

De l'utilisation de la proportion analogique en apprentissage artificiel.

Laurent Miclet, Sabri Bayouhd, Arnaud Delhay et Harold Mouchère.

IRISA – Université de Rennes 1 / ENSSAT
6, rue de Kérampont, 22305 Lannion
laurent.miclet@irisa.fr

2 juillet 2007

Exemple typographique

a	b
<i>α</i>	

Exemple typographique

a	b
α	β

Exemple stringologique

aBA	αbBa
ba	

Exemple stringologique

aBA	αbBa
ba	βba

Exemple stringologique

aBA	αbBa
ba	βba

$a \rightsquigarrow B A$

$\alpha b B A$

$b \rightsquigarrow \rightsquigarrow a$

$\beta b \rightsquigarrow a$

- 1 Introduction
- 2 Proportion Analogique
- 3 Dissemblance Analogique
- 4 Apprentissage d'une règle de classification par analogie
- 5 Génération de Séquences pour la Reconnaissance de Caractères Manuscrits
- 6 Conclusion et perspectives

1 Introduction

2 Proportion Analogique

3 Dissemblance Analogique

4 Apprentissage d'une règle de classification par analogie

5 Génération de Séquences pour la Reconnaissance de Caractères Manuscrits

6 Conclusion et perspectives



Axiomes

a *est à* b *ce que* c *est à* d



Axiomes

a est à b ce que c est à d

a : b :: c : d

Axiomes

a est à b ce que c est à d

$$a : b :: c : d$$

Symétrie de la relation "ce que" : $a : b :: c : d \Leftrightarrow c : d :: a : b$

Échange des moyens : $a : b :: c : d \Leftrightarrow a : c :: b : d$

Déterminisme : $a : a :: b : x \Rightarrow x = b$

Axiomes

a est à b ce que c est à d

$$a : b :: c : d$$

Symétrie de la relation "ce que" : $a : b :: c : d \Leftrightarrow c : d :: a : b$

Échange des moyens : $a : b :: c : d \Leftrightarrow a : c :: b : d$

Déterminisme : $a : a :: b : x \Rightarrow x = b$

Axiomes

a est à b ce que c est à d

$$a : b :: c : d$$

Symétrie de la relation "ce que" : $a : b :: c : d \Leftrightarrow c : d :: a : b$

Échange des moyens : $a : b :: c : d \Leftrightarrow a : c :: b : d$

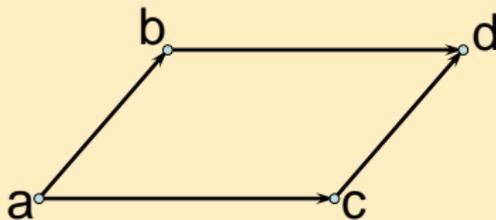
Déterminisme : $a : a :: b : x \Rightarrow x = b$



Proportion Analogique sur des objets composés d'attributs

$$a : b :: c : d \Leftrightarrow a_j : b_j :: c_j : d_j \quad \forall 1 \leq j \leq m$$

Représentation graphique



$$\mathbb{R}^n : \vec{ab} = \vec{cd}$$

0	0	0	1	1	1
0	0	1	1	1	0
0	1	0	1	0	1
0	1	1	1	0	0

$$\{0, 1\}^n$$



Proportions Analogiques entre séquences

$$\Sigma' = \{a, b, \alpha, \beta, A, B, \sim\}$$

avec les PA :

$$a : b :: A : B$$

$$a : \alpha :: b : \beta \quad \dots$$

$$a \sim B \quad A$$

$$\alpha \quad b \quad B \quad A$$

$$b \sim \sim a$$

$$\beta \quad b \sim a$$



Proportions Analogiques entre séquences

$$\Sigma' = \{a, b, \alpha, \beta, A, B, \sim\}$$

avec les PA :

$$a : b :: A : B$$

$$a : \alpha :: b : \beta$$

...

$$a \sim B \quad A$$

$$\alpha \quad b \quad B \quad A$$

$$b \sim \sim a$$

$$\beta \quad b \sim a$$

Equivalence sémantique : $b \sim \sim a \equiv ba$.

Alignement entre quatre séquences : $u, v, w, x \in \Sigma^*$:

un mot $z \in (\Sigma')^4$ dont la projection sur la 1^{ère} composante est sémantiquement équivalente à u , etc.

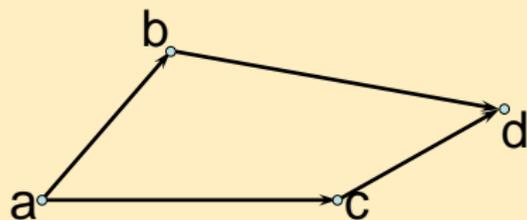
Proportion analogique entre séquences : $\exists u', v', w'$ et $x' \in \Sigma'$ de même longueur, telle que $\forall i \in [1, n] \quad u'_i : v'_i :: w'_i : x'_i$ sont en P.A. sur Σ' .

- 1 Introduction
- 2 Proportion Analogique
- 3 Dissemblance Analogique**
- 4 Apprentissage d'une règle de classification par analogie
- 5 Génération de Séquences pour la Reconnaissance de Caractères Manuscrits
- 6 Conclusion et perspectives

Dissemblance Analogique entre objets

La DA mesure combien il manque pour que 4 objets soient en PA.

Représentation graphique



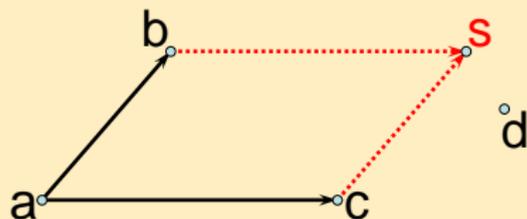
- Cas général :
 - $DA = 0$ equivaut à une Proportion Analogique exacte
 - $DA \nearrow$: on s'éloigne d'une Proportion Analogique
- Objets décrit par des attributs : $DA(a, b, c, d) = \sum_{j=1}^m DA(a_j, b_j, c_j, d_j)$



Dissemblance Analogique entre objets

La DA mesure combien il manque pour que 4 objets soient en PA.

