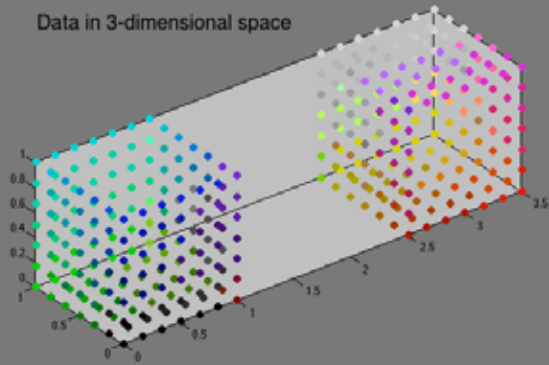
[Sammon 1969]

Pour réduire  
l'importance des  
grandes distances

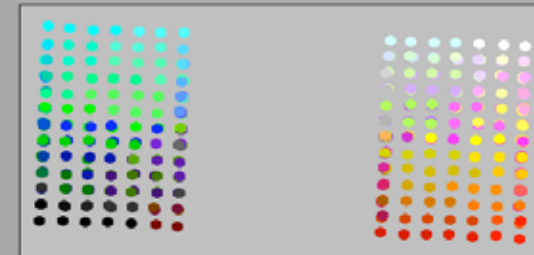


# Example of mapping: 2 cubes with one open side

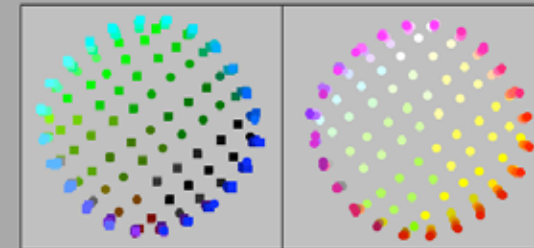
Data in 3-dimensional space



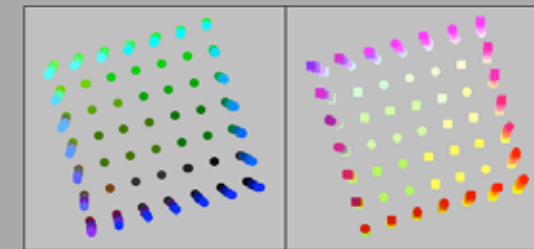
ACP



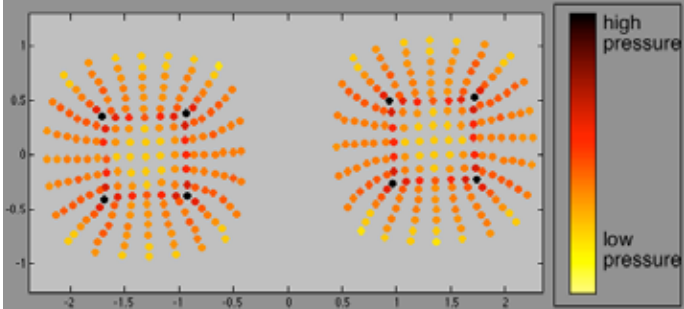
ISOMAP



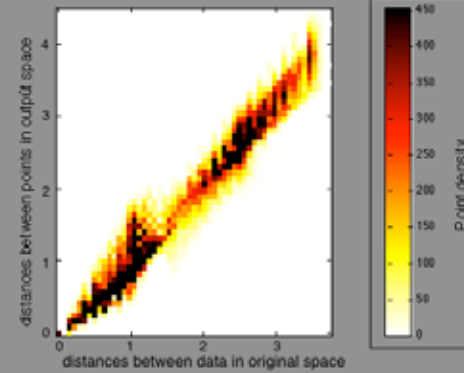
LLE



local mapping efficiency



global mapping efficiency (dx-dy plot)



