

Relations spatiales directionnelles et reconnaissance des formes

Laurent Wendling

Nancy I - LORIA

Equipe QGAR

Equipe QGAR :

Thème :

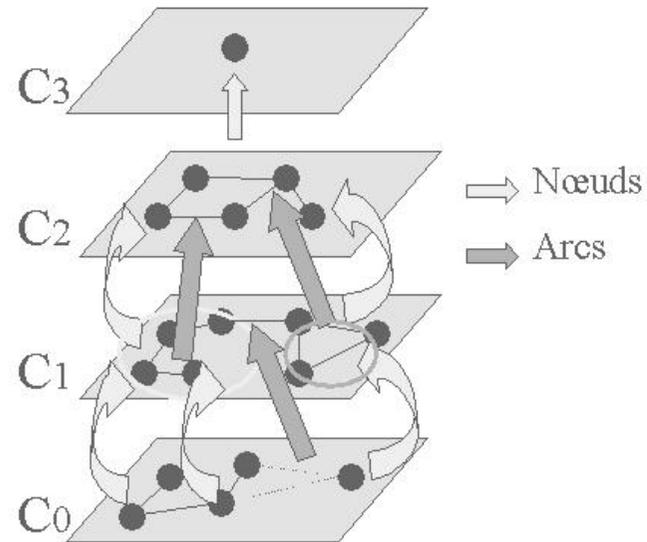
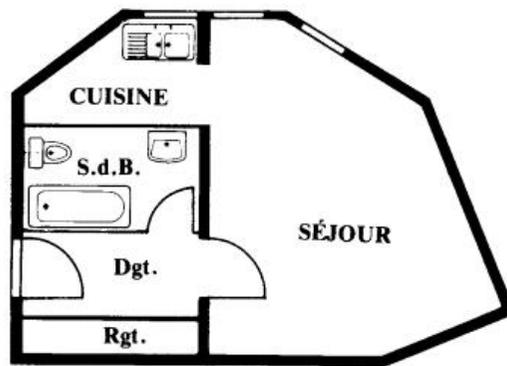
Analyse et interprétation de documents techniques

Axe privilégié (S. Tabbone, L. Wendling) :

Recherche par le contenu dans des documents graphiques

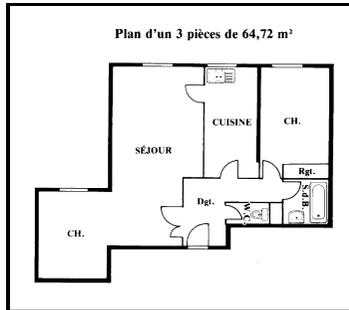
Recherche par le contenu dans des documents graphiques

Plan d'un studio de 31,51 m²

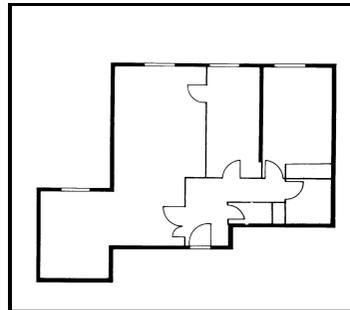


- ⇒ **Extractions des couches** : symboles complexes, flèche, *texture*...
- ⇒ **Construction du graphe** : *hiérarchie*, relations spatiales...
- ⇒ **Recherche d'informations** : *appariement*, passage à l'échelle...

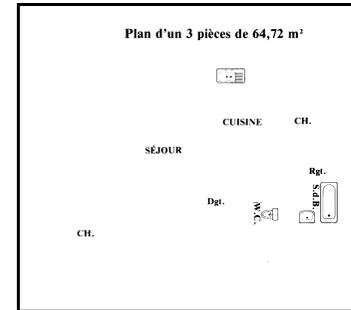
Couches : Texte, Graphique et Symboles complexes



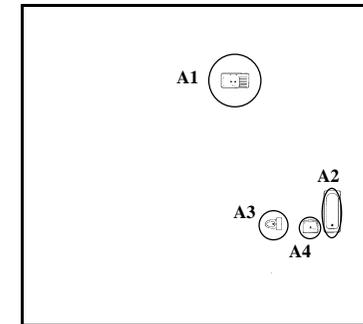
Plan



Murs

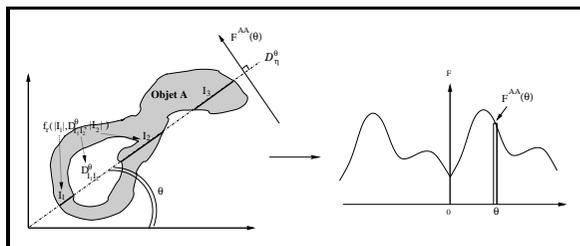


Texte(+)

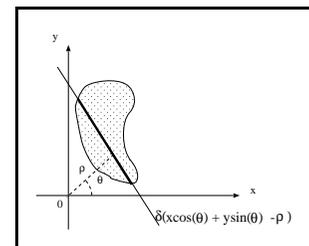


Symbole

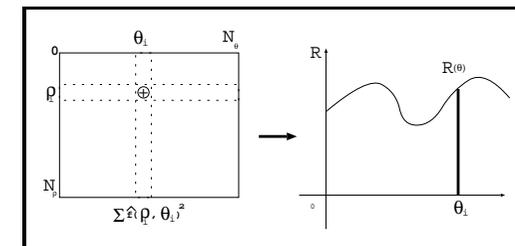
- **Méthode de Fletcher & Kasturi** \Rightarrow Texte + Graphique
- **Extraction d'objets** \Rightarrow Définitions de Signatures



Histogramme de Forces



Radon



- **Propriétés géométriques** \Rightarrow Translation, rotation, homothétie.

Plan de l'exposé

- **Relations spatiales**

 - Historique

 - Histogramme de forces

 - Applications

- **Reconnaissance des formes**

 - F-signature

 - Segmentation floue

 - Graphe relationnel

- **Perspectives**

 - Autres relations

 - Agrégation multicritères

Relations spatiales directionnelles

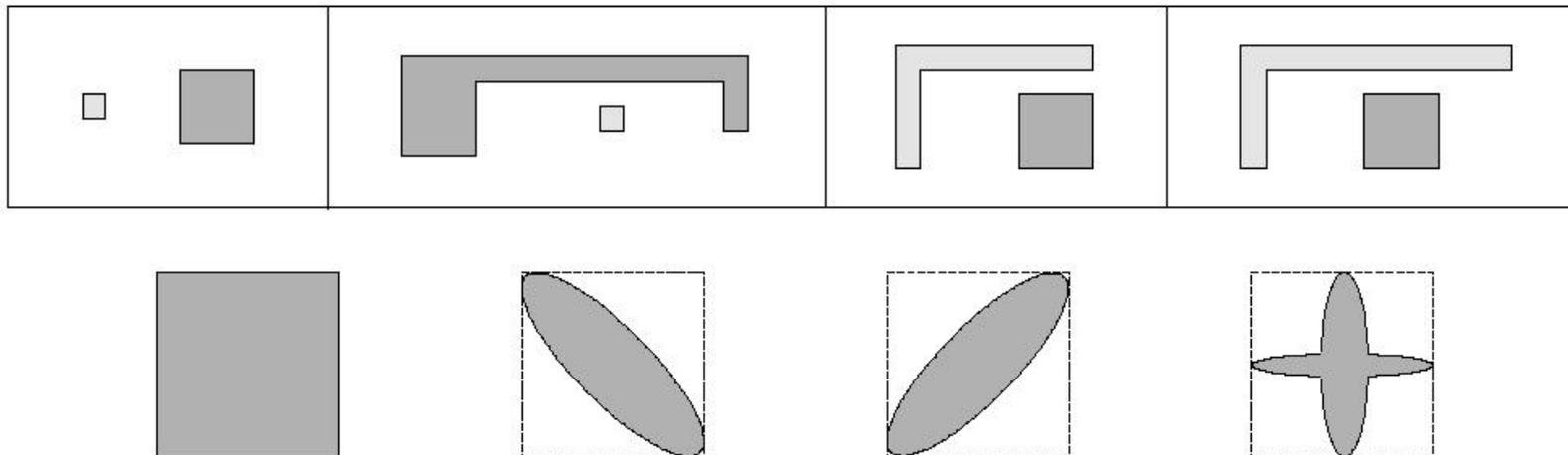
Historique

Freeman (75) : description de la position relative \Rightarrow relations spatiales
« à gauche de », « à droite de », « au dessus de », ...

Barycentre et rectangle englobant

Avantages : simple, rapide, objets nets ou flous, pixels et vecteurs

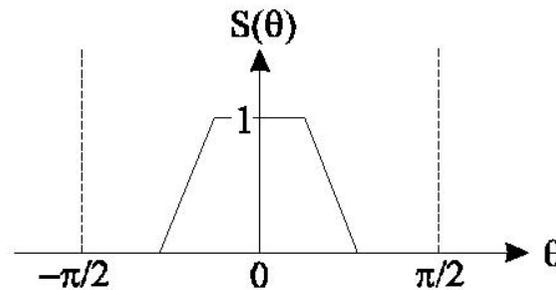
Inconvénients : résultats non satisfaisants, barycentres confondus



Histogramme d'angles

Principe

- Moyenne d'angles et calcul d'une fonction d'appartenance suivant un prototype trapézoïdal (ou moyenne des degrés d'appartenance)



- Calcul de compatibilité suivant un prototype sinusoïdal

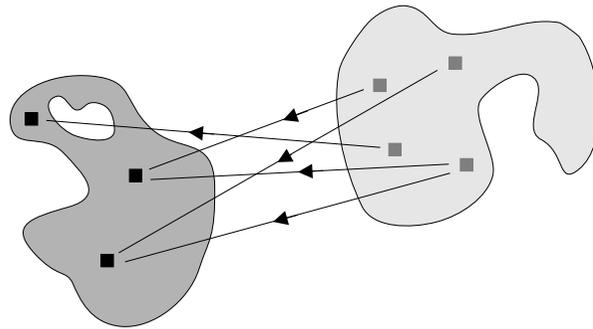
Avantages : objets nets et flous, relativement simple

Inconvénients : pas de données vecteurs, lente (arc tangente), importance du pas, non isotrope.

Autres méthodes : réseaux de neurones (applications), ...

