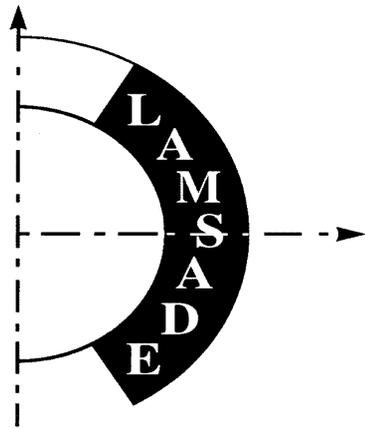


Indexation multi-niveau pour la recherche globale et partielle d'images par le contenu*



Geneviève Jomier¹

Maude Manouvrier¹

Vincent Oria²

Marta Rukoz³



** Réalisé en partie dans le cadre d'une coopération scientifique CNRS-FONICIT/CDCH*

1. LAMSADE - Université Paris-Dauphine - France

2. New Jersey Institute of Technology - USA

3. CCPD - Université Centrale du Venezuela - Caracas

Plan de l'exposé

- **Recherche d'images par le contenu**
- **Similarité d'images représentées par des arbres quaternaires**
- *Quadtree-based Index for Image Retrieval (QUIP-tree)*
- **Résultats d'expérimentation**
- **Conclusion**

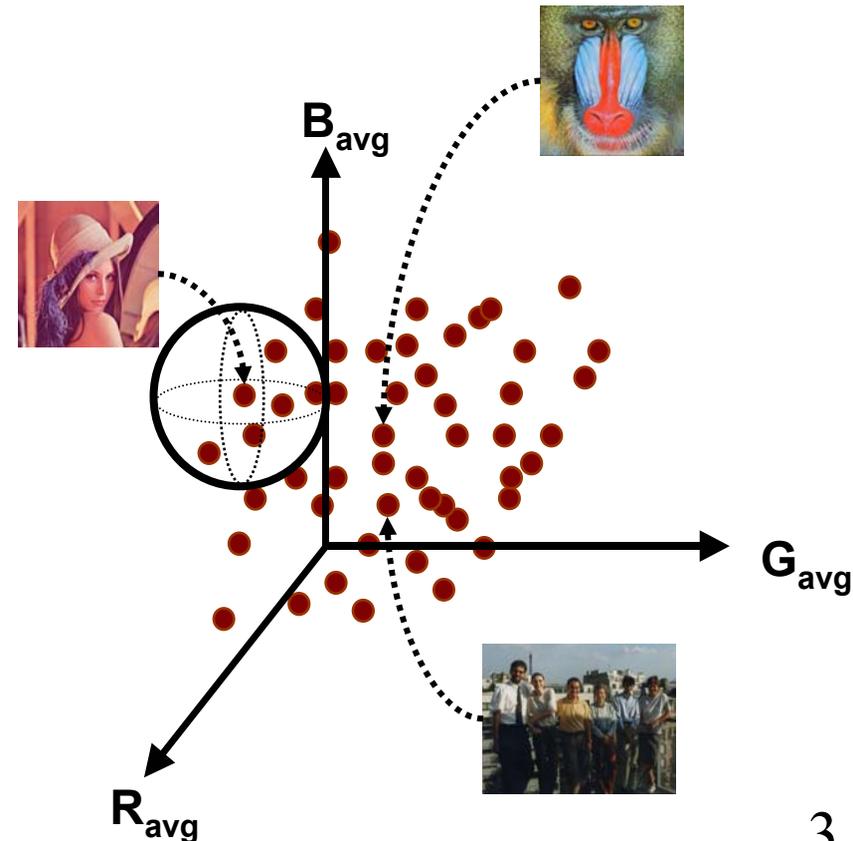
Recherche d'images par le contenu

- Représentation du contenu visuel des images par un descripteur
- Représentation de chaque image par un point dans un espace multidimensionnel
- Similarité des images définie comme étant proportionnelle à la proximité des points dans l'espace
- Utilisation de structures d'index pour diminuer le nombre de comparaisons
- Réduction des dimensions pour éviter la “spirale dimensionnelle“ (*curse of dimensionality*)



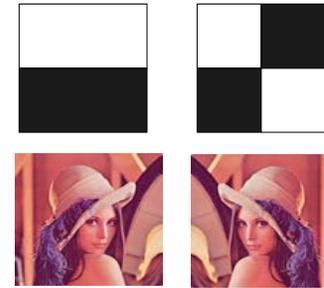
(180, 98, 105)

