

# Combinaison de Classifieurs

## Pourquoi et comment les combiner?

Laurent HEUTTE

[Laurent.Heutte@univ-rouen.fr](mailto:Laurent.Heutte@univ-rouen.fr)  
<http://www.univ-rouen.fr/psi/heutte>

## Plan du Cours

1. Qu'est-ce qu'un classifieur?
2. Pourquoi et comment les combiner?
3. Combinaison parallèle de classifieurs
4. Méthodes pour la construction d'ensembles de classifieurs

## Pourquoi Combiner des Classifieurs?

- *Précision*: une décision plus fiable peut être obtenue en combinant l'avis (les sorties) de plusieurs experts (classifieurs)
- *Efficacité*: un problème complexe peut être décomposé en plusieurs sous-problèmes qui sont plus faciles à comprendre et à résoudre (diviser pour mieux régner...)
- There is not a single model that works for all pattern recognition problems! (*no free lunch* theorem)

"To solve really hard problems, we'll have to use several different representations... It is time to stop arguing over which type of pattern-classification technique is best... Instead we should work at a higher level of organization and discover how to build managerial systems to exploit the different virtues and evade the different limitations of each of these ways of comparing things." Minsky, 1991.

## 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...

## Comment Combiner des Classifieurs?

Problème:

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

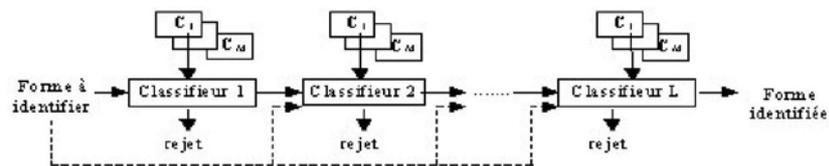
- Séquentielle ou série
- Parallèle
- Hybride (mixte séquentielle et parallèle, avec bouclage, avec interaction,...)

## Combinaison 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



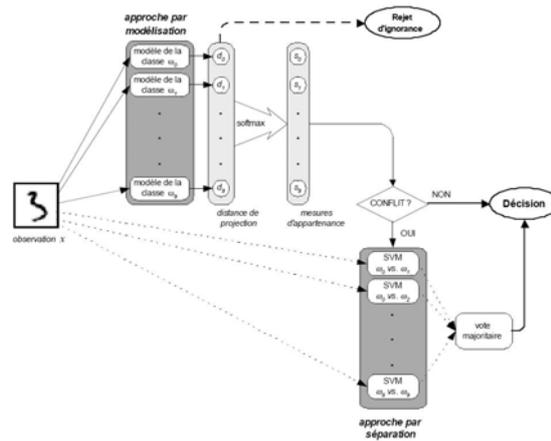
+ Filtrage progressif des décisions (réduction de l'ambiguïté)

- Sensible à l'ordre dans lequel sont placés les classifieurs
- Suppose une connaissance a priori du comportement de chacun des classifieurs
- Difficile d'optimiser l'ensemble (application-dépendent)

## Combinaison Séquentielle (ou Série)

Un exemple:

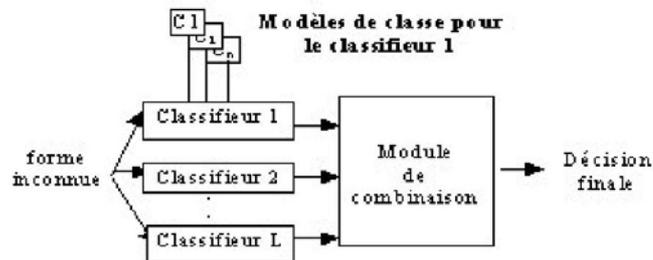
J. Milgram, R. Sabourin, M. Cheriet. *Système de classification à deux niveaux de décision combinant approche par modélisation et machines à vecteurs de support*. Colloque International Francophone sur l'Écrit et le Document, CIFED'04, La Rochelle, France, pp. 25-29, 2004.