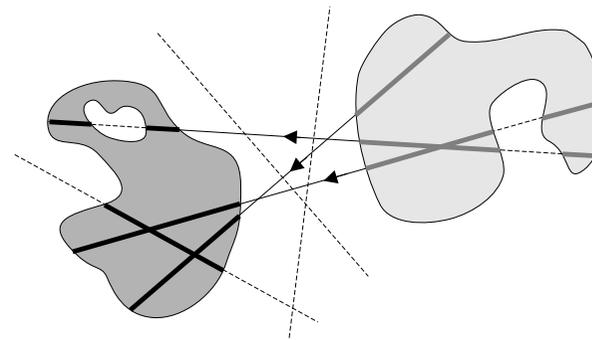
Evaluation de la position relative

Approche classique



Manipulation de points

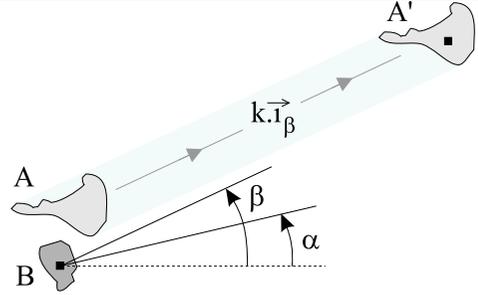
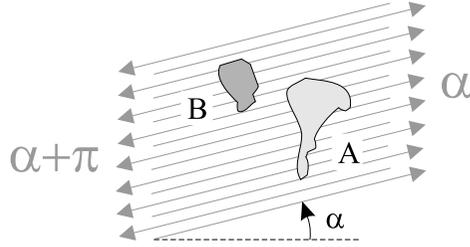
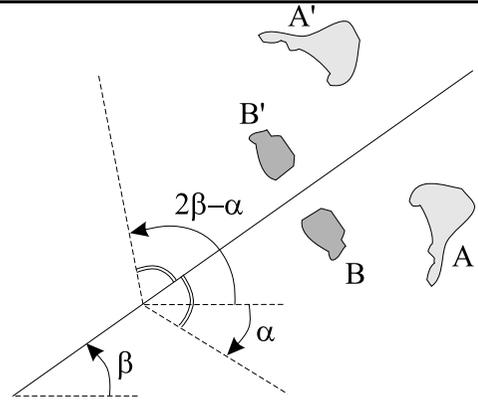
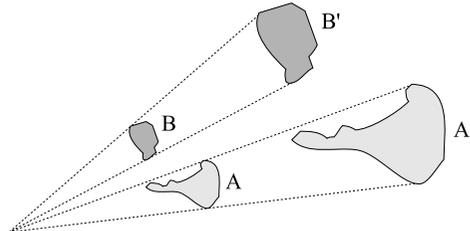
Notre méthode



Sections longitudinales

Distance entre objets

Propriétés axiomatiques fondamentales

 <p>[A1] Distance \Rightarrow point</p>	 <p>[A2] Inverse sémantique</p>
 <p>[A3] Symétrie</p>	 <p>[A4] Echelle</p>

Relations spatiales entre points

On considère pour n'importe quel réel r : $\varphi_r(d) = 1/d^r$

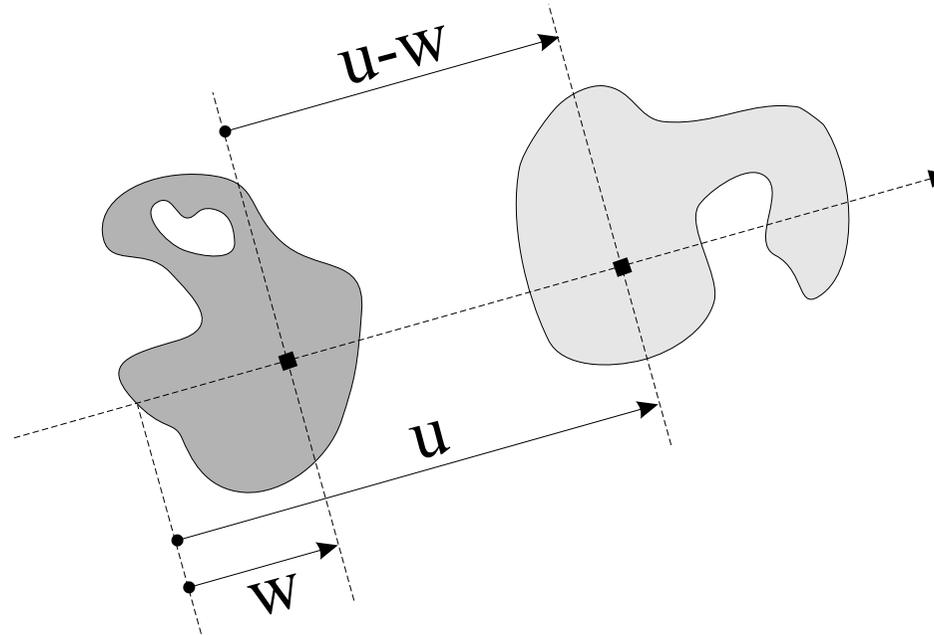


FIG. 1 – *calcul entre deux points : $\varphi(u - w)$*

Relations spatiales entre segments

On considère f_r la fonction générée par φ_r

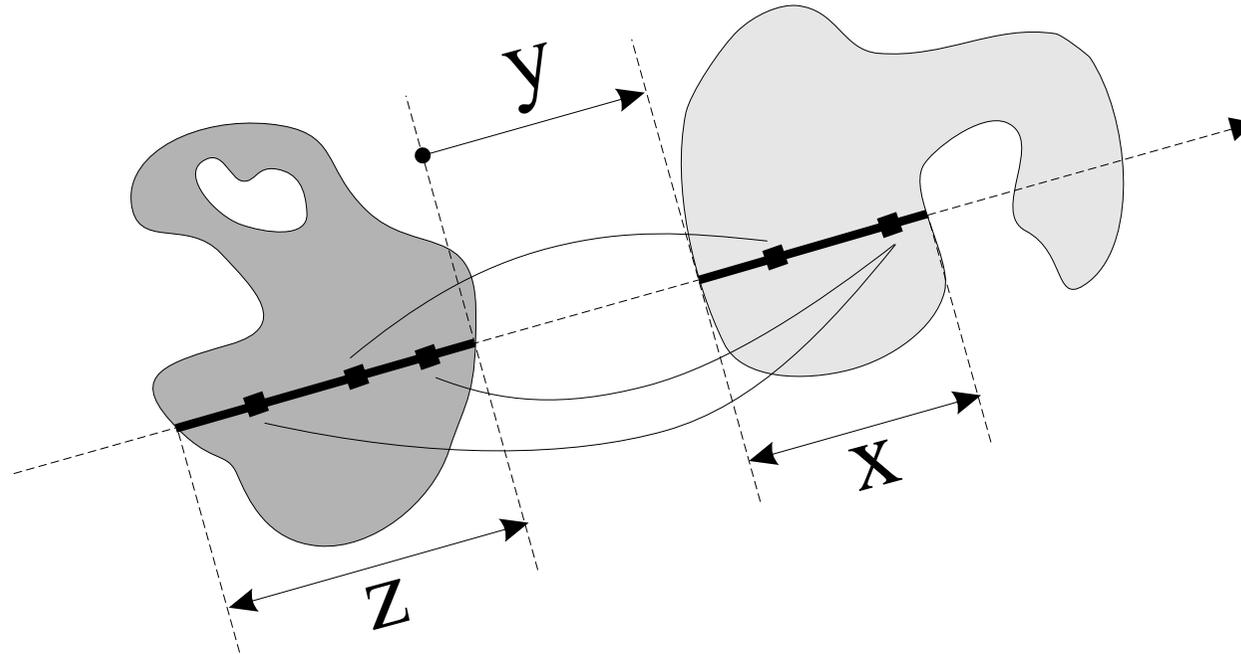


FIG. 2 – Entre deux segments : $f(x,y,z) = \int_{y+z}^{x+y+z} \left(\int_0^z \varphi(u-w).dw \right) .du$

Fonctions étudiées

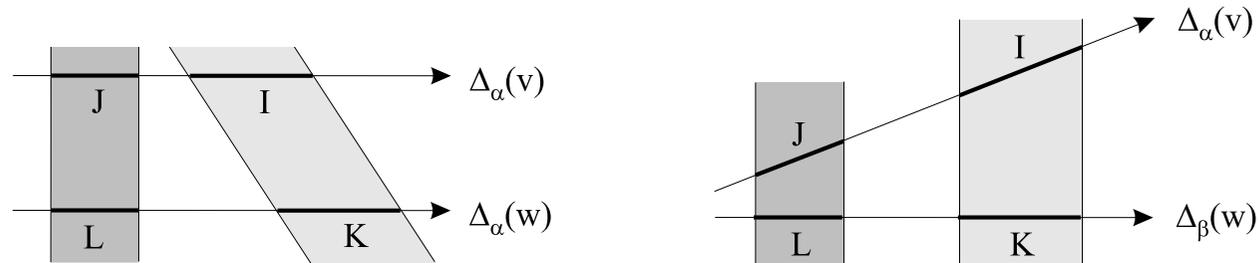


FIG. 3 – Deux hypothèses [H1] et [H2]

[H1] $r = 0 \Rightarrow f_0(I, d, J) = f_0(K, d', L)$ pas d'influence de la distance.

[H2] $r = 2 \Rightarrow f_2(I, d, J) = f_2(K, d', L) = f_2(I, d, J) = f_2(hK, hd, hL)$
prise en compte de la distance.

Non prise en compte de la distance : [H1]

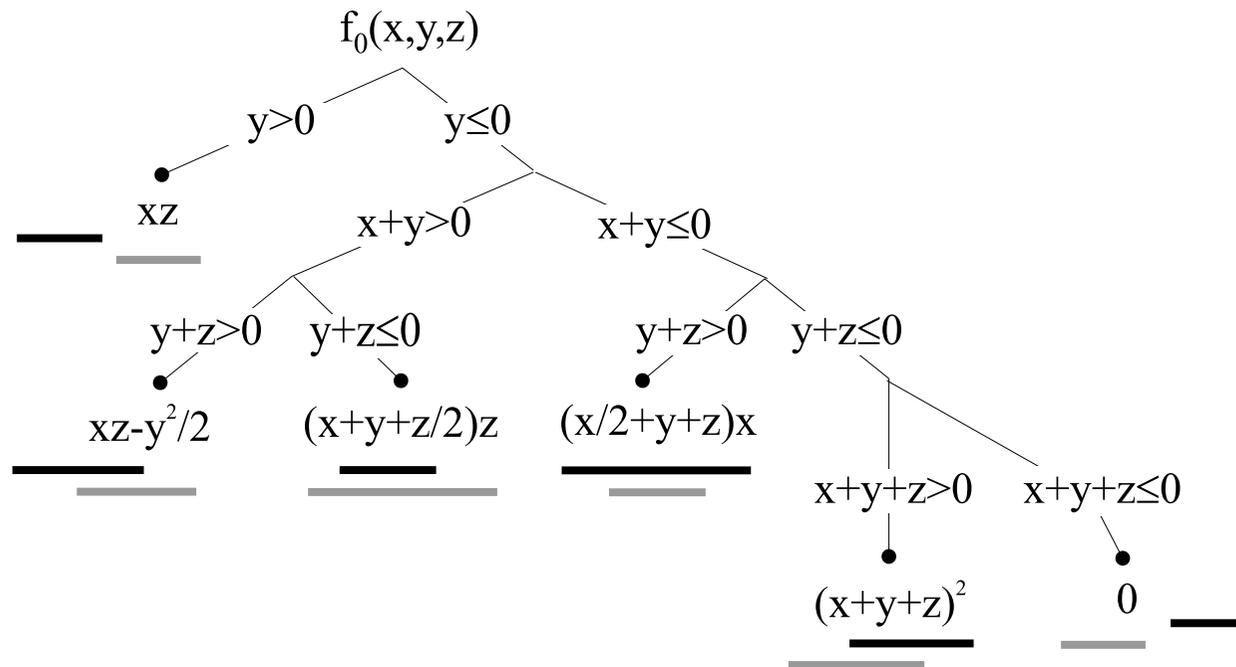


FIG. 4 – Valeur de $f_{r=0}$ entre deux segments

Intégration de la distance f_2 (force élémentaire) : [H2]