Représentation graphique

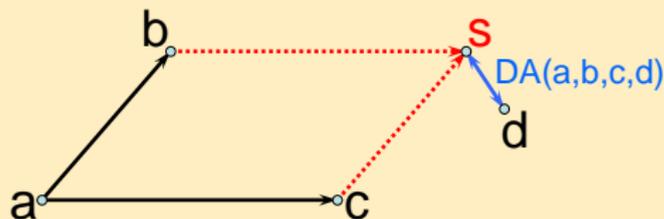


- Cas général :
 - $DA = 0$ equivaut à une Proportion Analogique exacte
 - $DA \nearrow$: on s'éloigne d'une Proportion Analogique
- Objets décrit par des attributs : $DA(a, b, c, d) = \sum_{j=1}^m DA(a_j, b_j, c_j, d_j)$

Dissemblance Analogique entre objets

La DA mesure combien il manque pour que 4 objets soient en PA.

Représentation graphique

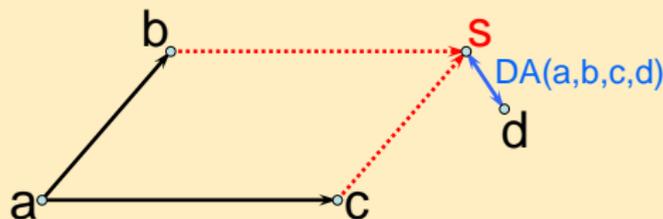


- Cas général :
 - $DA = 0$ equivaut à une Proportion Analogique exacte
 - $DA \nearrow$: on s'éloigne d'une Proportion Analogique
- Objets décrit par des attributs : $DA(a, b, c, d) = \sum_{j=1}^m DA(a_j, b_j, c_j, d_j)$

Dissemblance Analogique entre objets

La DA mesure combien il manque pour que 4 objets soient en PA.

Représentation graphique



0	0	...	0	0	...	1
0	1	...	1	1	...	1
0	0	...	1	1	...	1
0	0	...	0	1	...	1
0	1	...	2	1	...	0

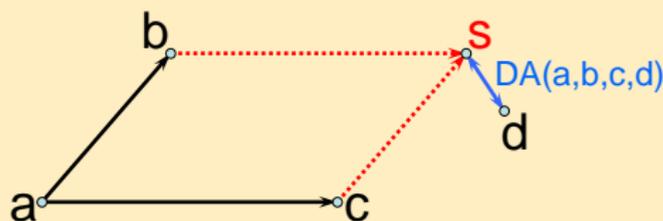
- Cas général :
 - $DA = 0$ equivaut à une Proportion Analogique exacte
 - $DA \nearrow$: on s'éloigne d'une Proportion Analogique
- Objets décrit par des attributs : $DA(a, b, c, d) = \sum_{j=1}^m DA(a_j, b_j, c_j, d_j)$



Dissemblance Analogique entre objets

La DA mesure combien il manque pour que 4 objets soient en PA.

Représentation graphique



0	0	...	0	0	...	1
0	1	...	1	1	...	1
0	0	...	1	1	...	1
0	0	...	0	1	...	1
0	1	...	2	1	...	0

- Cas général :

- $DA = 0$ equivaut à une Proportion Analogique exacte
- $DA \nearrow$: on s'éloigne d'une Proportion Analogique

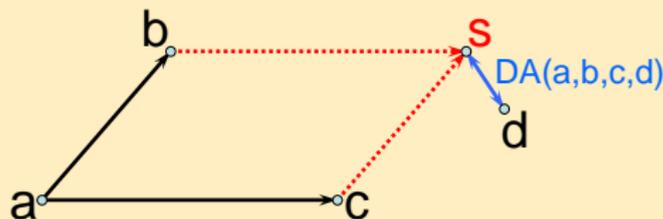
- Objets décrit par des attributs : $DA(a, b, c, d) = \sum_{j=1}^m DA(a_j, b_j, c_j, d_j)$



Dissemblance Analogique entre objets

La DA mesure combien il manque pour que 4 objets soient en PA.

Représentation graphique



0	0	...	0	0	...	1
0	1	...	1	1	...	1
0	0	...	1	1	...	1
0	0	...	0	1	...	1
0	1	...	2	1	...	0

- Cas général :
 - $DA = 0$ équivaut à une Proportion Analogique exacte
 - $DA \nearrow$: on s'éloigne d'une Proportion Analogique
- **Objets décrit par des attributs** : $DA(a, b, c, d) = \sum_{j=1}^m DA(a_j, b_j, c_j, d_j)$



Propriétés de la DA entre objets

Cohérence analogique. $DA(u, v, w, x) = 0 \Leftrightarrow u : v :: w : x$

Symétrie de "ce que". $DA(u, v, w, x) = DA(w, x, u, v)$

Echange des médians. $DA(u, v, w, x) = DA(u, w, v, x)$

Inégalité triangulaire. $DA(u, v, z, t) \leq DA(u, v, w, x) + DA(w, x, z, t)$

Asymétrie de "est à". En général, $DA(u, v, w, x) \neq DA(v, u, w, x)$



Exemple : DA entre les lettres d'un alphabet

Soit $\Sigma = \{a, b, c, A, B, C\}$ un alphabet dont les lettres sont décrites par des attributs binaires.