## 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

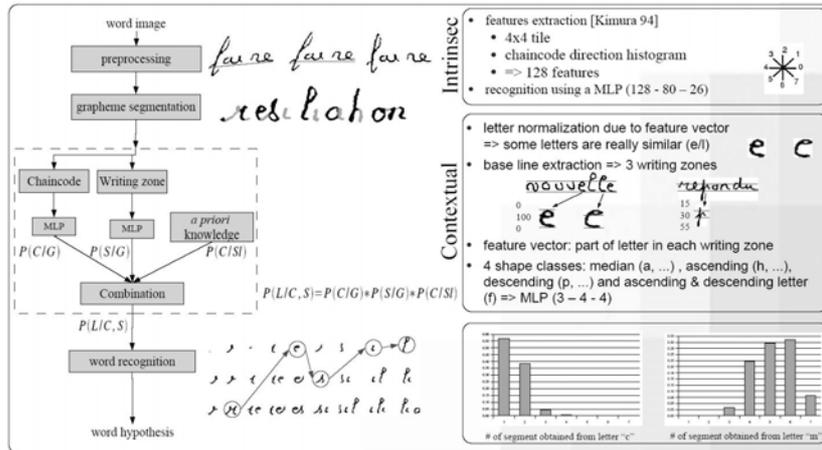


- + Très facile à mettre en œuvre
- + Ne nécessite pas une reparamétrisation des autres classifieurs en cas de modification de l'ensemble
- Activation de tous les classifieurs (coûteux en temps de calcul)

## Combinaison Parallèle

Un exemple:

G. Koch, T. Paquet, L. Heutte. *Combinaison de contextual information for handwritten word recognition*. 9th IAPR International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition, IWFHR'2004, Tokyo, Japan, IEEE Proceedings, pp. 468-473, 2004.

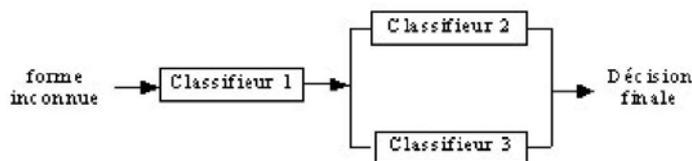


## Combinaison Hybride

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

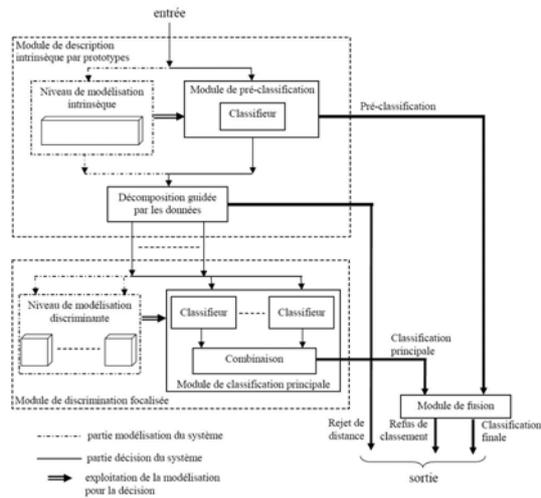


- + Tirer pleinement avantage de chacun des classifieurs utilisés
- + Nombreux schémas de combinaison pour tirer partie au mieux des données
- Complètement dépendants des données à traiter: généricité?
- Très complexes à optimiser

## Combinaison Hybride

Un exemple:

N. Ragot. *MELIDIS: Reconnaissance de formes par modélisation mixte intrinsèque/discriminante à base de systèmes d'inférence floue hiérarchisés*. Thèse de Doctorat, Université de Rennes 1, 2003.