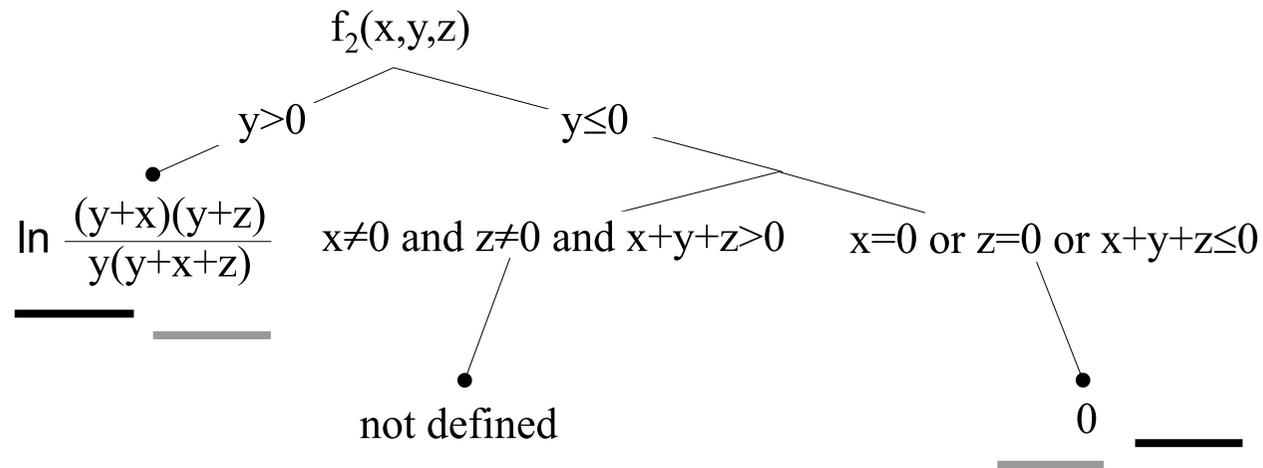


FIG. 5 – Valeur de $f_{r=2}$ entre deux segments

Extension possible [H2] \Rightarrow [H1] lors d'un chevauchement entre objets (20 situations entre segments).

Sections longitudinales

On considère F_r la fonction générée par f_r

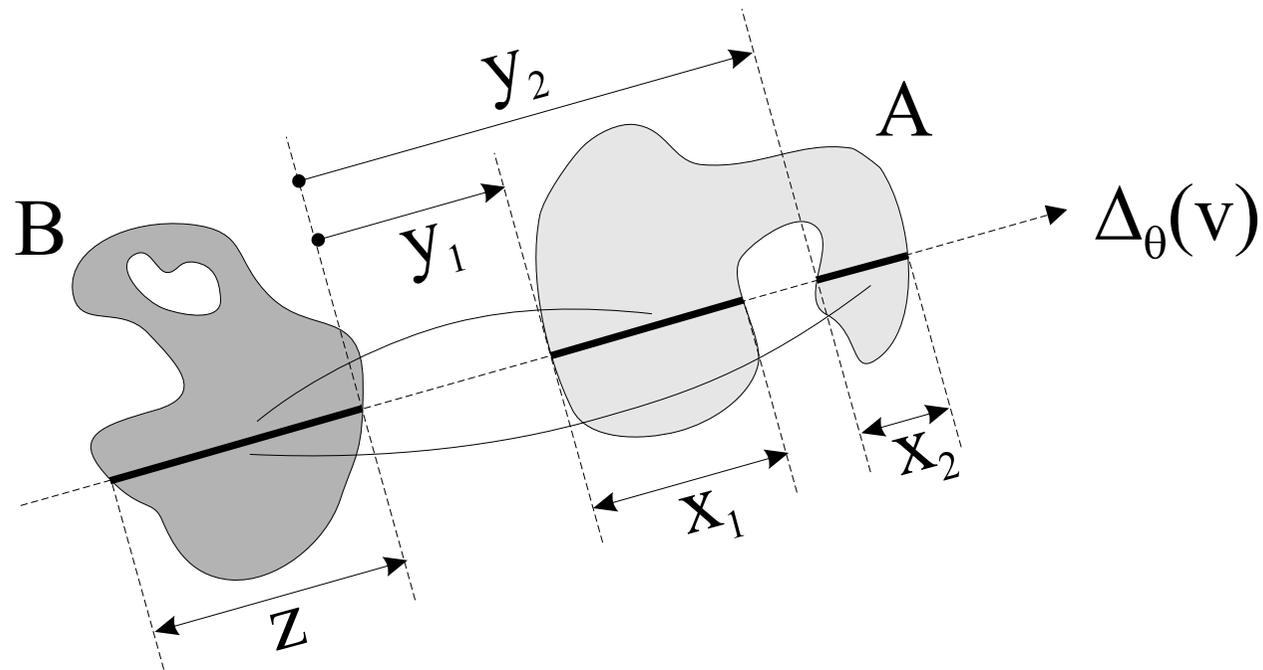


FIG. 6 – Pour tous les segments : $F(\theta, A_\theta(v), B_\theta(v)) = f(x_1, y_1, z) + f(x_2, y_2, z)$

Pour une direction donnée

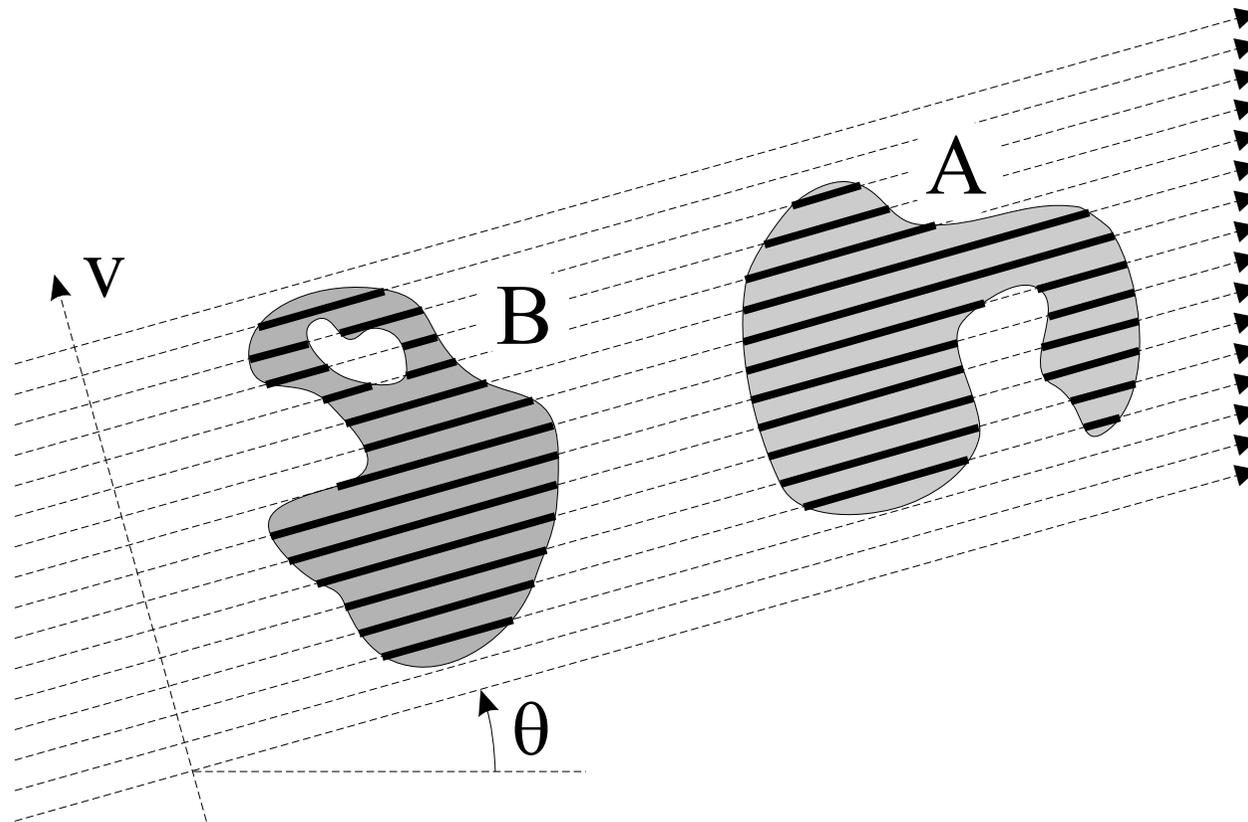


FIG. 7 – Sections parallèles : $F^{AB}(\theta) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(\theta, A_{\theta}(v), B_{\theta}(v)).dv$

Pour toutes les directions

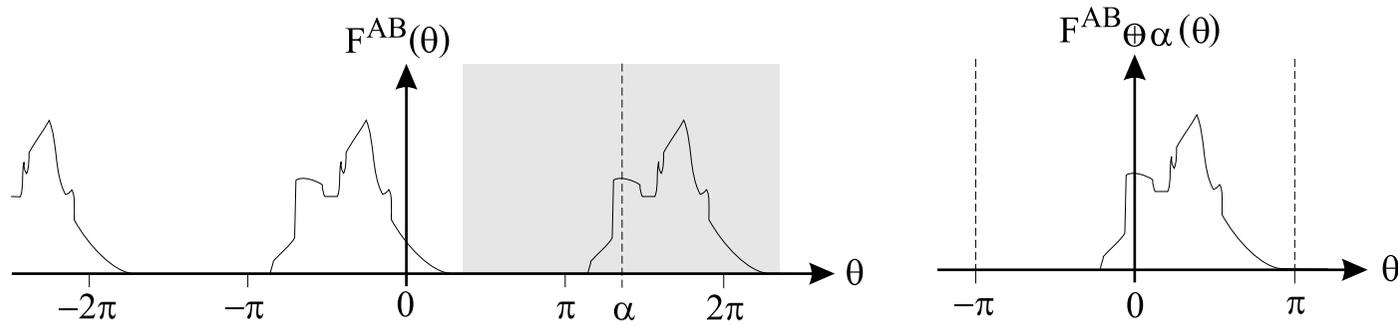


FIG. 8 – *Histogramme directionnel* : $\mathcal{R}_\alpha(A,B) = H(F^{AB} \oplus \alpha)$