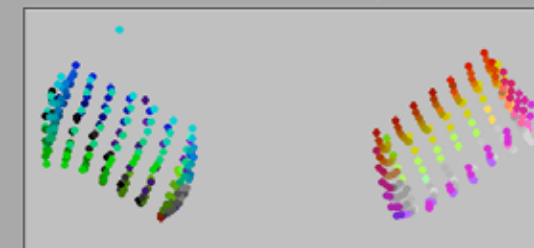
SOM



ACC



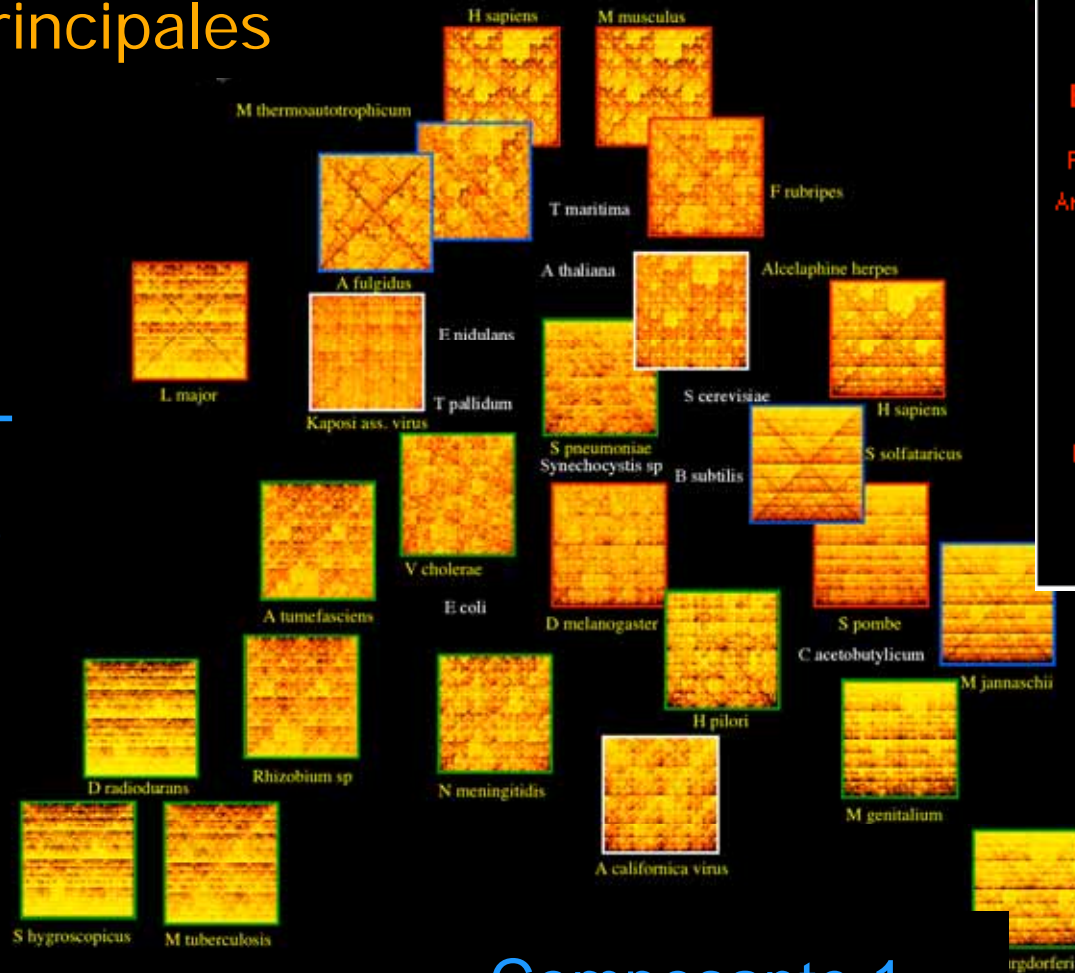
Sammon's mapping



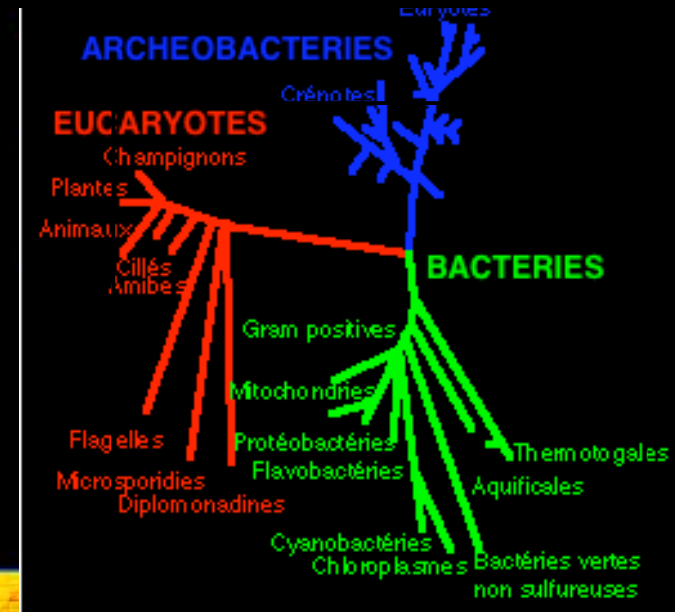
# Visualisation des proximités entre signatures génomiques

Analyse en Composantes principales

Composante 2

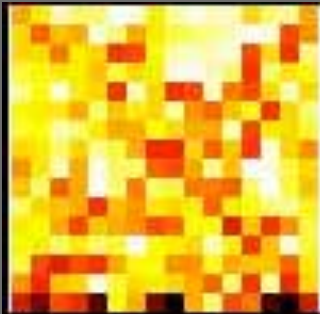


Composante 1

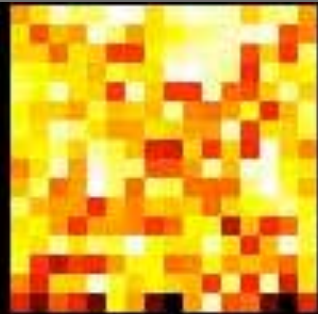


VIRUSES

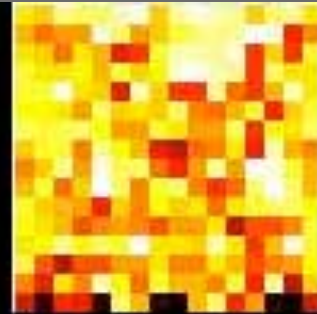
# Taxonomy and genomic signatures



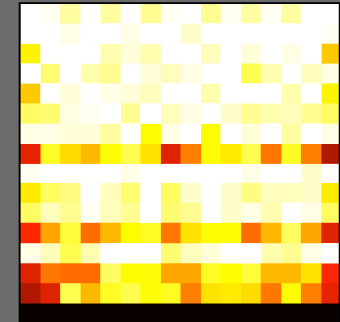
Ours à collier



Ours lippu



Ours à lunettes



Bombyx mori



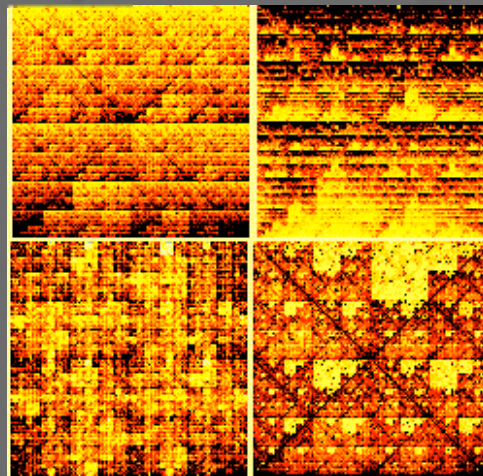
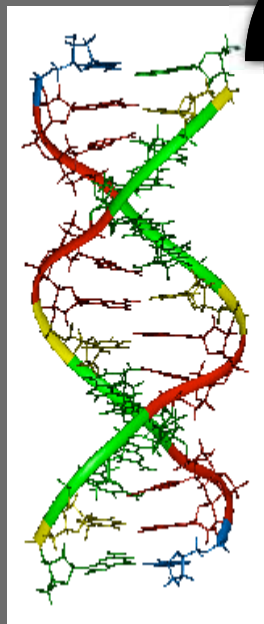
Taxonomically close species show similar signatures