La nouvelle lettre \surd représente l'absence de lettre.

	a	a'	b	b'	c	c'	minuscule	majuscule
a	1	0	0	1	0	1	1	0
b	0	1	1	0	0	1	1	0
c	0	1	0	1	1	0	1	0
A	1	0	0	1	0	1	0	1
B	0	1	1	0	0	1	0	1
C	0	1	0	1	1	0	0	1
\surd	0	0	0	0	0	0	0	0

$a : a :: b : b \Rightarrow DA(a,a,b,b) = 0 \Rightarrow$ Proportion Analogique exacte.

$a : A :: b : B \Rightarrow DA(a,A,b,B) = 0 \Rightarrow$ Proportion Analogique exacte.

$a : b :: A : c \Rightarrow DA(a,b,A,c) = 6 \Rightarrow$ loin d'être en P.A.

Dissemblance Analogique entre séquences

$\Sigma = \{a, \dots, z, A, \dots, Z\}$ est un alphabet dont les lettres sont définies par des traits binaires. $\Sigma^* = \{U, V, \dots\}$ est l'ensemble des séquences sur Σ .

La dissemblance analogique dépend de l'alignement entre les séquences sur $(\Sigma \cup \{\sim\})^*$. On cherche le minimum.

$$DA(U, V, W, T) = \sum_i DA(U_i, V_i, W_i, T_i)$$

U	n	s	a	f	e		
S	a	f	e	l	y		
U	n	f	a	i	r		
F	a	i	r	l	y		
4	0	8	4	4	4		

DA = 24

U	n	s	a	f	e	-	-
-	-	S	a	f	e	l	y
U	n	f	a	i	r	-	-
-	-	F	a	i	r	l	y
0	0	0	0	0	0	0	0

DA = 0

Algorithme SEQUANA4

Programmation dynamique à quatre dimensions.

Initialisation : Remplir les bords de la matrice C à quatre dimensions.

Recurrence :

$$C_{w_k x_l}^{u_i v_j} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{ll} C_{w_{k-1} x_{l-1}}^{u_i v_j} + DA(u_i, v_j, w_k, x_l) & [i \leftarrow i + 1; j \leftarrow j + 1; k \leftarrow k + 1; l \leftarrow l + 1] \\ C_{w_{k-1} x_l}^{u_i v_j} + DA(u_i, v_j, w_k, \sphericalangle) & [i \leftarrow i + 1; j \leftarrow j + 1; k \leftarrow k + 1] \\ \vdots \\ C_{w_k x_{l-1}}^{u_i v_j} + DA(\sphericalangle, \sphericalangle, \sphericalangle, x_l) & [l \leftarrow l + 1] \\ C_{w_{k-1} x_l}^{u_i v_j} + DA(\sphericalangle, \sphericalangle, w_k, \sphericalangle) & [k \leftarrow k + 1] \end{array} \right.$$

End Quand $i = |u|$ et $j = |v|$ et $k = |w|$ et $l = |x|$.

Résultat : $C_{|w| |x|}^{u |v|}$ est égal à $DA(u, v, w, x)$ dans Σ^* .



Résolution par Proportion Analogique sur les séquences

- La résolution par Proportion Analogique est la création d'une ou de plusieurs séquences synthétiques à partir de trois séquences.
- L'algorithme SOLVANA produit toutes les séquences à DA nulle (ou non nulle minimale).
- On peut aussi fabriquer toutes les séquences à DA inférieure à un seuil par A^* .

J	'	A	i	m	e	-	-	-	-	-	-	l	e	-	t	e	n	n	i	s
P	r	é	f	è	r	e	s	-	t	u	-	l	e	-	t	e	n	n	i	s
J	'	A	i	m	e	-	-	-	-	-	-	l	e	-	r	e	p	o	s	-



Résolution par Proportion Analogique sur les séquences

- La résolution par Proportion Analogique est la création d'une ou de plusieurs séquences synthétiques à partir de trois séquences.
- L'algorithme SOLVANA produit toutes les séquences à DA nulle (ou non nulle minimale).
- On peut aussi fabriquer toutes les séquences à DA inférieure à un seuil par A^* .

J	'	A	i	m	e	-	-	-	-	-	-	l	e	-	t	e	n	n	i	s
P	r	é	f	è	r	e	s	-	t	u	-	l	e	-	t	e	n	n	i	s
J	'	A	i	m	e	-	-	-	-	-	-	l	e	-	r	e	p	o	s	-
P	r	é	f	è	r	e	s	-	t	u	-	l	e	-	r	e	p	o	s	-

Algorithme : SOLVANA

Programmation dynamique à trois dimensions.

$$M[i, j, k]_{1 \leq i, j, k \leq n_1, n_2, n_3} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} M[i-1, j-1, k-1] + \text{Min}_{x \in \Sigma'} DA(a_{i-1}, b_{j-1}, c_{k-1}, x) \\ M[i, j-1, k-1] + \text{Min}_{x \in \Sigma'} DA(\surd, b_{j-1}, c_{k-1}, x) \\ M[i, j, k-1] + \text{Min}_{x \in \Sigma'} DA(\surd, \surd, c_{k-1}, x) \\ M[i, j-1, k] + \text{Min}_{x \in \Sigma'} DA(\surd, b_{j-1}, \surd, x) \\ M[i-1, j, k-1] + \text{Min}_{x \in \Sigma'} DA(a_{i-1}, \surd, c_{k-1}, x) \\ M[i-1, j-1, k] + \text{Min}_{x \in \Sigma'} DA(a_{i-1}, b_{j-1}, \surd, x) \\ M[i-1, j, k] + \text{Min}_{x \in \Sigma'} DA(a_{i-1}, \surd, \surd, x) \end{array} \right.$$

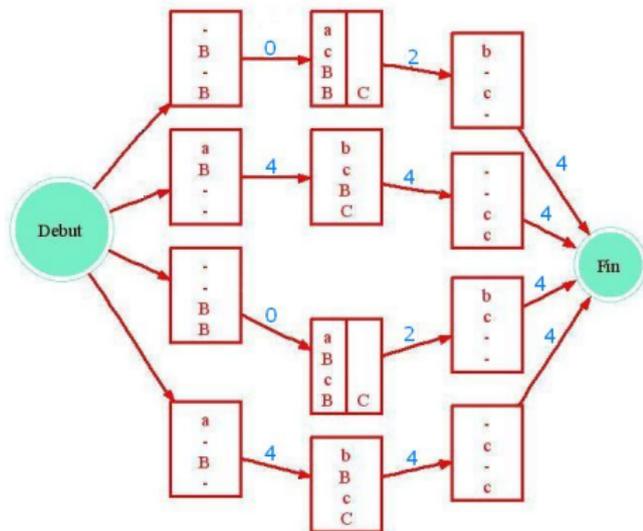
a_i est le i^{eme} objet de la séquence A .