Généralisation aux objets vectoriels

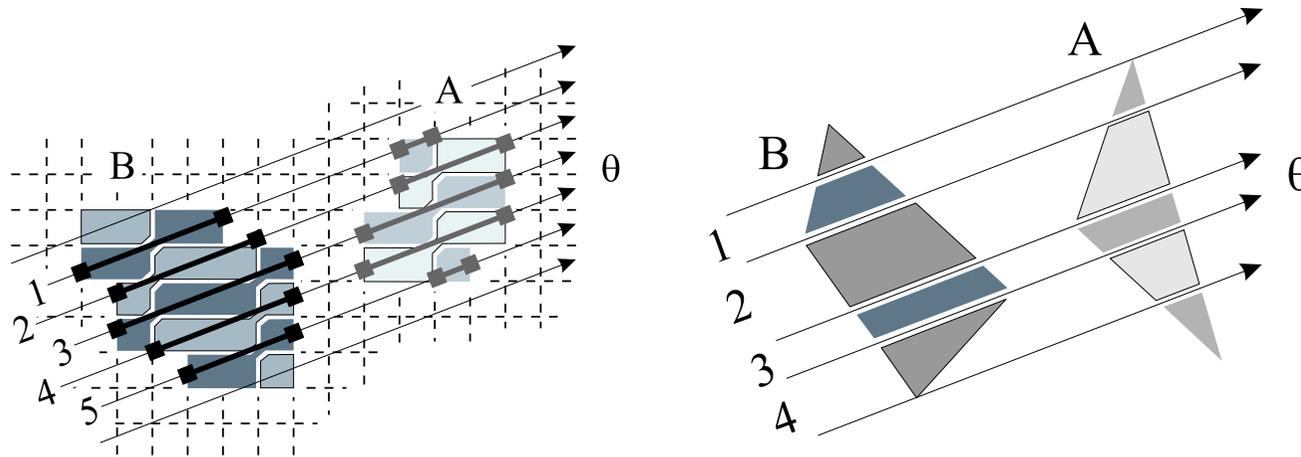


FIG. 9 – *Données discrètes et vectorielles.*

Complexité : $\mathcal{O}(pn\sqrt{n}) \Rightarrow \mathcal{O}(pq \ln q)$

avec:

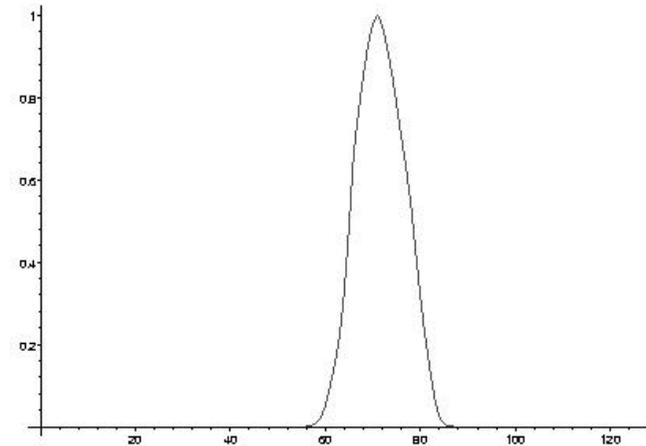
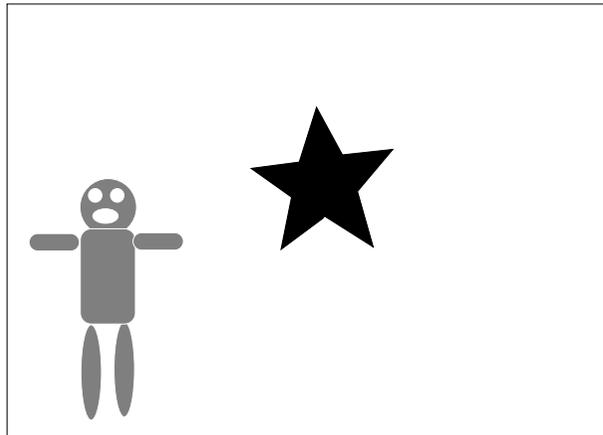
n = taille image,

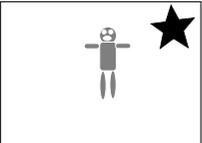
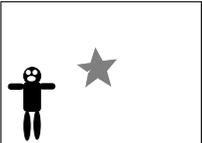
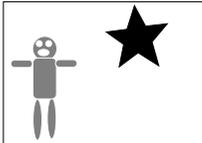
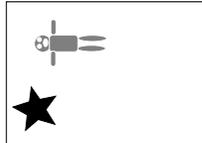
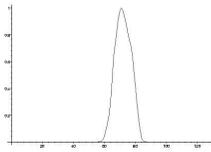
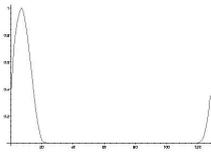
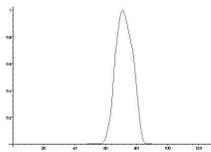
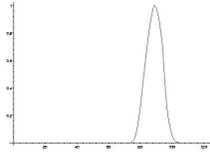
q = nombre de sommets,

p = nombre de directions.

Propriétés géométriques des histogrammes

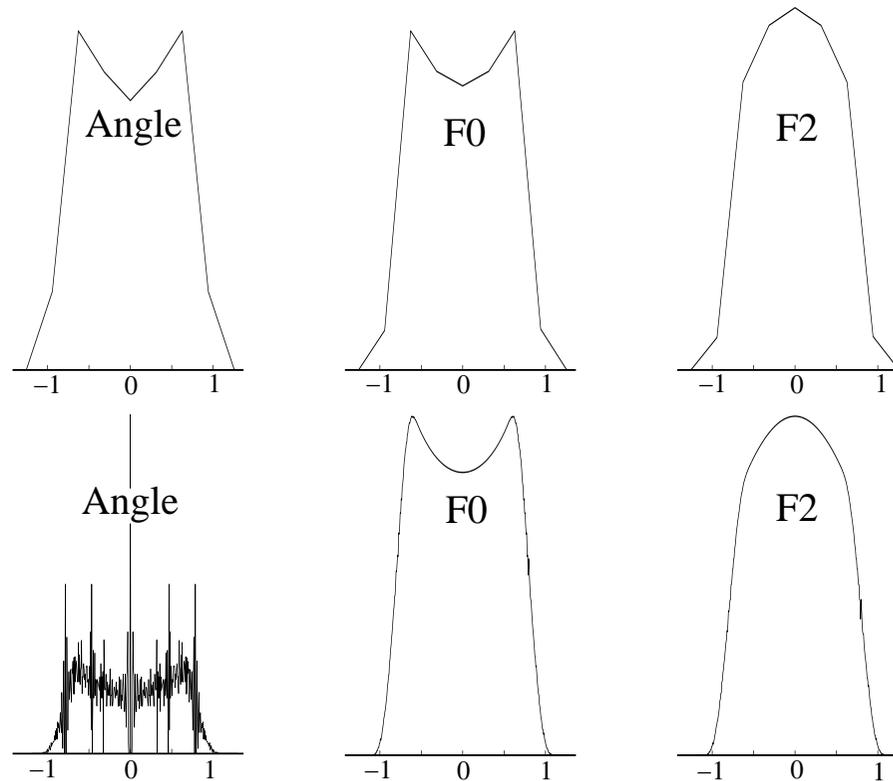
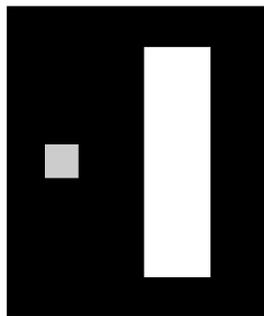
- **Inverse** : F_r^{BA} peut être facilement déduit de F_r^{AB} ,
- **Translation** : quand A et B sont translatés, F_r^{AB} ne varie pas,
- **Rotation** : quand une rotation est appliquée, l'histogramme est simplement décalé sur son axe des x ,
- **Echelle** : quand une dilatation est appliquée l'histogramme est étiré (les forces sont multipliées pas une valeur dépendant de r et du facteur d'échelle).



	Translation	Inverse	Echelle	Rotation
Image				
Histo				

TAB. 1 – *Effet des transformations géométriques sur l'histogramme.*

Influence du nombre d'angles de rotation



a) dessus: pas de discrétisation correspondant à 18 degrés.

b) dessous: 1/3 de degré.