# Méthodes en RF

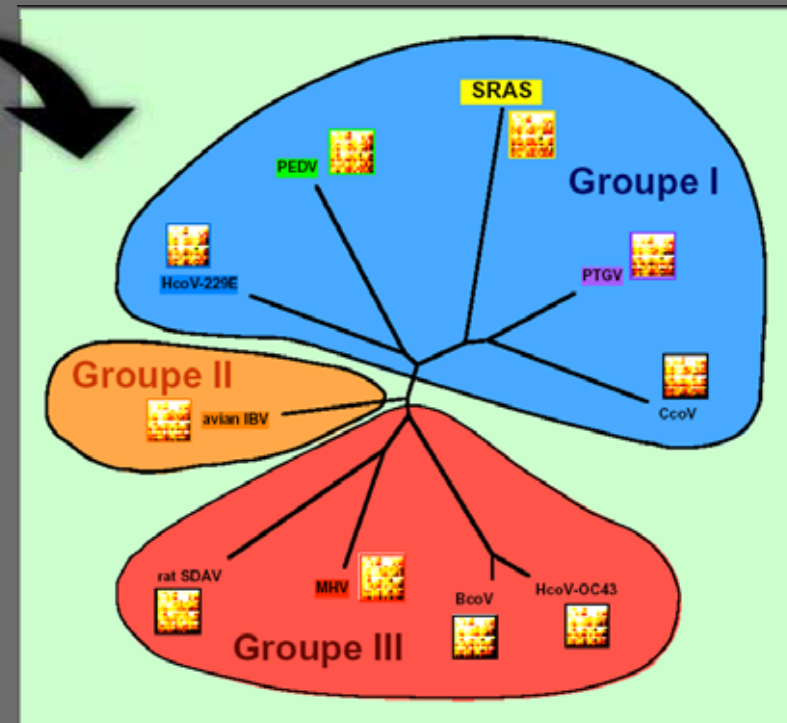
Visualisation - **classification** - classement / régression

Extraction de caractéristiques

clustering



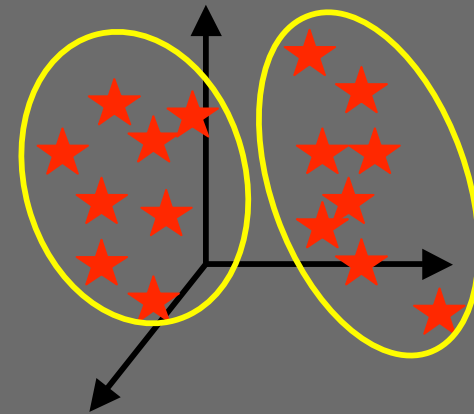
DIM = 16384



# Méthodes en RF

- Visualisation
- Classification
- Classement
- Evaluation

non supervisé

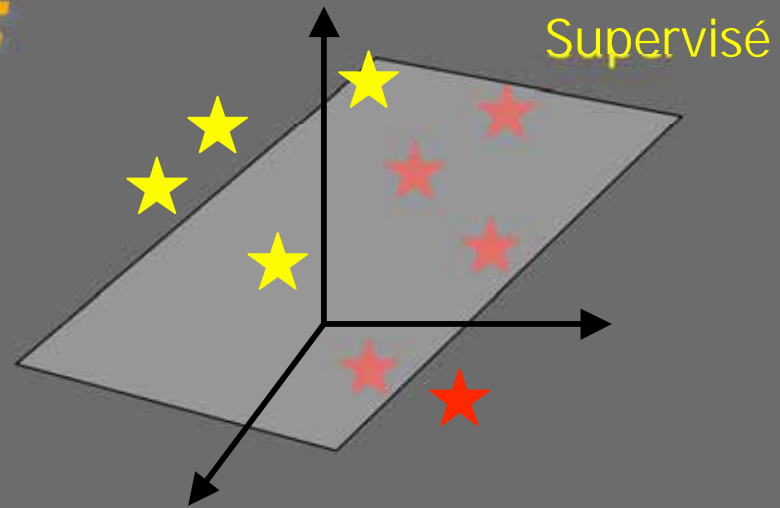


- ✓ K-means
- ✓ Nuées dynamiques
- ✓ Classification ascendante  
hierarchical
- ✓ Cartes de kohonen
- ✓ ...



# Méthodes en RF

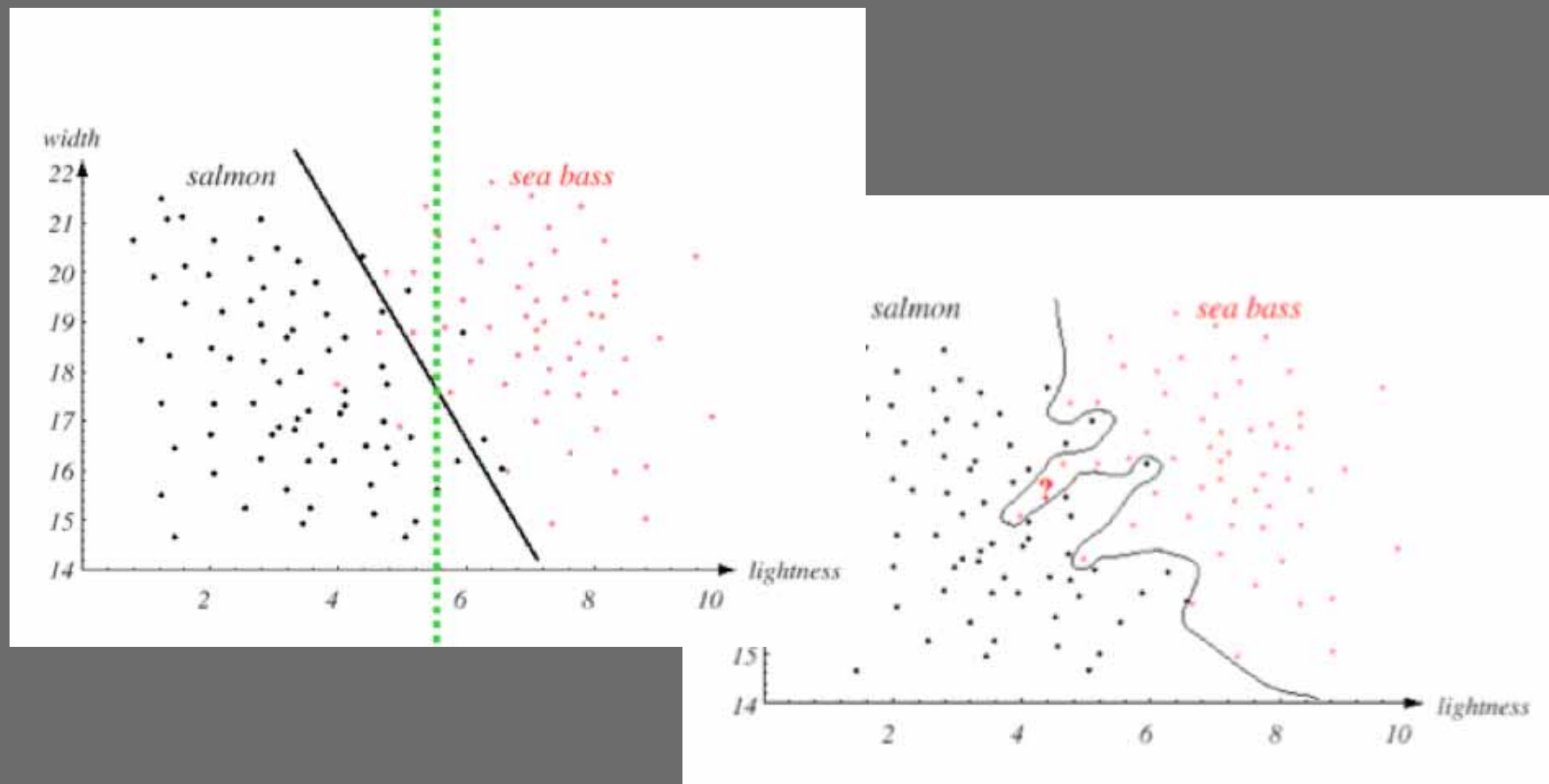
- Visualisation
- Classification
- **Classement**
- Evaluation