Université de Rouen

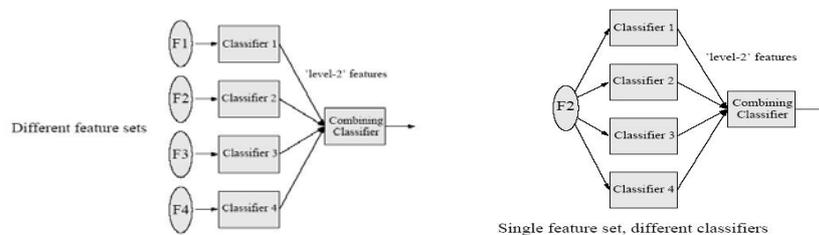
Combinaison de Classifieurs – M2 - L. Heutte

11

## Combinaison Parallèle

Sources différentes:

- Espaces de caractéristiques différents: visage, parole, empreintes, écriture, iris, ...
- Ensembles d'apprentissage différents: échantillonnage, ...
- Classifieurs différents: Kppv, MLP, SVM, ...
- Architectures différentes: nombre de couches, nombres de neurones par couche, type de neurone, ...
- Valeurs différentes des paramètres: K dans les Kppv, noyaux dans les SVM, ...
- Initialisations différentes: poids initiaux dans les MLP, ...

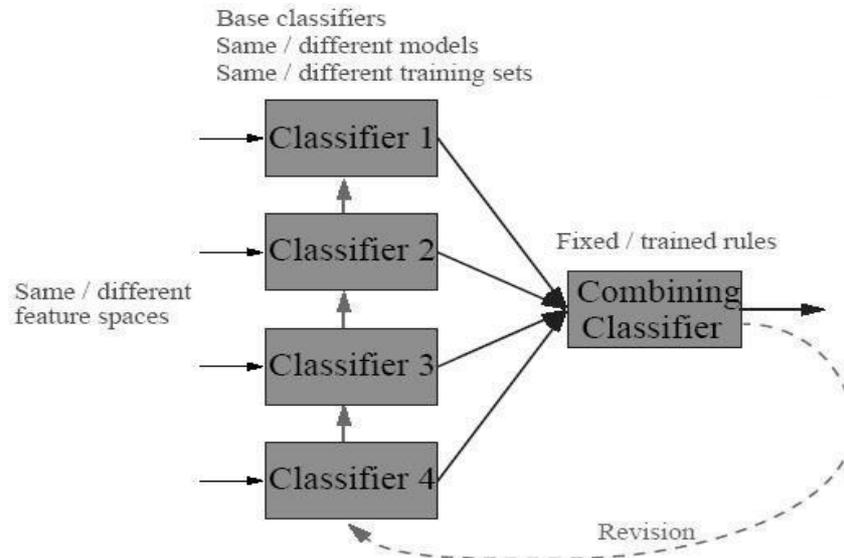


Université de Rouen

Combinaison de Classifieurs – M2 - L. Heutte

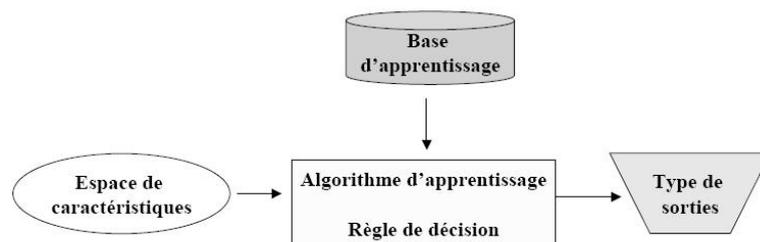
12

## Schéma Générique d'un Système de Combinaison Parallèle



## Combinaison Parallèle

Définition d'un classifieur dans le cadre de la combinaison:



Deux classifieurs qui diffèrent par au moins l'une de ces caractéristiques sont considérés comme différents et peuvent donc a priori être combinés...

... mais le plus souvent, on joue sur l'espace des caractéristiques et l'algorithme d'apprentissage et la règle de décision!!!