Segments isotropes

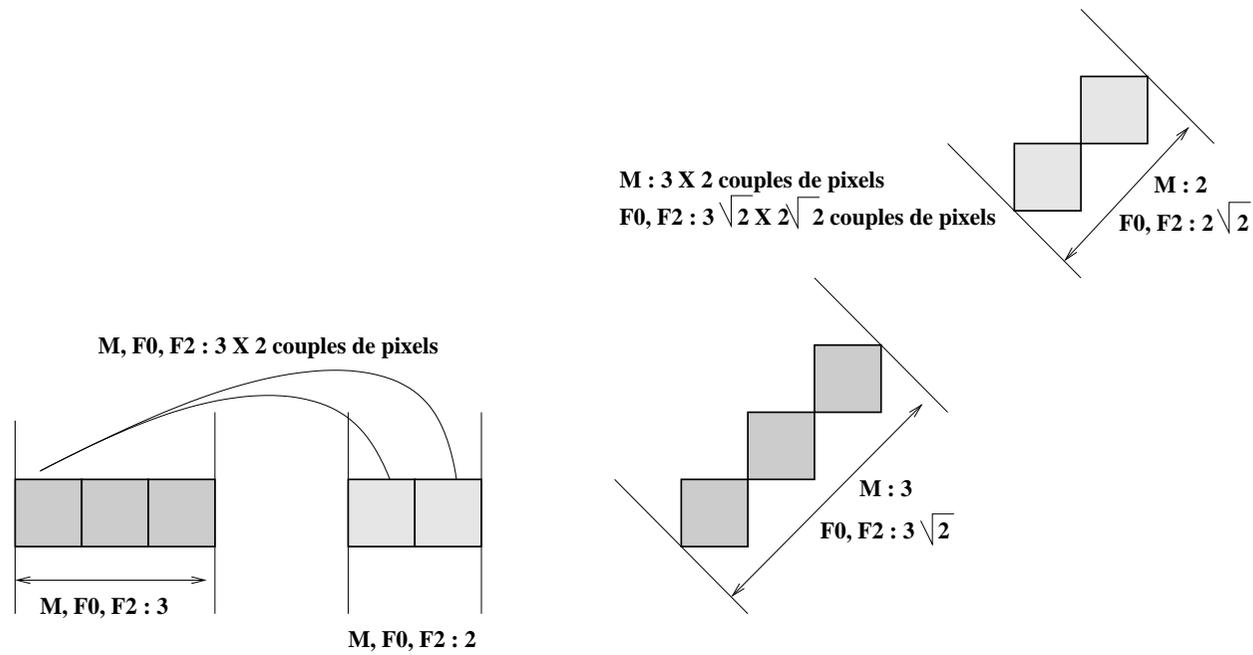


FIG. 10 – *Distance réelle en fonction de la direction.*

Interprétation de l'histogramme

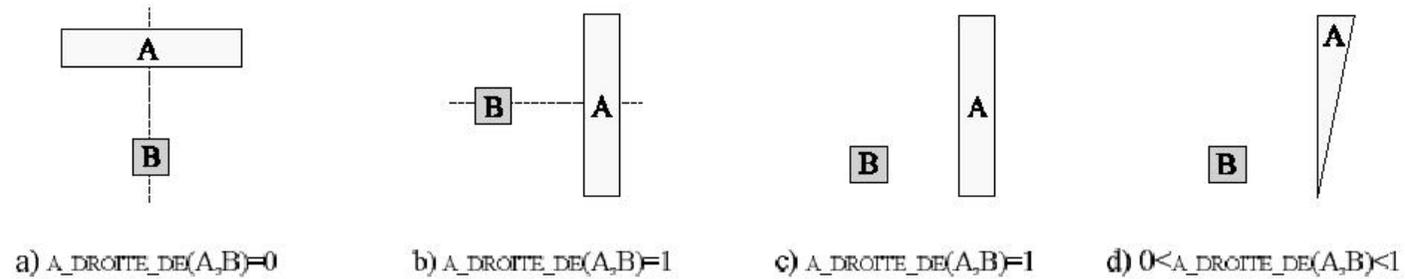


FIG. 11 – *Comportement attendu pour $R_{DROITE}(A,B)$*

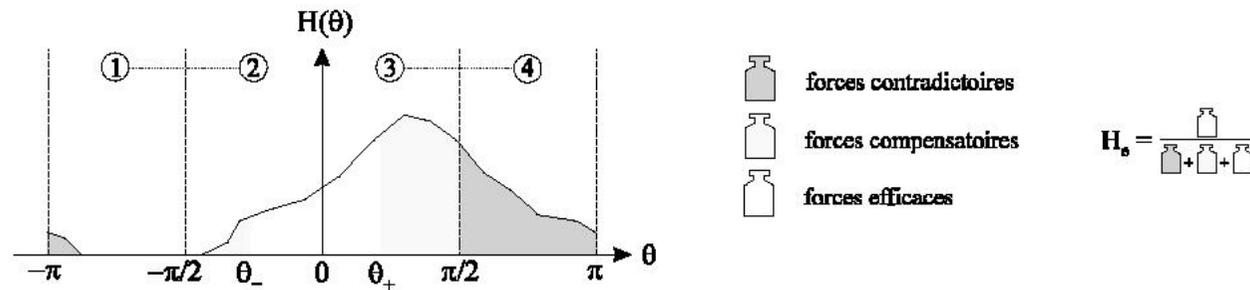


FIG. 12 – *Calcul des forces efficaces.*

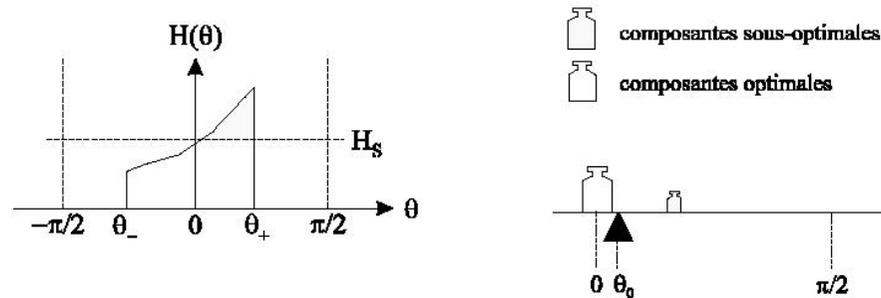


FIG. 13 – Composantes optimales et sous-optimales

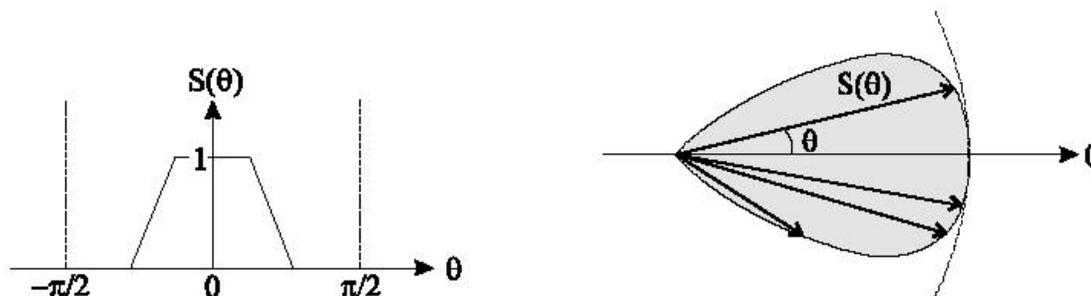


FIG. 14 – Sensibilité directionnelle μ .

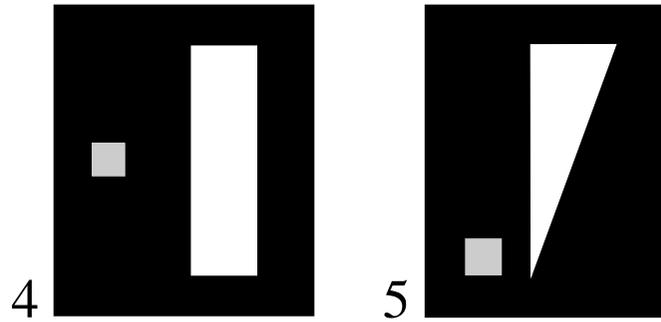
Calcul de la relation spatiale : $R_0(A,B) = \mu(\theta_0) \times h_e$

Etude comparative

- **K** : moyenne d'angles → agrégation (prototype trapézoïdal)
- **M** : histogramme d'angles → compatibilité (prototype sinusoidal)
- **F0** : aucune influence de la distance (H1)
- **F2** : intégration de la distance (H2)



	1				2				3			
	K	M	F0	F2	K	M	F0	F2	K	M	F0	F2
Droite	10	12	0	0	60	71	54	21	89	93	72	22
Gauche	10	12	0	0	2	12	0	0	1	12	0	0
Dessus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dessous	88	88	100	100	38	29	76	99	10	8	55	99



	4				5			
	K	M	F0	F2	K	M	F0	F2
Droite	71	78	100	100	38	32	55	86
Gauche	0	0	0	0	0	0	0	0
Dessus	15	23	0	0	67	68	73	43
Dessous	15	23	0	0	1	5	0	0

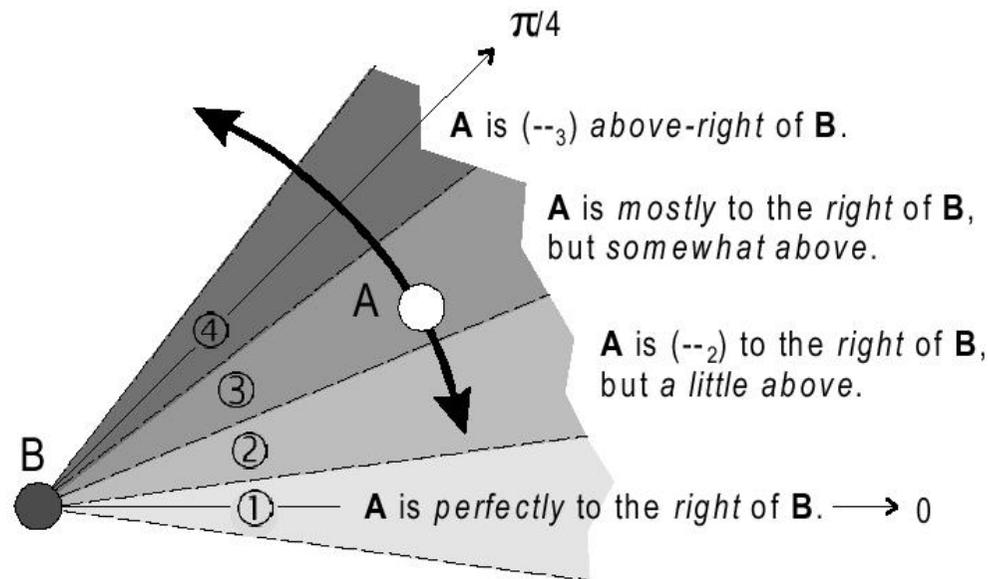


	4				5			
	K	M	F0	F2	K	M	F0	F2
Droite	1	9	0	0	1	3	0	0
Gauche	44	48	54	29	40	35	87	99
Dessus	0	0	0	0	17	45	0	0
Dessous	54	53	75	95	43	68	20	5

Description linguistique de la position relative

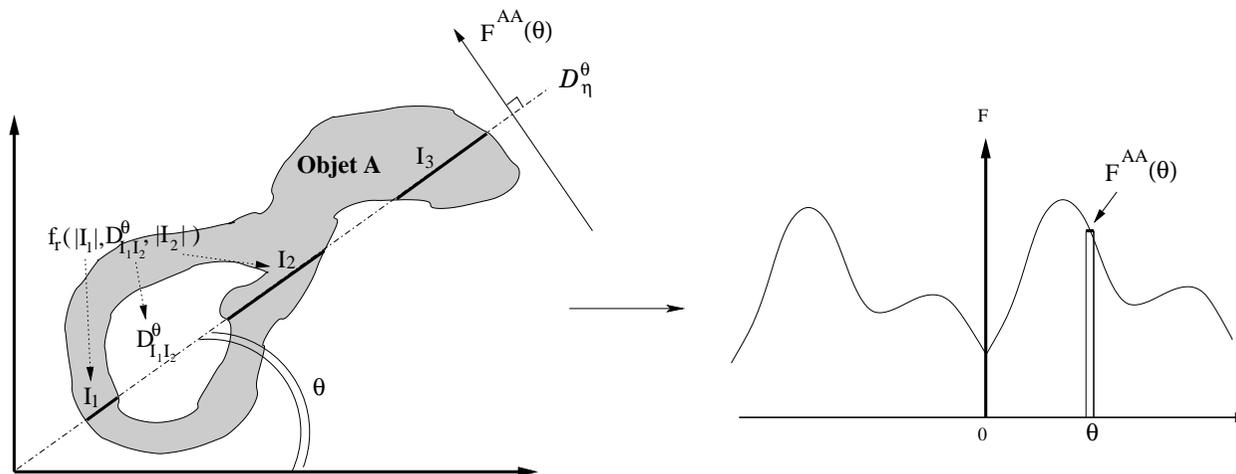
Evaluations successives de la position d'un objet qui se déplace par rapport à un autre (référent).