- ✓ Arbres de décision
- ✓ Régression logistique
- ✓ Réseaux de neurones
- ✓ K plus proches voisins
- ✓ ...

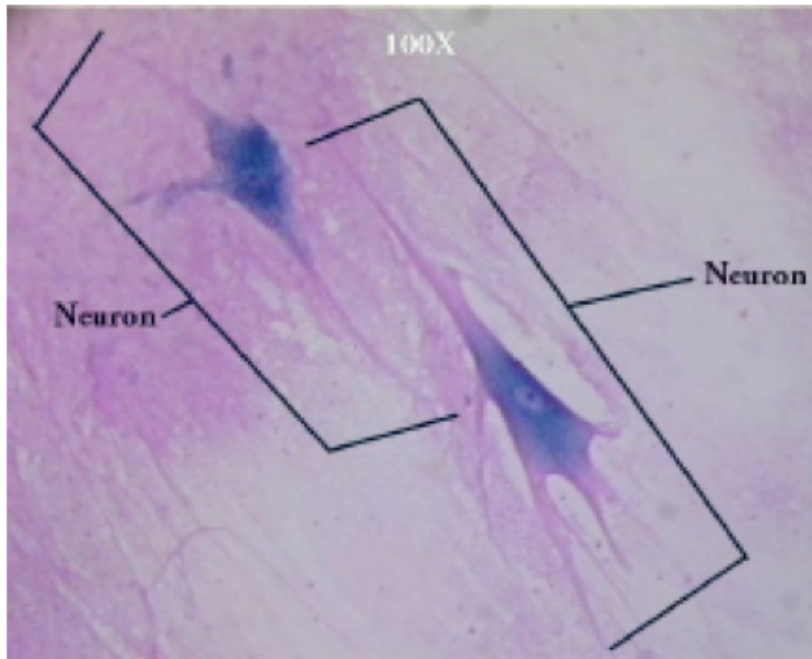
# Méthodes en RF

Visualisation - classification - classement / régression

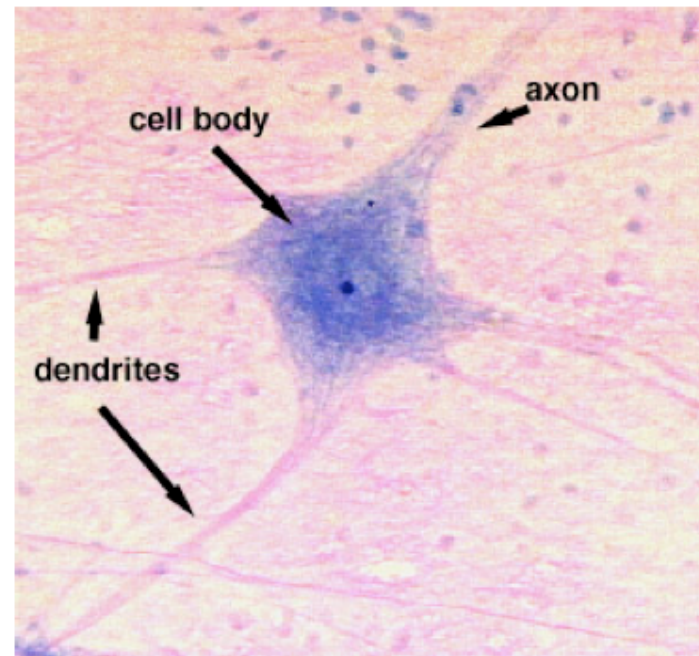




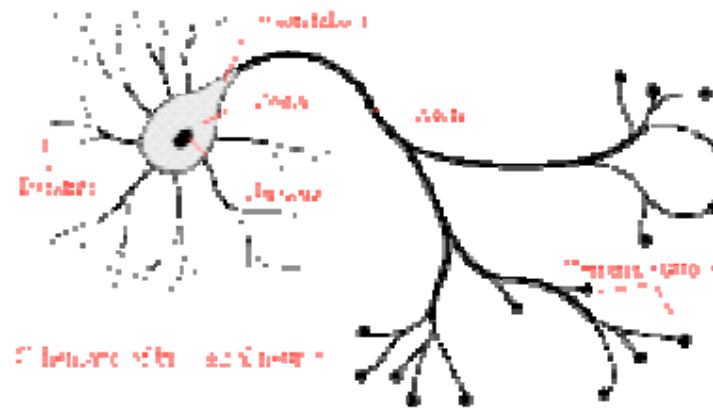
# Neurone biologique



Copyright © 1999-2000, The Ohio State University at Lima

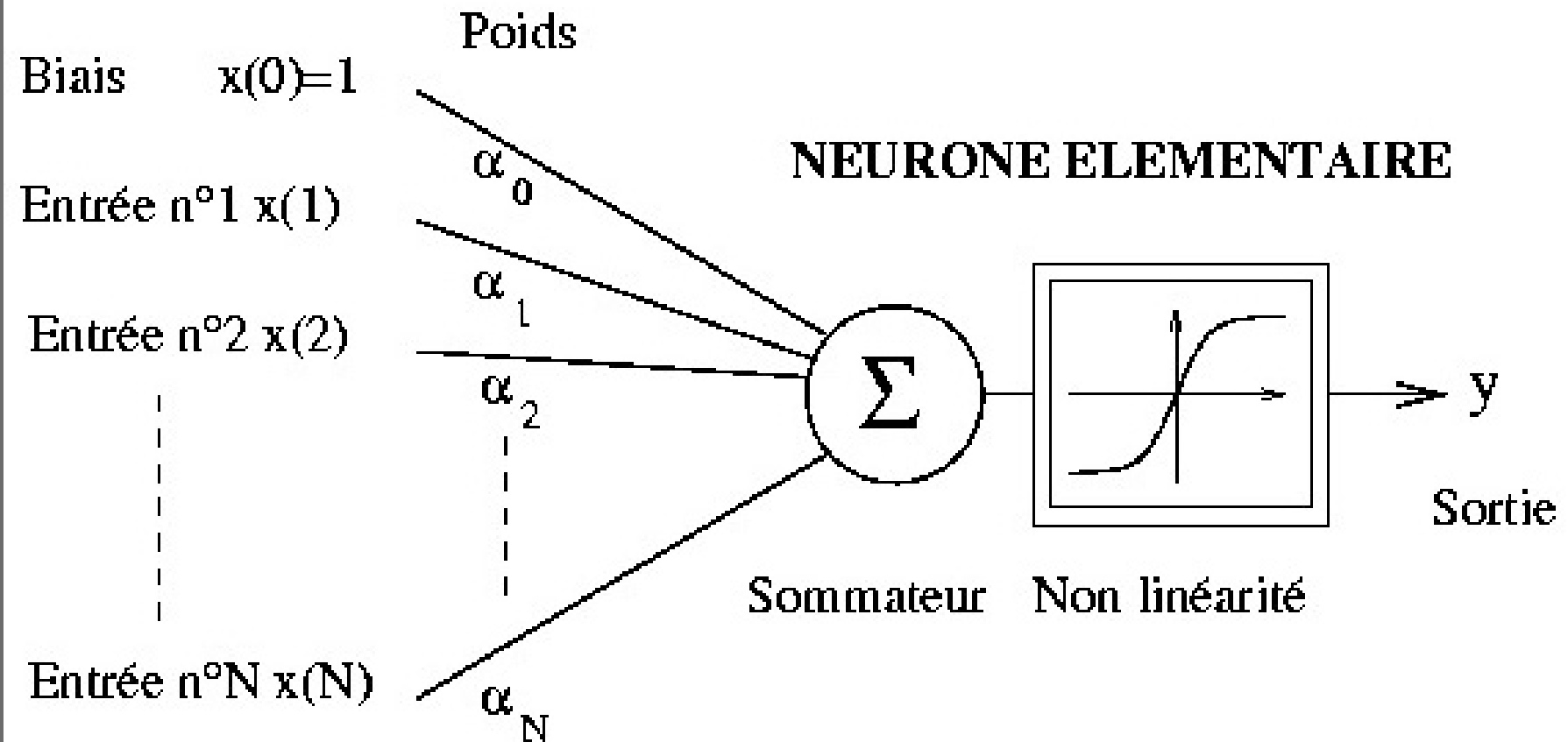


[faculty.uca.edu/~benw/biol1400/pictures/neuron.jpg](http://faculty.uca.edu/~benw/biol1400/pictures/neuron.jpg)