Graphe des meilleures solutions

u	=	ab
v	=	Bc
w	=	Bc
x	=	??

Graphe des meilleures solutions

u	=	ab
v	=	Bc
w	=	Bc
x	=	??



Graphe des meilleures solutions

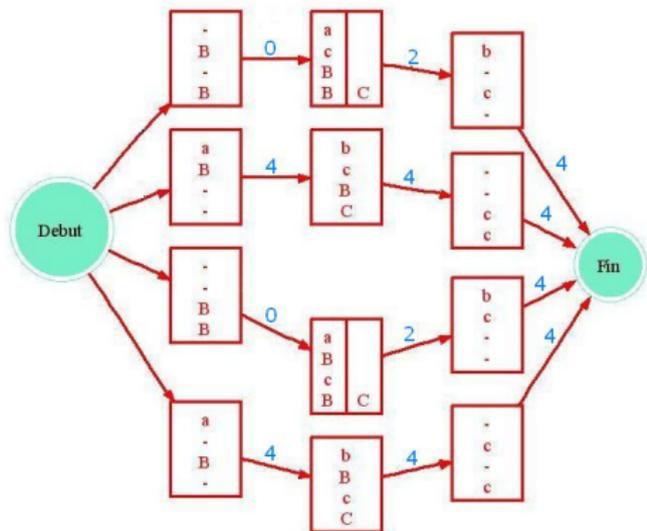
u	=	ab
v	=	Bc
w	=	Bc
x	=	??

~	a	b
B	c	~
~	B	c

B	B	~
	C	
0	2	2

a	b	~
B	c	~
~	B	c

~	C	c
4	0	0



- 1 Introduction
- 2 Proportion Analogique
- 3 Dissemblance Analogique
- 4 Apprentissage d'une règle de classification par analogie**
- 5 Génération de Séquences pour la Reconnaissance de Caractères Manuscrits
- 6 Conclusion et perspectives



Retour à des objets binaires ou nominaux.

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes
 EA : Est Adulte
 EM : Est Mâle
 BL : Boit du Lait

- 0 est à 0 ce que 1 est à 1 (AG)
- 0 est à 1 ce que 0 est à 1 (EA et EM)
- 1 est à 0 ce que 1 est à 0 (BL)



Retour à des objets binaires ou nominaux.

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes
 EA : Est Adulte
 EM : Est Mâle
 BL : Boit du Lait

- 0 est à 0 ce que 1 est à 1 (AG)
- 0 est à 1 ce que 0 est à 1 (EA et EM)
- 1 est à 0 ce que 1 est à 0 (BL)



Retour à des objets binaires ou nominaux.

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes
 EA : Est Adulte
 EM : Est Mâle
 BL : Boit du Lait

- 0 est à 0 ce que 1 est à 1 (AG)
- 0 est à 1 ce que 0 est à 1 (EA et EM)
- 1 est à 0 ce que 1 est à 0 (BL)



Retour à des objets binaires ou nominaux.

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes
 EA : Est Adulte
 EM : Est Mâle
 BL : Boit du Lait

- 0 est à 0 ce que 1 est à 1 (AG)
- 0 est à 1 ce que 0 est à 1 (EA et EM)
- 1 est à 0 ce que 1 est à 0 (BL)



Retour à des objets binaires ou nominaux.

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes
 EA : Est Adulte
 EM : Est Mâle
 BL : Boit du Lait

- 0 est à 0 ce que 1 est à 1 (*AG*)
- 0 est à 1 ce que 0 est à 1 (*EA* et *EM*)
- 1 est à 0 ce que 1 est à 0 (*BL*)

veau est à taureau ce que chaton est à matou



Retour à des objets binaires ou nominaux.

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes
 EA : Est Adulte
 EM : Est Mâle
 BL : Boit du Lait

- 0 est à 0 ce que 1 est à 1 (*AG*)
- 0 est à 1 ce que 0 est à 1 (*EA* et *EM*)
- 1 est à 0 ce que 1 est à 0 (*BL*)

veau est à taureau ce que chaton est à matou
Ruminant est à Ruminant ce que Félin est à ?

Retour à des objets binaires ou nominaux.

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	Félin

AG : A des Griffes
 EA : Est Adulte
 EM : Est Mâle
 BL : Boit du Lait

- 0 est à 0 ce que 1 est à 1 (*AG*)
- 0 est à 1 ce que 0 est à 1 (*EA* et *EM*)
- 1 est à 0 ce que 1 est à 0 (*BL*)

veau est à taureau ce que chaton est à matou
Ruminant est à Ruminant ce que Félin est à Félin

Résolution exacte sur les classes

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes
 EA : Est Adulte
 EM : Est Mâle
 BL : Boit du Lait

matou

- **PPV :**

- **Analogie :** *matou* ⇒ *Félin*

Résolution exacte sur les classes

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes
EA : Est Adulte
EM : Est Mâle
BL : Boit du Lait

matou --> *taureau*

- **PPV :**

- **Analogie :** *matou* ⇒ *Félin*

Résolution exacte sur les classes

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes
 EA : Est Adulte
 EM : Est Mâle
 BL : Boit du Lait

matou --> *taureau*



Ruminant

- **PPV** :

- **Analogie** : *matou* ⇒ *Félin*



Résolution exacte sur les classes

Animaux	AG	EA	EM	BL	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	?