Utilisation de quantificateur linguistique → Evaluation plus fine de la position spatiale.



Notion de F -signature

Objet A considéré avec lui-même \Rightarrow calcul de $H_A (F^{AA})$



Les propriétés géométriques (rotation, translation et échelle) sont vérifiées pour les F -signatures.

Application

Données : dessins de crânes (3^{ème} siècle, nécropole, Haute-Nubie)

Objectif : classer les régions en 2 classes décomposées en 4 catégories.

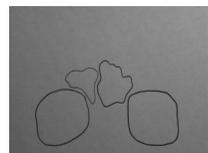
Sinus \Rightarrow haricot, foliace, pyramidal ou éventail

Orbites \Rightarrow rectangulaire, elliptique, trapézoïdale ou ronde.

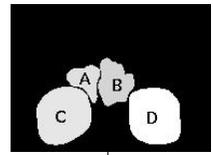
Contraintes : les orbites vont par paires mais il n'existe aucune loi qui régisse l'ordre des sinus.

Rapport de similarité entre deux histogrammes H_1 and H_2

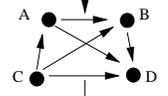
$$SR(H_1, H_2) = 100 \times \max_{\alpha} \left\{ \frac{\sum_{\theta} \min(\bar{H}_1(\theta), \bar{H}_2(\theta + \alpha))}{\sum_{\theta} \max(\bar{H}_1(\theta), \bar{H}_2(\theta + \alpha))} \right\}$$



Détermination des régions

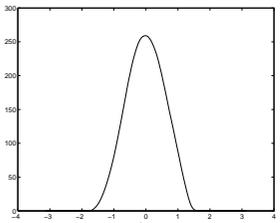


Décomposition sous forme de DAG

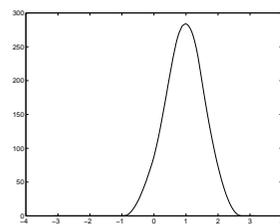


Calcul des histogrammes de forces

Relation A-B
droite 0.997
dessous 0.003



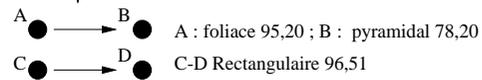
Relation A-C
droite 0.486
dessus 0.771



BASE DE DONNEES TYPE

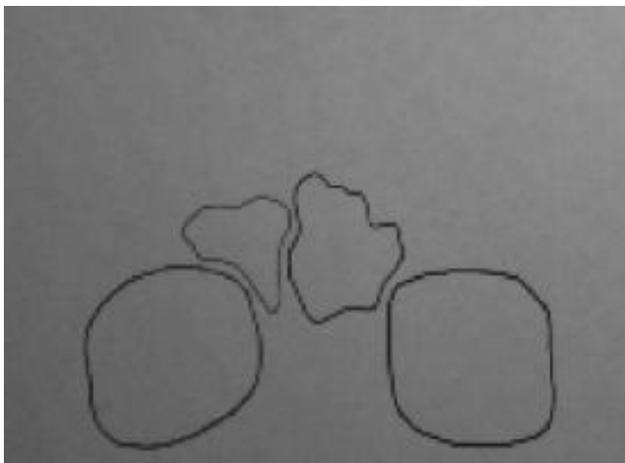
Sinus	Orbite
Haricot	Rectangulaire
Foliace	Elliptique
Pyramidal	Trapézoïdale
Eventail	Ronde

DECISION (graphes simples)



Exemple 1

Image



F_2 normalisé

Orbits		Sinus	G	D
Re	96.51	Be	59.31	37.29
El	83.00	Fo	95.20	62.23
Tr	88.10	Py	90.36	78.20
Ci	93.33	Fs	68.99	43.27

Descripteurs de Fourier

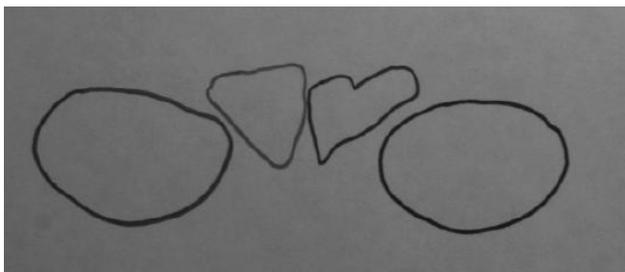
Orbits		Sinus	G	D
Re	55.61	Be	32.26	35.16
El	51.00	Fo	55.34	57.22
Tr	48.74	Py	40.82	52.25
Ci	40.93	Fs	48.72	44.97

Opinion (en %)

Orbits		Sinus	G	D
Re	69	Be	0	1
El	3	Fo	49	16
Tr	16	Py	8	79
Ci	12	Fs	33	4

Exemple 2

Image



F_2 normalisé

Orbits		Sinus	G	D
Re	53.55	Be	63.31	81.46
El	74.14	Fo	94.29	81.43
Tr	70.09	Py	84.66	65.79
Ci	66.20	Fs	73.65	93.57

Descripteurs de Fourier

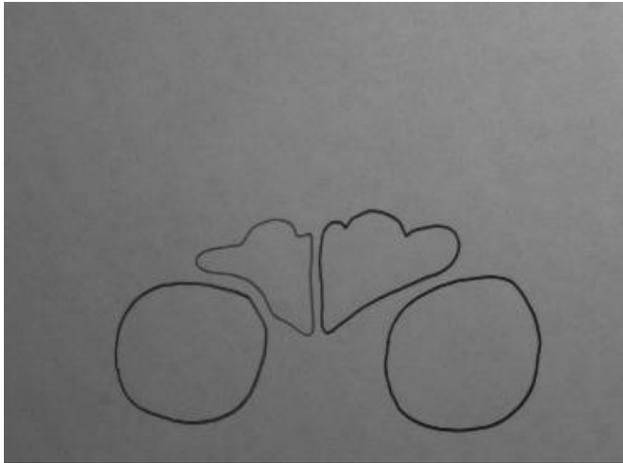
Orbits		Sinus	G	D
Re	58.49	Be	43.50	32.29
El	60.06	Fo	57.86	60.31
Tr	54.46	Py	38.17	50.06
Ci	35.52	Fs	36.84	45.39

Opinion

Orbits		Sinus	G	D
Re	2	Be	0	0
El	83	Fo	67	32
Tr	1	Py	22	16
Ci	14	Fs	11	52

Exemple 3 - ambiguïté

Image



F_2 normalisé

Orbits		Sinus	G	D
Re	90.21	Be	51.42	55.82
El	92.93	Fo	86.11	93.36
Tr	96.52	Py	95.87	95.67
Ci	94.14	Fs	59.82	64.94

Descripteurs de Fourier

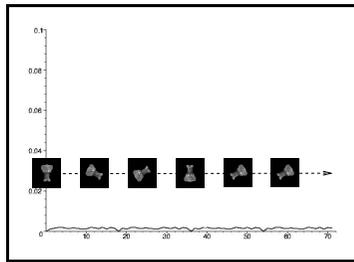
Orbits		Sinus	G	D
Re	51.16	Be	35.83	42.23
El	61.05	Fo	54.16	61.77
Tr	49.46	Py	34.89	49.34
Ci	45.78	Fs	42.02	63.17

Opinion

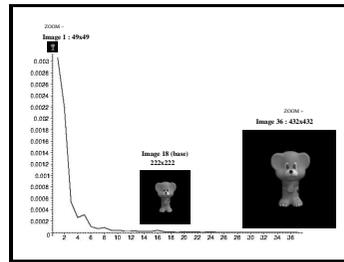
Orbits		Sinus	G	D
Re	13	Be	0	0
El	11	Fo	28	31
Tr	37	Py	57	53
Ci	39	Fs	15	16

Extension aux objets photométriques et en couleur

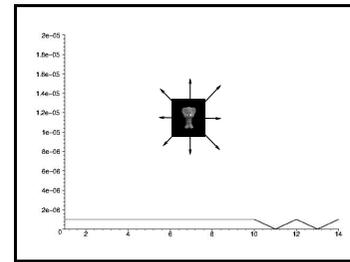
– Transformations géométriques



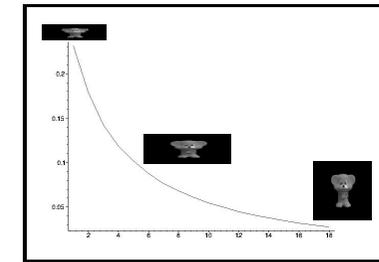
Rotation



Echelle

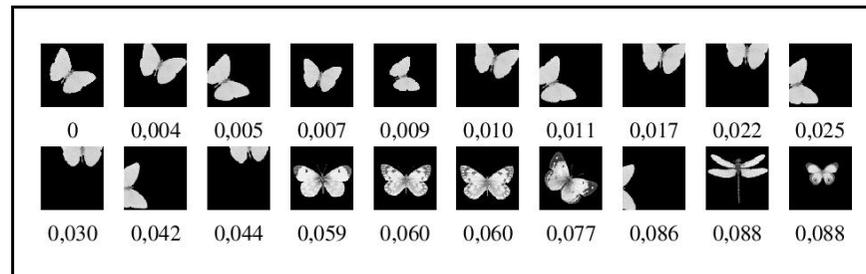


Translation

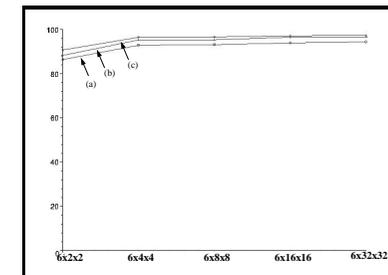
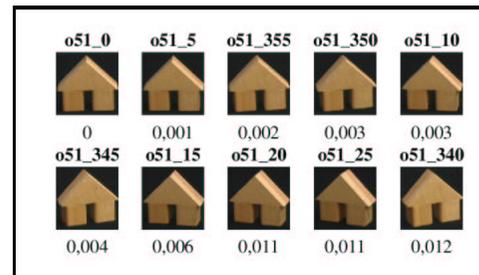
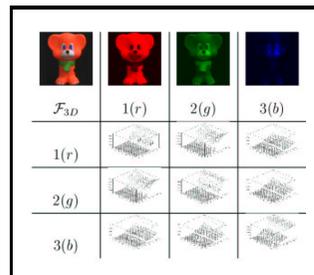