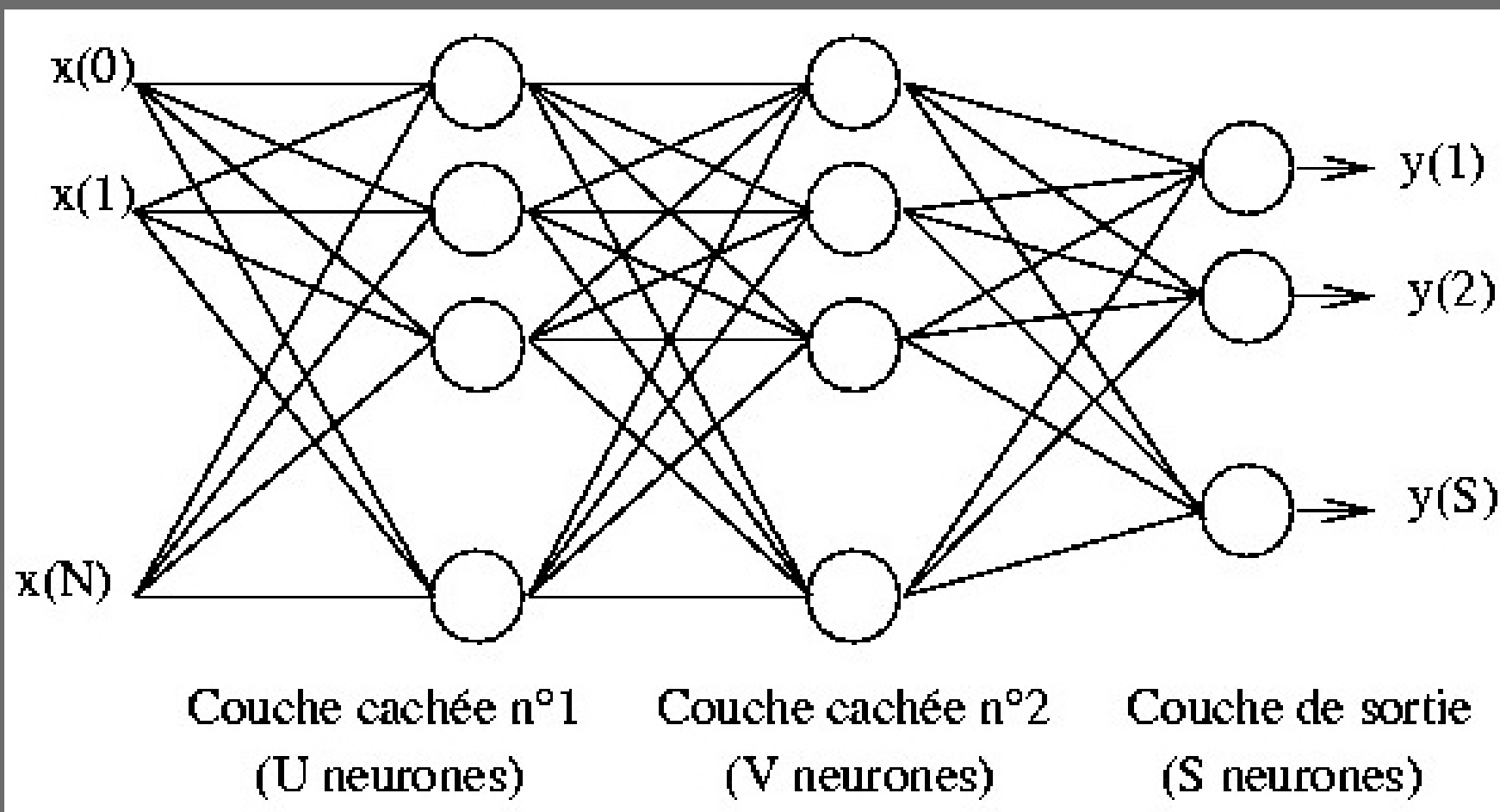


<http://vv.carleton.ca/~neil/neural/neuron-a.html>

# Neurone formel



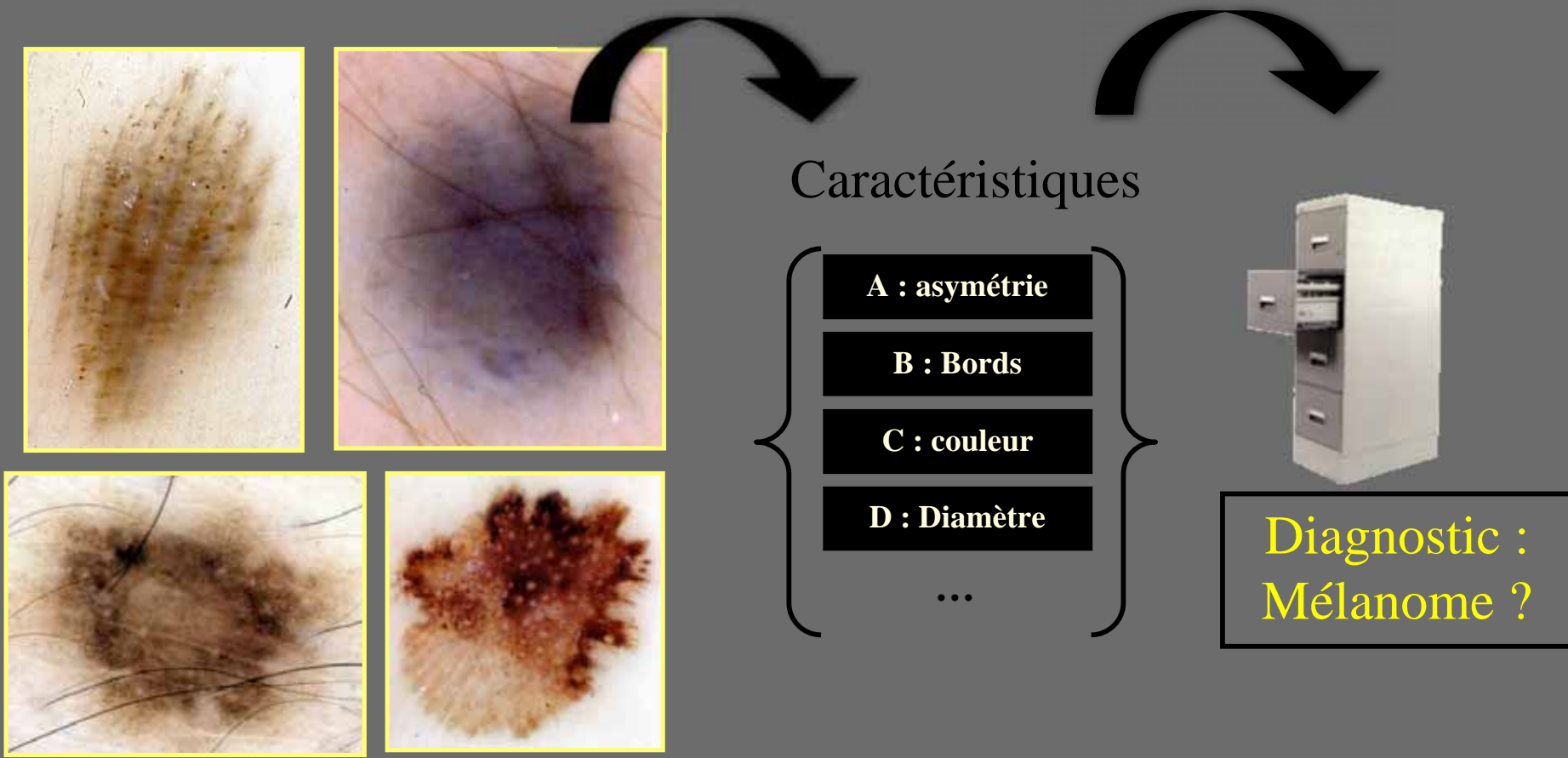