AG : A des Griffes
 EA : Est Adulte
 EM : Est Mâle
 BL : Boit du Lait

- **PPV** :

<i>matou</i>	→	<i>taureau</i>
		↓
<i>Ruminant</i>	←	<i>Ruminant</i>
- **Analogie** : *matou* ⇒ *Félin*

Résolution exacte sur les classes

Animaux	<i>AG</i>	<i>EA</i>	<i>EM</i>	<i>BL</i>	classe
<i>veau</i>	0	0	0	1	<i>Ruminant</i>
<i>taureau</i>	0	1	1	0	<i>Ruminant</i>
<i>chaton</i>	1	0	0	1	<i>Félin</i>
<i>matou</i>	1	1	1	0	<i>Félin</i>

AG : A des Griffes
EA : Est Adulte
EM : Est Mâle
BL : Boit du Lait

matou \dashrightarrow *taureau*



Ruminant \leftarrow *Ruminant*

- **PPV** :

- **Analogie** : *matou* \Rightarrow *Félin*



Classification par les k triplets les moins dissemblants

$$\mathcal{S} = \{(c_i, h(c_i)) \mid 1 \leq i \leq m\}, x$$

- 1 Calculer $DA(\text{triplet}, x)$, $\text{triplet} \in \mathcal{S}^3$.
- 2 Garder ceux qui donnent une solution.
- 3 Ordonner les triplets.
- 4 Dédurre k' à partir de k .
- 5 Retenir les k^{ieme} triplets.
- 6 Choisir la classe gagnante.

Exemple

$o_1 o_2 o_3$	$h(o_1)$	$h(o_2)$	$h(o_3)$	DA
$a b c$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1
$a b d$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1
$a b e$	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2
$a c d$	ω_0	ω_1	ω_1	\perp
$a c e$	ω_0	ω_1	ω_2	\perp
$a d e$	ω_0	ω_1	ω_2	\perp
$b a c$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1
$b a d$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1
$b a e$	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2
$b c d$	ω_0	ω_1	ω_1	\perp
$b c e$	ω_0	ω_1	ω_2	\perp
$b d e$	ω_0	ω_1	ω_2	\perp
$c a b$	ω_1	ω_0	ω_0	\perp
$c a d$	ω_1	ω_0	ω_1	ω_0
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots



Classification par les k triplets les moins dissemblants

$$\mathcal{S} = \{(c_i, h(c_i)) \mid 1 \leq i \leq m\}, x$$

- 1 Calculer $DA(\text{triplet}, x)$, $\text{triplet} \in \mathcal{S}^3$.
- 2 Garder ceux qui donnent une solution.
- 3 Ordonner les triplets.
- 4 Dédurre k' à partir de k .
- 5 Retenir les k^{ieme} triplets.
- 6 Choisir la classe gagnante.

Exemple

$o_1 o_2 o_3$	$h(o_1)$	$h(o_2)$	$h(o_3)$		DA
$a b c$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	6
$a b d$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	1
$a b e$	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2	3
$a c d$	ω_0	ω_1	ω_1	\perp	3
$a c e$	ω_0	ω_1	ω_2	\perp	2
$a d e$	ω_0	ω_1	ω_2	\perp	5
$b a c$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	4
$b a d$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	0
$b a e$	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2	3
$b c d$	ω_0	ω_1	ω_1	\perp	3
$b c e$	ω_0	ω_1	ω_2	\perp	8
$b d e$	ω_0	ω_1	ω_2	\perp	1
$c a b$	ω_1	ω_0	ω_0	\perp	11
$c a d$	ω_1	ω_0	ω_1	ω_0	7
$\vdots \vdots \vdots$	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$\vdots \vdots \vdots$	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots



Classification par les k triplets les moins dissemblants

$$\mathcal{S} = \{(c_i, h(c_i)) \mid 1 \leq i \leq m\}, x$$

- 1 Calculer $DA(\text{triplet}, x)$, $\text{triplet} \in \mathcal{S}^3$.
- 2 Garder ceux qui donnent une solution.
- 3 Ordonner les triplets.
- 4 Déduire k' à partir de k .
- 5 Retenir les k^{ieme} triplets.
- 6 Choisir la classe gagnante.

Exemple

$o_1 o_2 o_3$	$h(o_1)$	$h(o_2)$	$h(o_3)$		DA
a b c	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	6
a b d	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	1
a b e	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2	3
a c d	ω_0	ω_1	ω_1	\perp	3
a c e	ω_0	ω_1	ω_2	\perp	2
a d e	ω_0	ω_1	ω_2	\perp	5
b a c	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	4
b a d	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	0
b a e	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2	3
b c d	ω_0	ω_1	ω_1	\perp	3
b c e	ω_0	ω_1	ω_2	\perp	8
b d e	ω_0	ω_1	ω_2	\perp	1
c a b	ω_1	ω_0	ω_0	\perp	11
c a d	ω_1	ω_0	ω_1	ω_0	7
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮



Classification par les k triplets les moins dissemblants

$$\mathcal{S} = \{(c_i, h(c_i)) \mid 1 \leq i \leq m\}, x$$

- 1 Calculer $DA(\text{triplet}, x)$, $\text{triplet} \in \mathcal{S}^3$.
- 2 Garder ceux qui donnent une solution.
- 3 Ordonner les triplets.
- 4 Déduire k' à partir de k .
- 5 Retenir les k^{ieme} triplets.
- 6 Choisir la classe gagnante.