Vecteur moyenne des couleurs



Prise en compte de la localisation des pixels

- Similarité globale ~~≠~~ Similarité locale

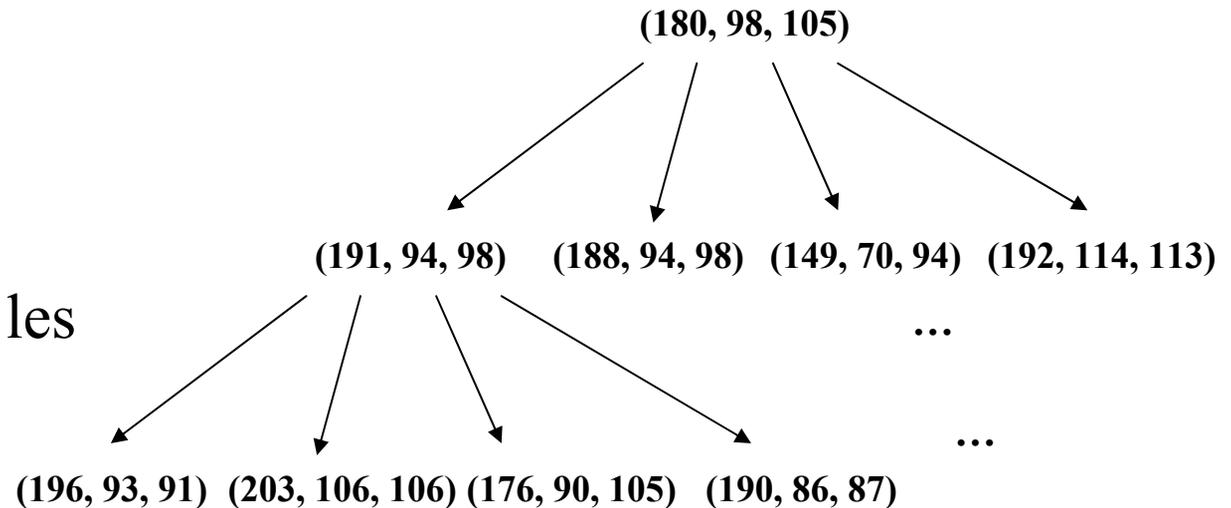


- Découpage des images en arbre quaternaire (*quadtree*)



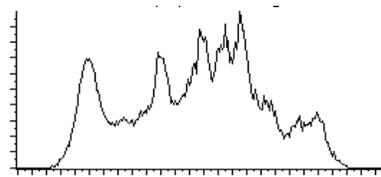
- Représentation de chaque quadrant d'image par un descripteur visuel

- Stockage des descripteurs dans les nœuds de l'arbre quaternaire

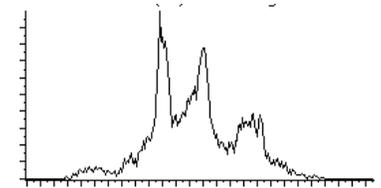


Similarité d'images représentées par des arbres quaternaires

- **Histogramme de couleurs :**
 - GUPTA A., JAIN R., "Visual Information Retrieval", *CACM*, 1997
 - LU H., OOI B.-C., TAN K.-L., "Efficient Image Retrieval by Color Contents", *ADB-94*
- **Vecteurs moyenne des couleurs :**
 - LIN S., TAMER ÖZSU M., ORIA V., NG R., "An Extendible Hash for Multi-Precision Similarity Querying of Image Databases", *VLDB'2001*
- **Histogrammes combinant la couleur et la texture :**
 - MALKI J., BOUJEMAA N., NASTAR C., WINTER A., "Region Queries without Segmentation for Image Retrieval by Content", *Visual'99*
- **Descripteurs de forme :**
 - KIM H.-K., KIM J.-D., "Region-based shape descriptor invariant to rotation, scale and translation", *Signal Processing : Image Com.*, 2000
- **Définition de distances entre images représentées par des arbres quaternaires :**
 - RUKOZ M., MANOUVRIER M., JOMIER G., "Distances de similarité d'images basées sur les arbres quaternaires", *BDA'2002*



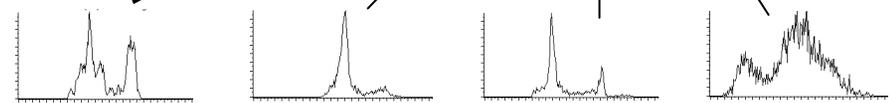
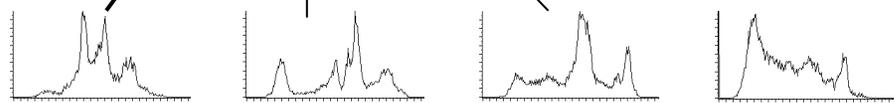
Si la distance est inférieure à un seuil α