## Réseau de Neurones (perceptron multicouches)





# Méthodes en RF

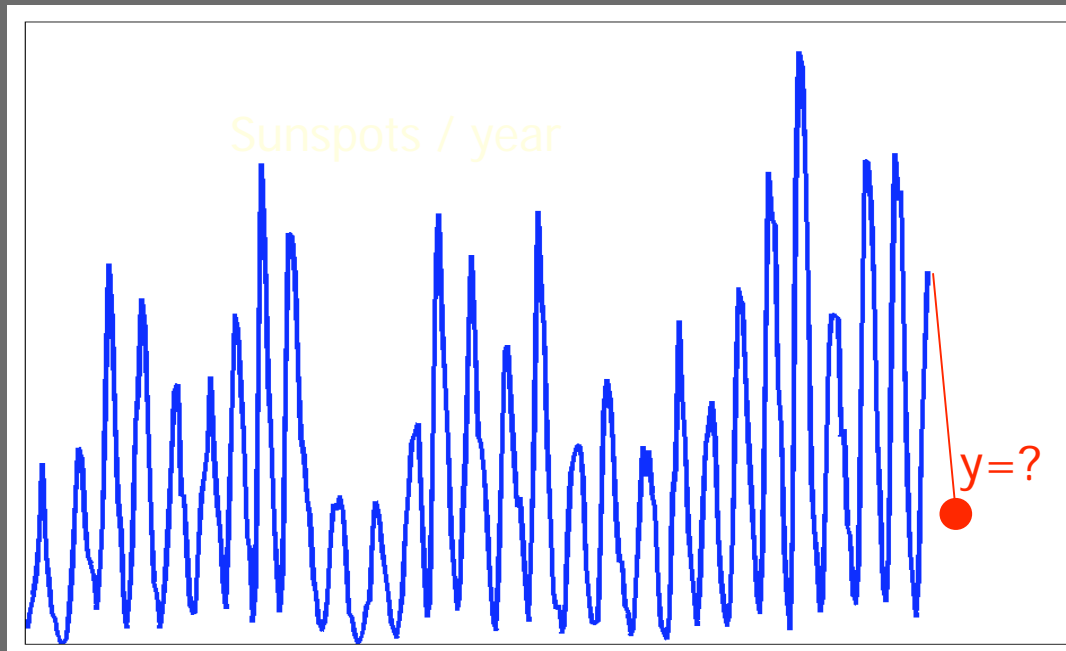
Visualisation - classification - **classement** / régression