Exemple

$o_1 o_2 o_3$	$h(o_1)$	$h(o_2)$	$h(o_3)$		DA
$a b c$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	6
$a b d$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	1
$a b e$	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2	3
$b a c$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	4
$b a d$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	0
$b a e$	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2	3
$c a d$	ω_1	ω_0	ω_1	ω_0	7
$\vdots \vdots \vdots$	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$\vdots \vdots \vdots$	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots



Classification par les k triplets les moins dissemblants

$$\mathcal{S} = \{(c_i, h(c_i)) \mid 1 \leq i \leq m\}, x$$

- 1 Calculer $DA(\text{triplet}, x)$, $\text{triplet} \in \mathcal{S}^3$.
- 2 Garder ceux qui donnent une solution.
- 3 Ordonner les triplets.
- 4 Déduire k' à partir de k .
- 5 Retenir les k^{eme} triplets.
- 6 Choisir la classe gagnante.

Exemple

$o_1 o_2 o_3$	$h(o_1)$	$h(o_2)$	$h(o_3)$		DA
a b c	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	6
a b d	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	1
a b e	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2	3
b a c	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	4
b a d	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	0
b a e	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2	3
c a d	ω_1	ω_0	ω_1	ω_0	7
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Classification par les k triplets les moins dissemblants

$$\mathcal{S} = \{(c_i, h(c_i)) \mid 1 \leq i \leq m\}, x$$

- 1 Calculer $DA(\text{triplet}, x)$, $\text{triplet} \in \mathcal{S}^3$.
- 2 Garder ceux qui donnent une solution.
- 3 Ordonner les triplets.
- 4 Déduire k' à partir de k .
- 5 Retenir les $k^{\text{ème}}$ triplets.
- 6 Choisir la classe gagnante.

Exemple

$o_1 o_2 o_3$	$h(o_1)$	$h(o_2)$	$h(o_3)$	$h(x)$	DA
$b a d$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	0
$c d e$	ω_1	ω_1	ω_2	ω_2	1
$a b d$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	1
$d c e$	ω_1	ω_1	ω_2	ω_2	2
$d b c$	ω_1	ω_0	ω_1	ω_0	2
$a b e$	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2	3
$b a e$	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2	3
$b a c$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	4
$\vdots \vdots \vdots$	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$\vdots \vdots \vdots$	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots

Classification par les k triplets les moins dissemblants

$$\mathcal{S} = \{(c_i, h(c_i)) \mid 1 \leq i \leq m\}, x$$

- 1 Calculer $DA(\text{triplet}, x)$, $\text{triplet} \in \mathcal{S}^3$.
- 2 Garder ceux qui donnent une solution.
- 3 Ordonner les triplets.
- 4 Déduire k' à partir de k .
- 5 Retenir les $k^{\text{ème}}$ triplets.
- 6 Choisir la classe gagnante.

Exemple

$o_1 o_2 o_3$	$h(o_1)$	$h(o_2)$	$h(o_3)$	$h(x)$	DA
$b a d$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	0
$c d e$	ω_1	ω_1	ω_2	ω_2	1
$a b d$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	1
$d c e$	ω_1	ω_1	ω_2	ω_2	2
$d b c$	ω_1	ω_0	ω_1	ω_0	2
$a b e$	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2	3
$b a e$	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2	3
$b a c$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	4
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots

k	1	2	3	4	5	6
k'	1	3	3	5	5	7
$h(x)$						

Classification par les k triplets les moins dissemblants

$$\mathcal{S} = \{(c_i, h(c_i)) \mid 1 \leq i \leq m\}, x$$

- 1 Calculer $DA(\text{triplet}, x)$, $\text{triplet} \in \mathcal{S}^3$.
- 2 Garder ceux qui donnent une solution.
- 3 Ordonner les triplets.
- 4 Déduire k' à partir de k .
- 5 Retenir les $k^{\text{ème}}$ triplets.
- 6 Choisir la classe gagnante.

Exemple

$o_1 o_2 o_3$	$h(o_1)$	$h(o_2)$	$h(o_3)$	$h(x)$	DA
$b a d$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	0
$c d e$	ω_1	ω_1	ω_2	ω_2	1
$a b d$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	1
$d c e$	ω_1	ω_1	ω_2	ω_2	2
$d b c$	ω_1	ω_0	ω_1	ω_0	2
$a b e$	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2	3
$b a e$	ω_0	ω_0	ω_2	ω_2	3
$b a c$	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	4
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots

k	1	2	3	4	5	6
k'	1	3	3	5	5	7
$h(x)$	ω_1	ω_1	ω_1	?	?	ω_2



Deux améliorations opérationnelles

- Accélération du calcul du triplet le moins dissemblant
 - Utilisation de la propriété d'inégalité triangulaire
- Pondération des attributs
 - Pondération différente selon le type d'analogie
 - Poids appris dans l'ensemble d'apprentissage



Résultats

Methods	<i>MO.1</i>	<i>MO.2</i>	<i>MO.3</i>	<i>SP.</i>	<i>B.S</i>	<i>Br.</i>	<i>H.R</i>	<i>Mu.</i>
nb nominal attributes	7	7	7	22	4	9	4	22
nb binary attributes	15	15	15	22	4	9	4	22
nb instances train	124	169	122	80	187	35	66	81
nb instances test	432	432	432	172	438	664	66	8043
nb classes	2	2	2	2	3	2	4	2
WAPC ($k = 100$)	98%	100%	96%	79%	86%	96%	82%	98%
APC ($k = 100$)	98%	100%	96%	58%	86%	91%	74%	97%
Decision Table	100%	64%	97%	65%	67%	86%	42%	99%
Id3	78%	65%	94%	71%	54%	<i>mv</i>	71%	<i>mv</i>
PART	93%	78%	98%	81%	76%	88%	82%	94%
Multi layer Perceptron	100%	100%	94%	73%	89%	96%	77%	96%
LMT	94%	76%	97%	77%	89%	88%	83%	94%
IB1	79%	74%	83%	80%	62%	96%	56%	98%