Déformation

– Occultations



– Couleur



Recherche d'images par le contenu à partir d'un graphe relationnel

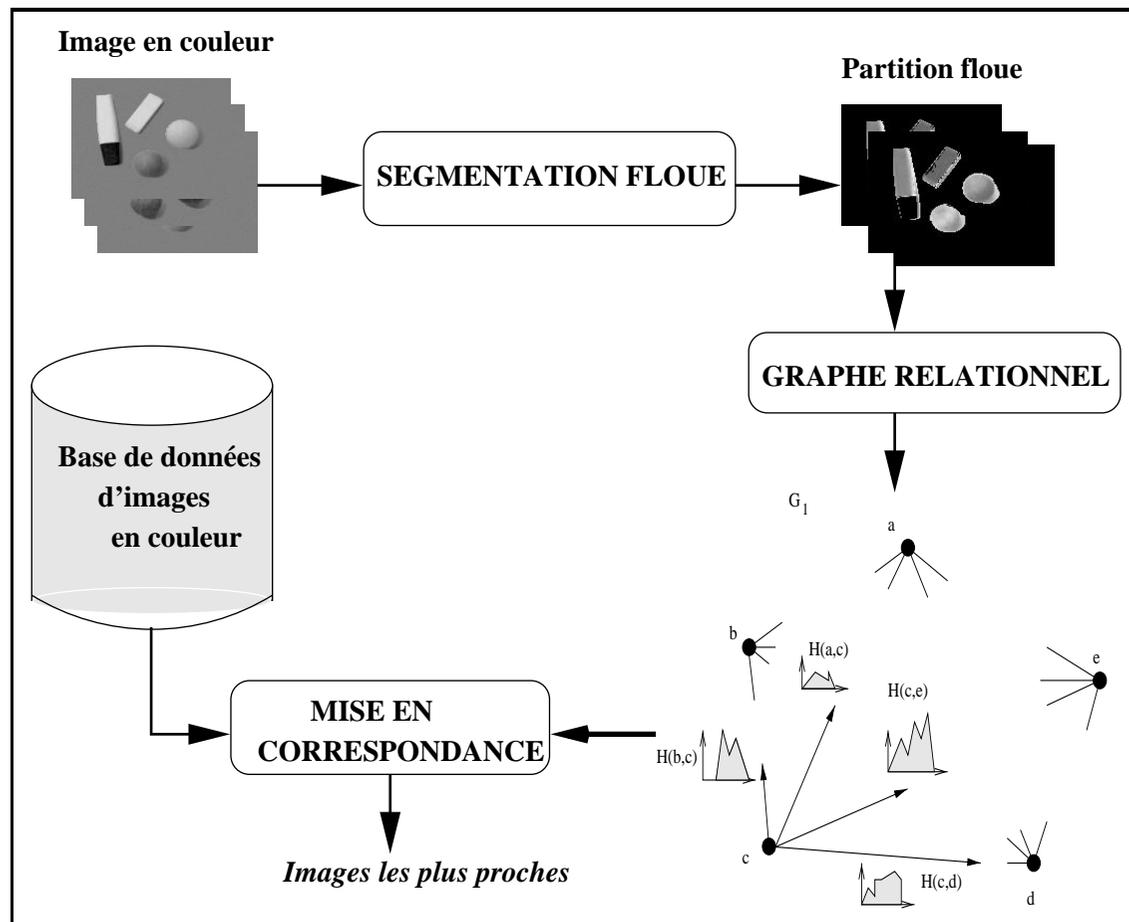


FIG. 15 – Description générale de la méthode.

Segmentation floue d'image

Définition d'une partition floue \Rightarrow prendre en compte les points situés dans des zones communes (chevauchement des classes).

Méthode classique : algorithme des c-moyennes floues (Bezdek)

Problème : bruit, temps de calcul, pixels à égale distance des classes

Segmentation possibiliste : limite le bruit, très rapide (Khrisnapuram)

Problème : seuils, convergence vers une classe identique

\Rightarrow Extension de la méthode.

Segmentation possibiliste itérative sans seuil

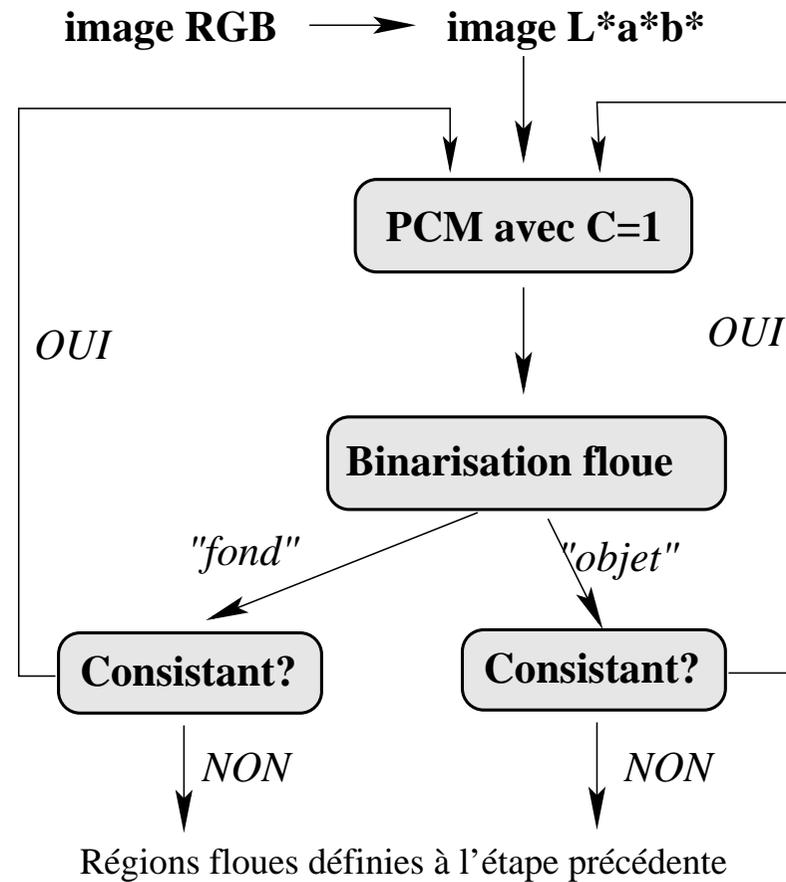


FIG. 16 – Définition d'un algorithme de segmentation floue récursif

Exemple de décomposition

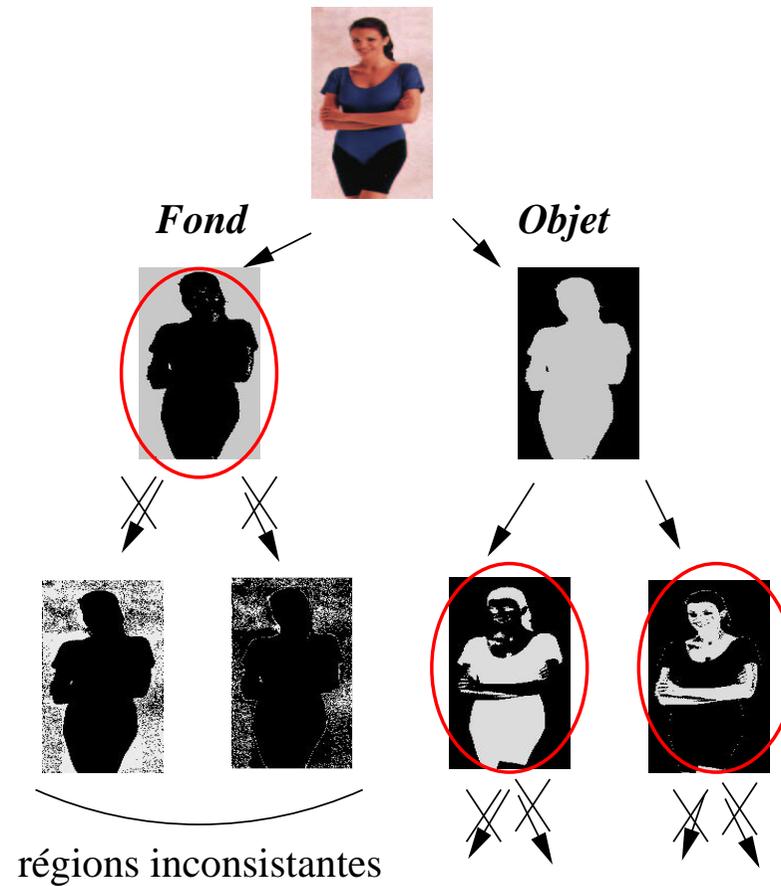


FIG. 17 – *Arbre obtenu après une segmentation floue de l'image.*

Construction d'un graphe relationnel

Les régions sont assimilées à leur barycentre.

Un histogramme de forces est calculé entre chaque couple de régions.

On calcul ensuite des K-formules suivant une direction donnée :

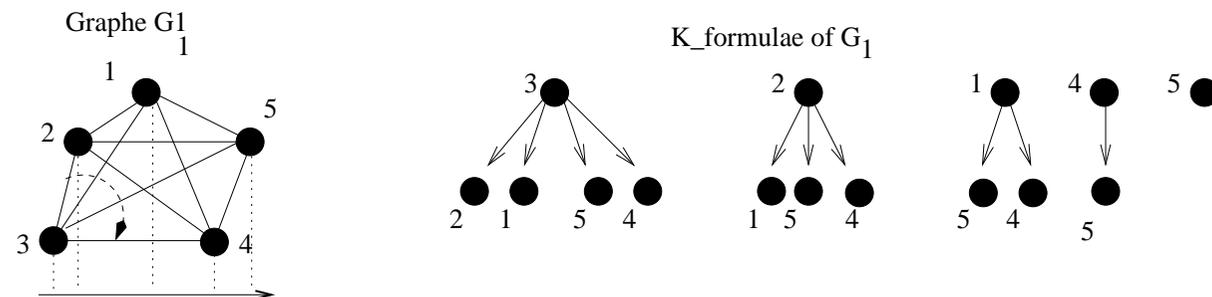


FIG. 18 – *Construction des k-formules par projection.*

Pour une direction \Rightarrow complexité en $\mathcal{O}(n^2 \ln n)$ pour n sommets.

Match(G_1, G_2)

Entrée: Deux Graphes.

Sortie: Rapport de similarité.