DIM = 1,000,000

# Méthodes en RF

Visualisation - classification - classement / régression



## Prédiction

$$y = f(x_{t-DIM+1}, \mathbb{K} x_{t-1}, x_t)$$

$$x_{t-DIM+1}, \mathbb{K} x_{t-1}, x_t$$

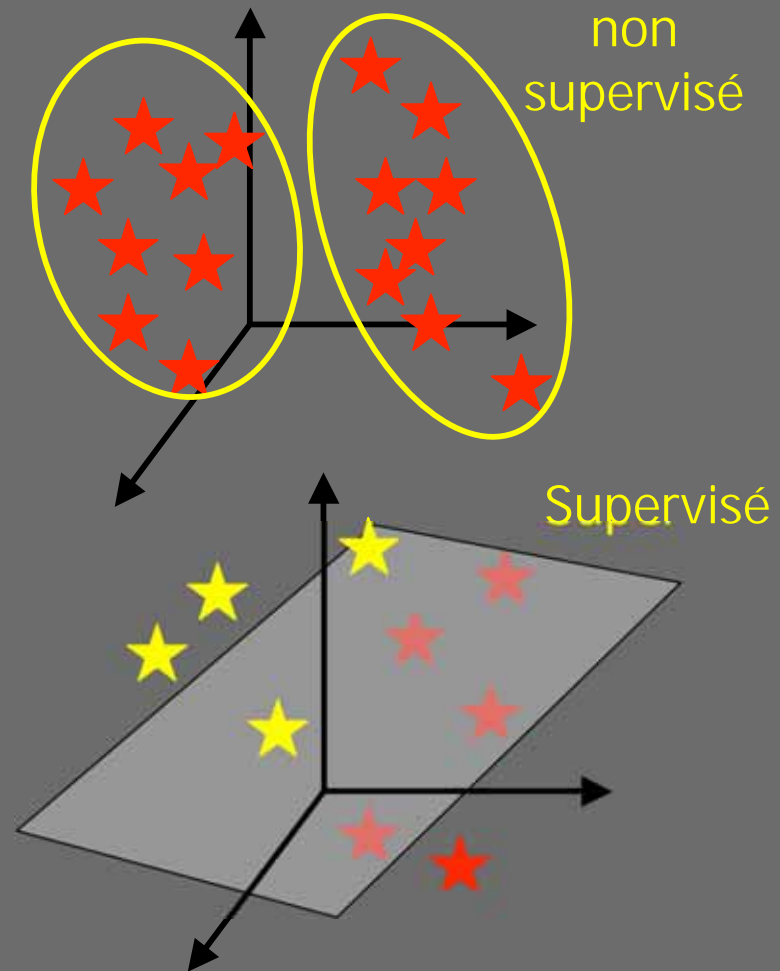
données: - passé  $x(t-i)$   
- variables externes



# Méthodes en RF

Je n'ai pas parlé :

- » de métrique
- » d'apprentissage
- » de validation
- » de grande dimension
- » de modèles implicites (point de vue)
- » . . . de données manquantes, de données atypiques...





# LIRE (Robustesse)

## L'ordre et le corps des lettres...

Selon une étude de l'Université de Cambridge  
l'ordre des lettres dans un mot n'a pas  
d'importance. La seule chose importante est que  
la première et la dernière soient à la bonne  
place. Le reste peut être dans un désordre total et  
vous pouvez toujours lire sans problème. C'est  
grâce que le cerveau humain ne lit pas chaque  
lettre elle-même, mais le mot comme un tout.