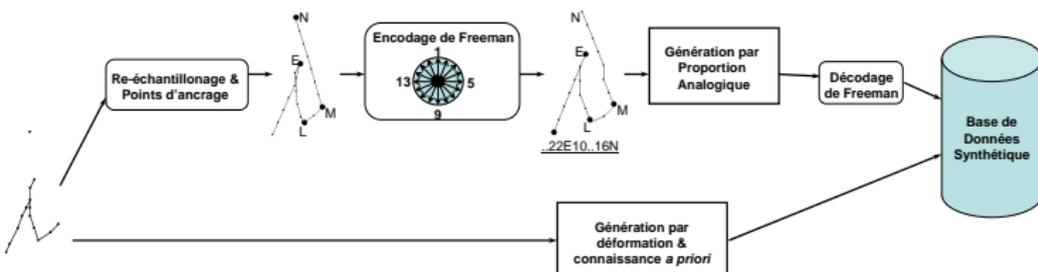


Résultats

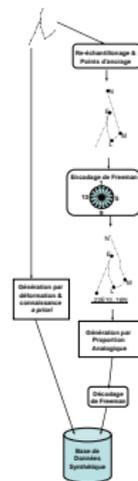
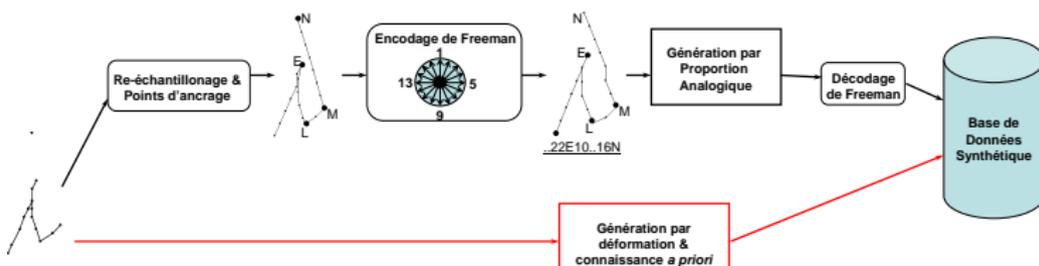
Methods	<i>MO.1</i>	<i>MO.2</i>	<i>MO.3</i>	<i>SP.</i>	<i>B.S</i>	<i>Br.</i>	<i>H.R</i>	<i>Mu.</i>	
nb nominal attributes	7	7	7	22	4	9	4	22	
nb binary attributes	15	15	15	22	4	9	4	22	
nb instances train	124	169	122	80	187	35	66	81	
nb instances test	432	432	432	172	438	664	66	8043	
nb classes	2	2	2	2	3	2	4	2	
WAPC ($k = 100$)	■	■	■	■	■	■	■	■	▲
APC ($k = 100$)	■	■	■	■	■	■	■	■	▲
Decision Table	■	■	■	■	■	■	■	■	▲
Id3	■	■	■	■	■	■	■	■	▲
PART	■	■	■	■	■	■	■	■	▲
Multi layer Perceptron	■	■	■	■	■	■	■	■	▲
LMT	■	■	■	■	■	■	■	■	▲
IB1	■	■	■	■	■	■	■	■	▲

- 1 Introduction
- 2 Proportion Analogique
- 3 Dissemblance Analogique
- 4 Apprentissage d'une règle de classification par analogie
- 5 Génération de Séquences pour la Reconnaissance de Caractères Manuscrits**
- 6 Conclusion et perspectives

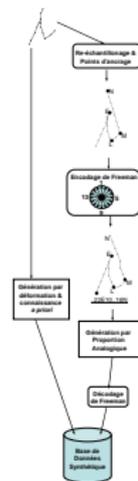
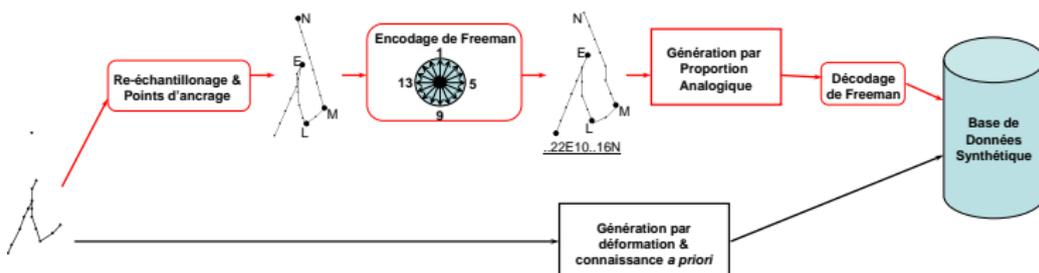
Organigramme



Organigramme

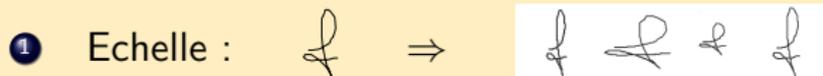


Organigramme

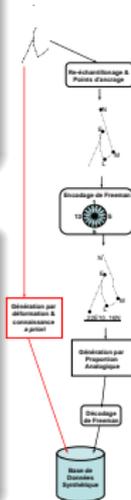
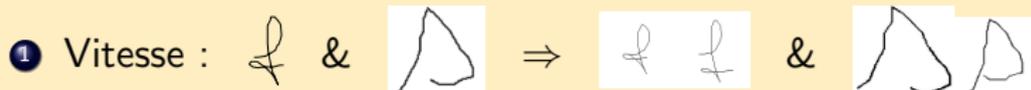


Génération par distortions

Distortions d'image :



Distorsion on-line :