{

Segmentation floue

Localisation des régions et construction du graphe

Histogramme de forces de G_1 et G_2

Définition des k -formules de G_1 (quicksort)

Similarity = 0

Pour chaque direction θ Faire

{

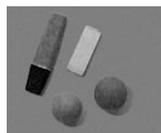
Calcul des k -formules G_2 (quicksort)

$\lambda \leftarrow$ Appariement k -formules de G_1 et G_2

Similarity \leftarrow max(Similarity, λ)

}

Exemple scène



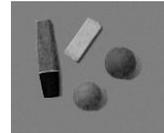
Rouge



Vert



Bleu



Rouge



Vert



Bleu



(A1)



(A2)



(A3)



(B1)



(B2)



(B3)

FIG. 19 – *Scènes comparées.*

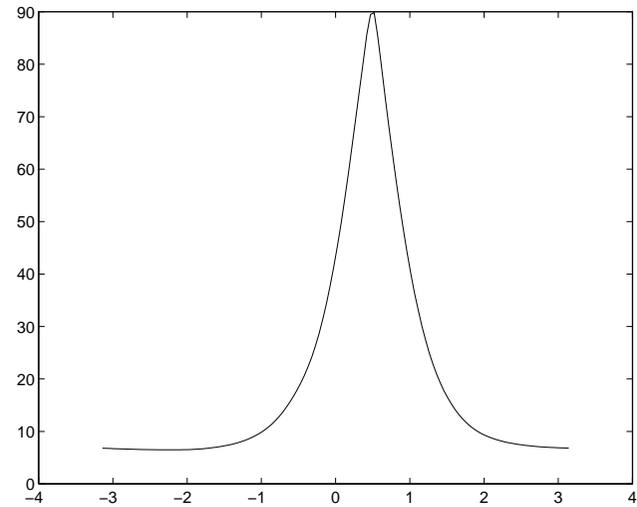


FIG. 20 – *Variation du rapport de similarité*

Score : 95,52%

Décalage : 28,13 degrés.

Application à la recherche d'image par le contenu

- **Données :** environ 1000 images
- **Méthodes :**
 - M1 : histogramme de couleur + calcul de similarité
 - M2 : approche fondée sur le graphe relationnel

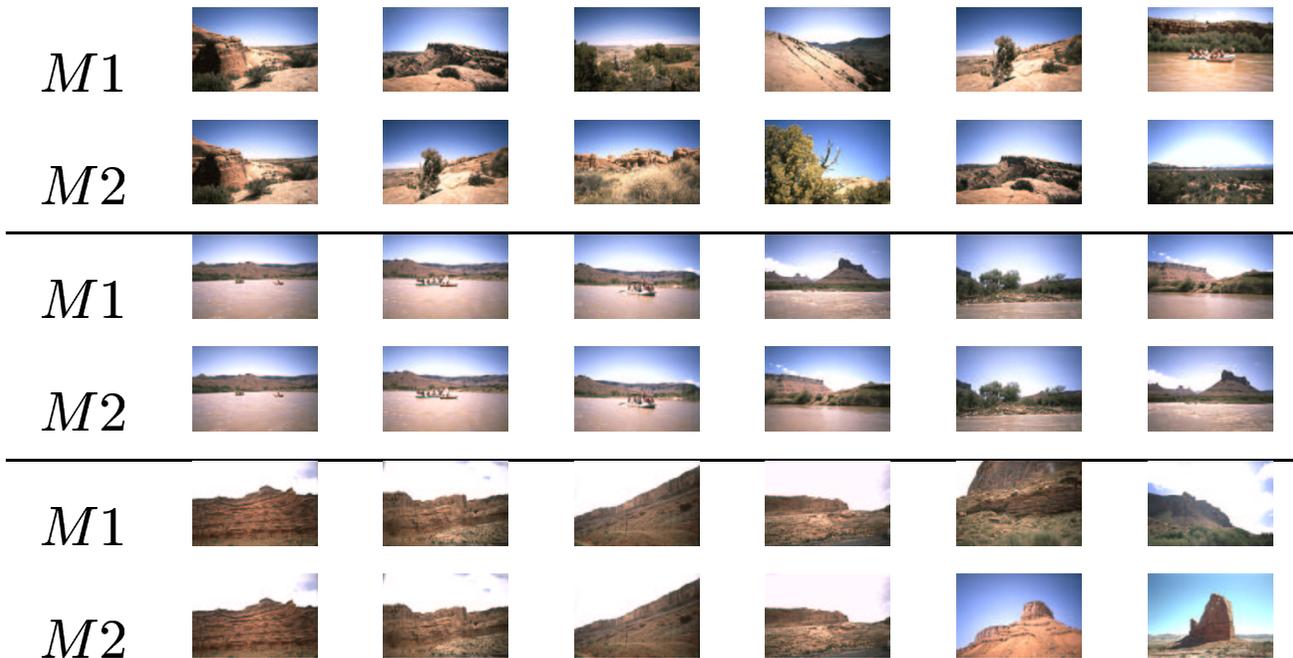


FIG. 21 – *Tests sur des images de paysages.*

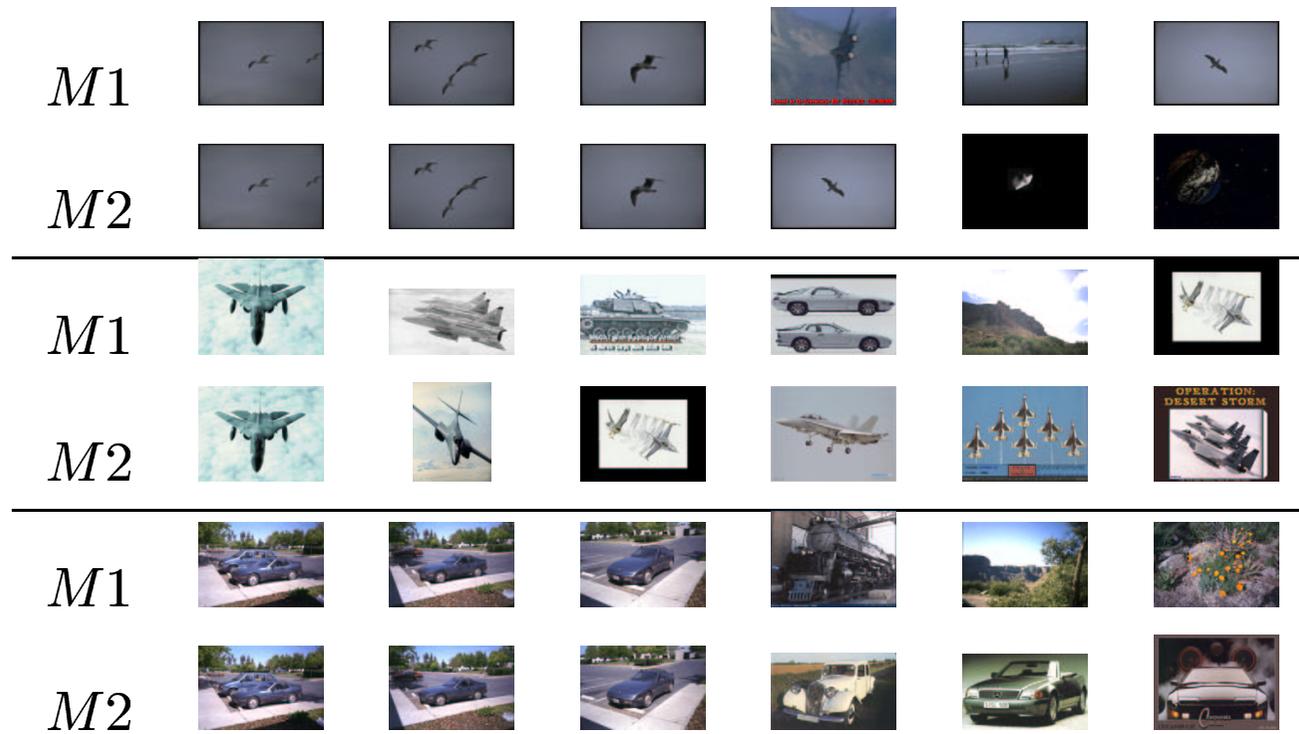


FIG. 22 – Tests sur des images d'objets.

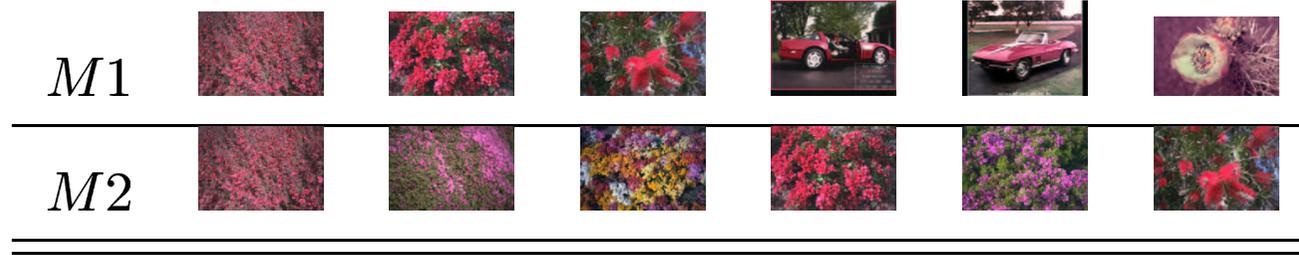


FIG. 23 – *Tests sur une image de texture.*

Perspectives

Extension à d'autres relations spatiales

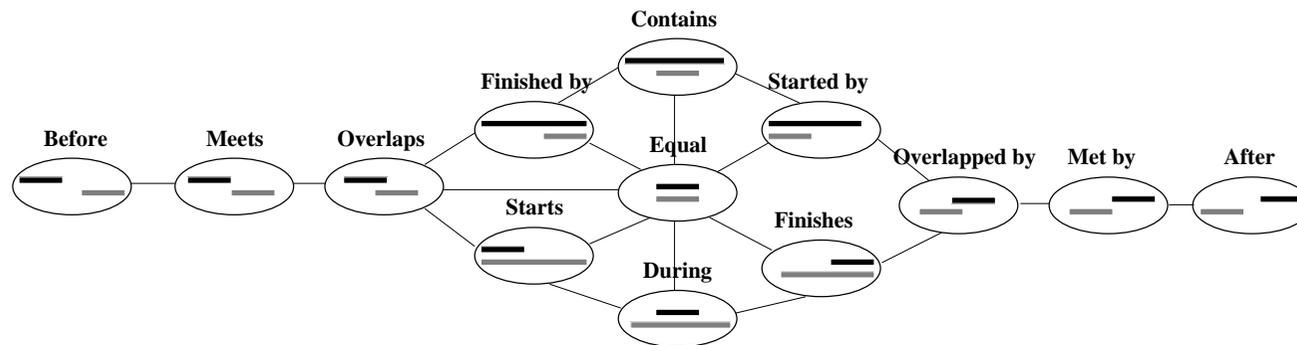


FIG. 24 – *Graphe de Allen.*

- ⇒ Parcours identique pour la construction de l'histogramme,
- ⇒ Définition d'une hiérarchie des régions au sens de l'inclusion.

Agrégation multicritères

Contexte : quantité importante de symboles à reconnaître

Problème : passage à l'échelle des descripteurs classiques de RF

Idée : prendre en compte les interactions pendant l'agrégation

Principe :