# **COMPTER** *(Focalisation)*

+++++

FINISHED FILES ARE THE RE-  
SULT OF YEARS OF SCIENTIF-  
IC STUDY COMBINED WITH THE  
EXPERIENCE OF YEARS

+++++

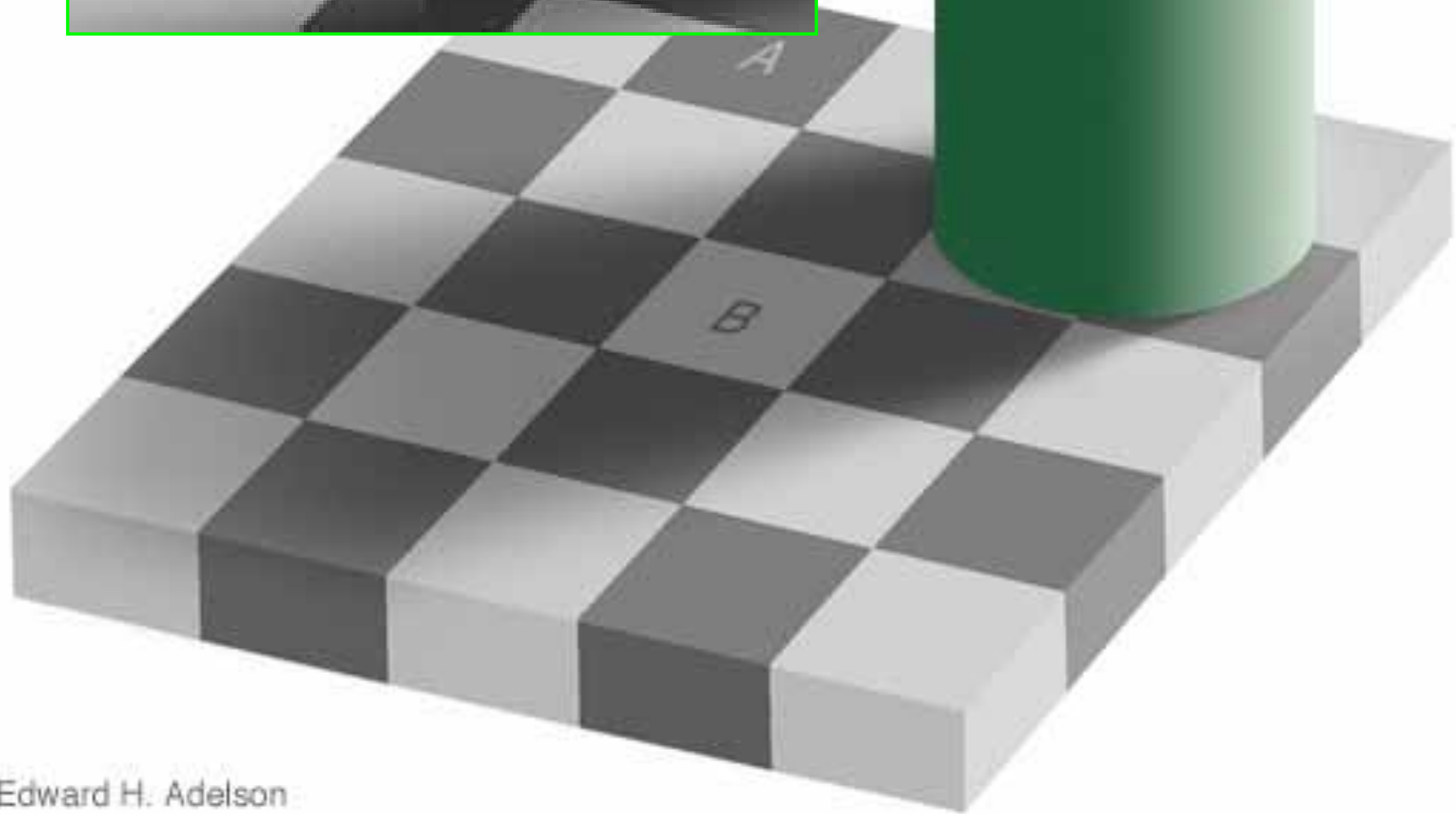
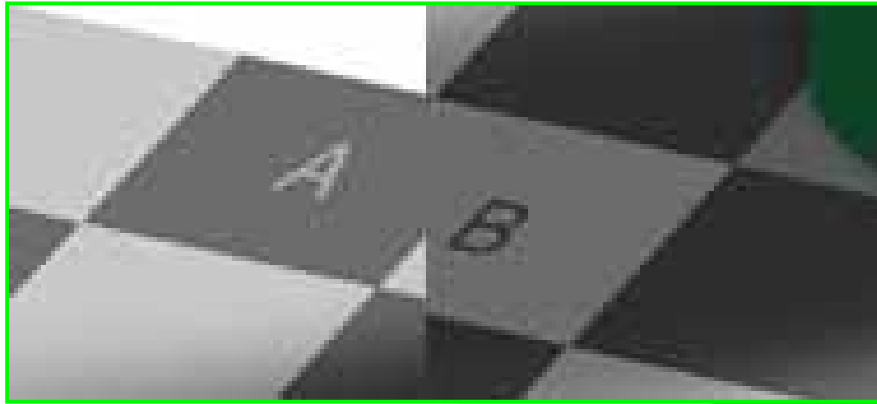
# COMPTER (Focalisation)

+++++

FINISHED FILES ARE THE RE-  
SULT OF YEARS OF SCIENTIF-  
IC STUDY COMBINED WITH THE  
EXPERIENCE OF YEARS

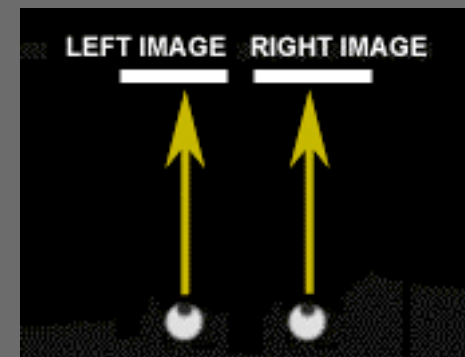
+++++

# *INTERPRETER* *(prototypes)*



Edward H. Adelson

# *APPRENDRE (point de vue)*







# Applications de la RF

- **Robotique/industrie**
  - Assemblage (reconnaissance de pièces)
  - Contrôle de qualité
  - Véhicule autonome etc.
- **Téledétection**
  - Météo (tempête, ouragan...)
  - identification et suivi des cultures, des forêts, des des réserves d'eau
  - Cartographie
  - Analyse des ressources terrestres
  - Pollution
- **Médecine**
  - Analyse de l'ECG ou EEG pour fin de diagnostic
  - Analyse d'images médicales (Rayons-X, Tomodensitométrie, IRM, SPECT/PET, Échographie, IR, Microscope (histologie) etc.) pour détecter des tumeurs, cellules cancéreuses ou autres maladies.



# Applications de la RF

- **Application militaire**
  - Guidage de missile (reconnaissance d'une cible et du terrain)
  - Reconnaissance aérienne (espionnage)
- **Bureautique**
  - Reconnaissance de texte par ordinateur (OCR)
  - Analyse de document
  - Reconnaissance de la parole
- **Sécurité**
  - Identification des empreintes digitales (iris, main)
  - Reconnaissance de visage
  - Authentification de la parole
  - Identification de signature
- **Autres**
  - Séparation des fruits mûrs ou non (pour cueillette ou non, jus vs. nature)
  - Classification de signaux sismiques
  - Identification de séquences d'ADN

# Revue scientifique utiles

- IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI)
- International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence
- Pattern Recognition
- Pattern Analysis and Applications
- Pattern Recognition Letters
- IEEE Transactions on Neural Networks
- Neural Computation
- Neural Networks
- Computer Vision and Image Understanding
- International Journal of Computer Vision

# Revue scientifiques utiles

- IEEE Transactions on Image Processing
- IEEE Transactions on Medical Imaging
- Computer Vision, Graphics, and Image Processing
- IEEE Computer Graphics and Applications
- Optical Engineering (SPIE)
- IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing
- International Journal of Remote Sensing
- Photogrammetric Engineering and Remote Sensing
- IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing
- Proceedings of the IEEE (ICPR, CVPR, ICIP, ECCV...)
- Proceedings of SPIE (Medical Imaging, Electronic Imaging...)

# Livres et autres documents

- Richard Duda, Peter Hart, David Stork, Pattern Classification, 2<sup>ème</sup> édition, Wiley-Interscience, 2001
- Stéphane Tufféry, Data mining et statistique décisionnelle, Editions Technip, 2005
- Notes de cours de Jean Meunier (Montréal) 2004  
<http://www.iro.umontreal.ca/~dift6141/>

# Méthodes en RF

## Prochains cours :

- ✓ Techniques de visualisation
  - Analyse en composantes principales
- ✓ Techniques de classification
  - K means
  - Réseaux de Kohonen
- ✓ Techniques de classement
  - Régression logistique
  - Perceptron multicouches
  - K plus proches voisins