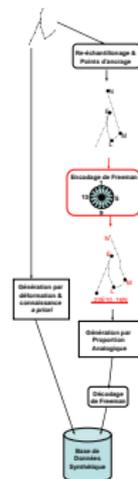
Génération par Proportion Analogique



Génération par Proportion Analogique

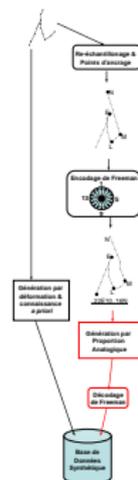
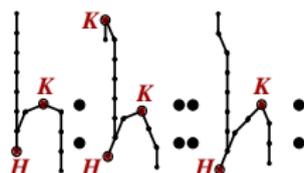
Points d'Ancrage

Symbole	Description	Exemples
C / D	extrema max / min en y dans une boucle	
E / H	point angulaire max / min	
K / L	extrema max / min en x	
M / N	stylet en haut / bas	



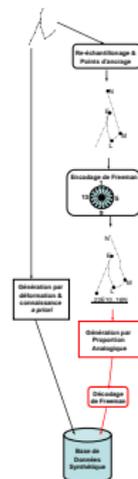
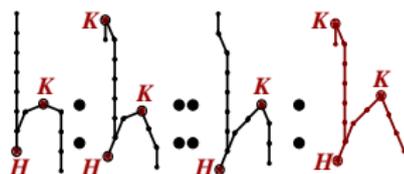
Génération par Proportion Analogique

$h_1 = 9 \sim 9 \sim 99999 \sim H 1 2 \sim 4 K 6 9 9 9$
 $h_2 = 1 K \sim 8 9 9 9 9 10 H \sim 2 2 4 K \sim 8 8 9$
 $h_3 = \sim \sim 9 8 9 9 9 9 10 H 2 2 3 3 K 8 9 9 \sim$
 $x = 1 K \sim 8 9 9 9 9 10 H 2 2 3 3 K 8 8 8 \sim$



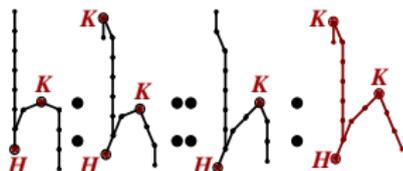
Génération par Proportion Analogique

$h_1 = 9 \sim 9 \sim 99999 \sim H 1 2 \sim 4 K 6 9 9 9$
 $h_2 = 1 K \sim 8 9 9 9 9 10 H \sim 2 2 4 K \sim 8 8 9$
 $h_3 = \sim \sim 9 8 9 9 9 9 10 H 2 2 3 3 K 8 9 9 \sim$
 $x = 1 K \sim 8 9 9 9 9 10 H 2 2 3 3 K 8 8 8 \sim$

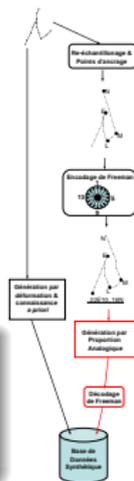


Génération par Proportion Analogique

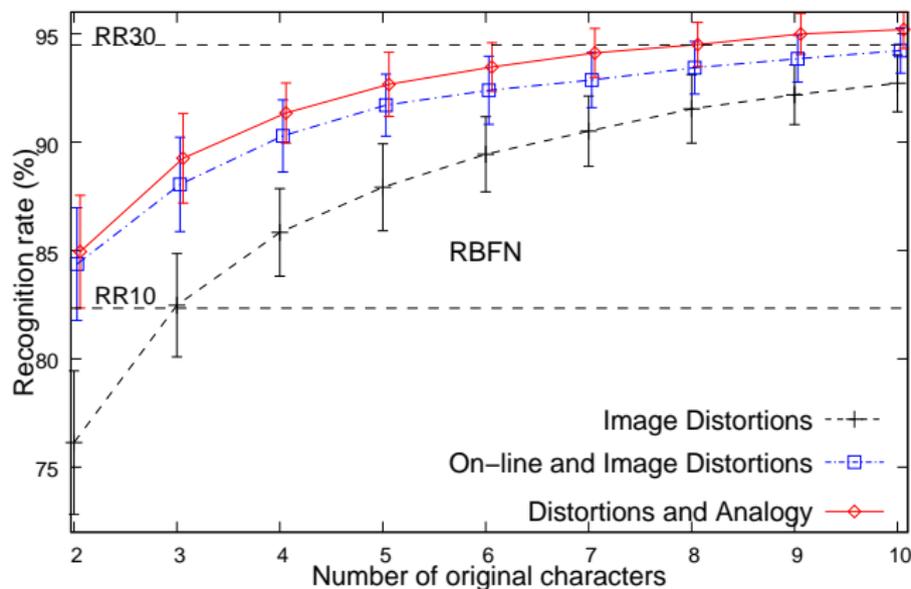
$h_1 = 9 \sim 9 \sim 99999 \sim H 1 2 \sim 4 K 6 9 9 9$
 $h_2 = 1 K \sim 8 9 9 9 9 10 H \sim 2 2 4 K \sim 8 8 9$
 $h_3 = \sim \sim 9 8 9 9 9 9 10 H 2 2 3 3 K 8 9 9 \sim$
 $x = 1 K \sim 8 9 9 9 9 9 10 H 2 2 3 3 K 8 8 8 \sim$



Analogie



Résultats



- 1 Introduction
- 2 Proportion Analogique
- 3 Dissemblance Analogique
- 4 Apprentissage d'une règle de classification par analogie
- 5 Génération de Séquences pour la Reconnaissance de Caractères Manuscrits
- 6 Conclusion et perspectives**

Et ensuite ?

- Un principe classique en psychologie cognitive et en intelligence artificielle
- Mais avec peu d'applications opérationnelles
- Séquences : généralisation de travaux en linguistique computationnelle
- Extensions
 - domaine numérique ?
 - apprentissage de relations analogiques entre classes ?
 - arbres. . .



Merci de votre attention.