## Combinaison Parallèle

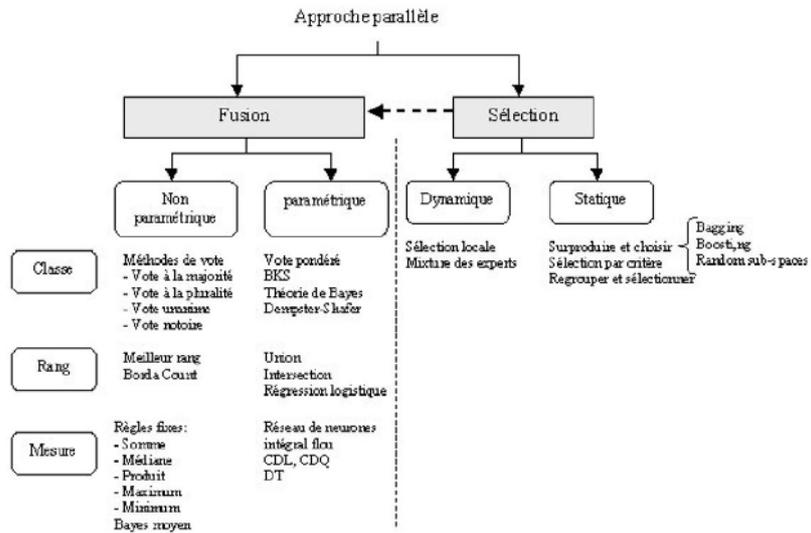
Des termes différents:

- multiple models
  - multiple classifier systems
  - combining classifiers (regressors etc)
  - integration of classifiers
  - mixture of experts
  - decision committee
  - committee of experts
  - classifier fusion
  - multimodel learning
  - consensus theory
  - ... what else?
- base classifiers
  - component classifiers
  - individual classifiers
  - members (of a decision committee)
  - level 0 experts
  - ... what else?

## Catégorisation des méthodes de combinaison parallèle

- Fusion/sélection [Kuncheva00]
  - Fusion: tous les classifieurs participent à la prise de décision
  - Sélection: elle peut être statique (on sélectionne une fois pour toutes les classifieurs à combiner dans un ensemble) ou dynamique (les classifieurs sont sélectionnés en fonction du pattern en entrée)
- Nature des classifieurs [Duin00]
  - Classifieurs hétérogènes (différents): un MLP + un Fisher
  - Classifieurs homogènes (faibles): classifieurs ayant la même structure mais entraînés sur des données différentes ou initialisés de manière différente
- Type de sorties des classifieurs [Xu92, Ho92]
  - Classe:  $e_i(x) = \{w_i\}$
  - Rang:  $e_i(x) = (r(w_1), r(w_2), \dots, r(w_N))$
  - Mesure:  $e_i(x) = (m(w_1), m(w_2), \dots, m(w_N))$
- Capacité d'apprentissage et d'adaptation [Jain00]
  - Méthodes avec apprentissage (paramétriques): optimiser les paramètres sur la base des exemples disponibles
  - Méthodes sans apprentissage ou fixes (non paramétriques)
  - Adaptation: capacité à exploiter l'expertise des classifieurs (performances,...)
- ...

## Taxonomie des Méthodes de Combinaison Parallèle



## Références Bibliographiques

- H. Zouari, L. Heutte, Y. Lecourtier, A. Alimi. *Un panorama des méthodes de combinaison de classifieurs en reconnaissance de formes*. RFIA'2002, Angers, France, vol. 2, pp. 499-508, 2002.
- A.F.R. Rahman, M.C. Fairhurst. *Multiple classifier decision combination strategies for character recognition: A review*. IJDAR, vol. 5, pp. 166-194, 2003.
- L. Xu, A. Krzyzak, C.Y. Suen. *Methods of combining multiple classifiers and their applications to handwriting recognition*. IEEE Trans. on SMC, vol. 22, no. 3, pp. 418-435, 1992.
- A.K. Jain, R.P.W. Duin, J. Mao. *Statistical pattern recognition: a review*. IEEE Trans. on PAMI, vol. 22, no. 1, pp. 4-37, 2000.
- ...
- Un workshop spécialisé dans le domaine:  
International Workshop on Multiple Classifier Systems (<http://www.diee.unica.it/mcs>)