Descripteur du quadrant 0 de l'image requête Q

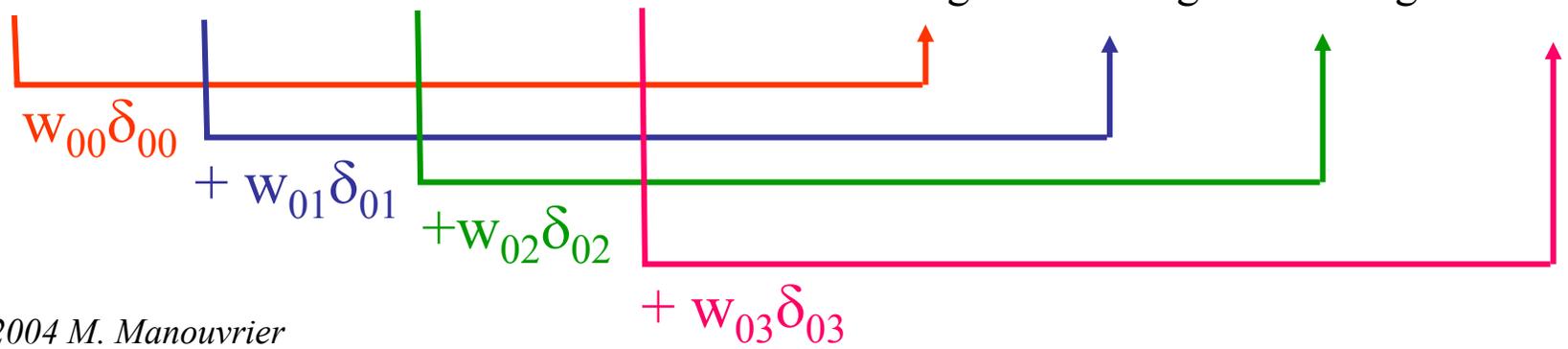
Descripteur du quadrant 0 d'une image i de la base

Si la distance est inférieure à un seuil α , on regarde le niveau inférieur



Quadrant 00 de l'image Q Quadrant 01 de l'image Q Quadrant 02 de l'image Q Quadrant 03 de l'image Q

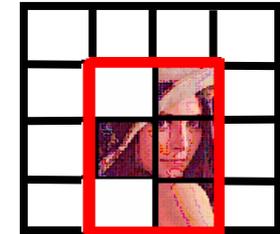
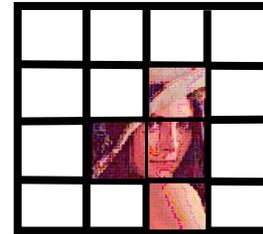
Quadrant 00 de l'image i Quadrant 01 de l'image i Quadrant 02 de l'image i Quadrant 03 de l'image i



Recherche par le contenu d'images représentées par des arbres quaternaires

- Similarité tenant compte de la localisation des pixels
- Filtrage multi-niveau
- Possibilité de requête sur des régions

(a) Image requête

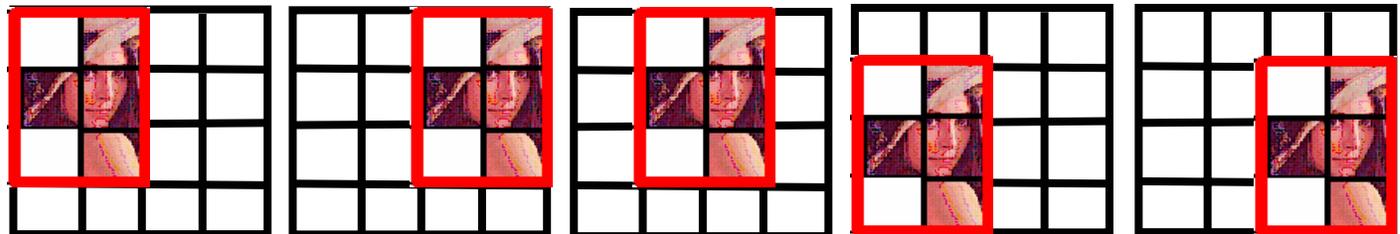


(b) Image représentée par un vecteur de caractéristiques de 3 niveaux

(c) Quadrants sélectionnés par l'utilisateur

(d) Rectangle minimum englobant les quadrants sélectionnés

Adaptée de
(Malki et al.,
1999)



(e) Translations du rectangle englobant

Recherche par le contenu d'images représentées par des arbres quaternaires

- **Similarité tenant compte de la localisation des pixels**
 - **Filtrage multi-niveau**
 - **Possibilité de requête sur des régions**
 - **Utilisation d'index sur les racines des arbres quaternaires**
 - Arbre R dans (Lu et al., 1994)
 - Arbre k-d dans (Malki et al., 1999)
 - Hachage extensible dans (Lin et al., 2001)
- ⇒ Pour diminuer le nombre de comparaison des vecteurs globaux
- ⇒ Pour comparer exhaustivement les arbres quaternaires que d'un sous-ensemble d'images globalement similaires

Notre approche : le QUIP-tree

(Quadtree-based Index for Image Retrieval)

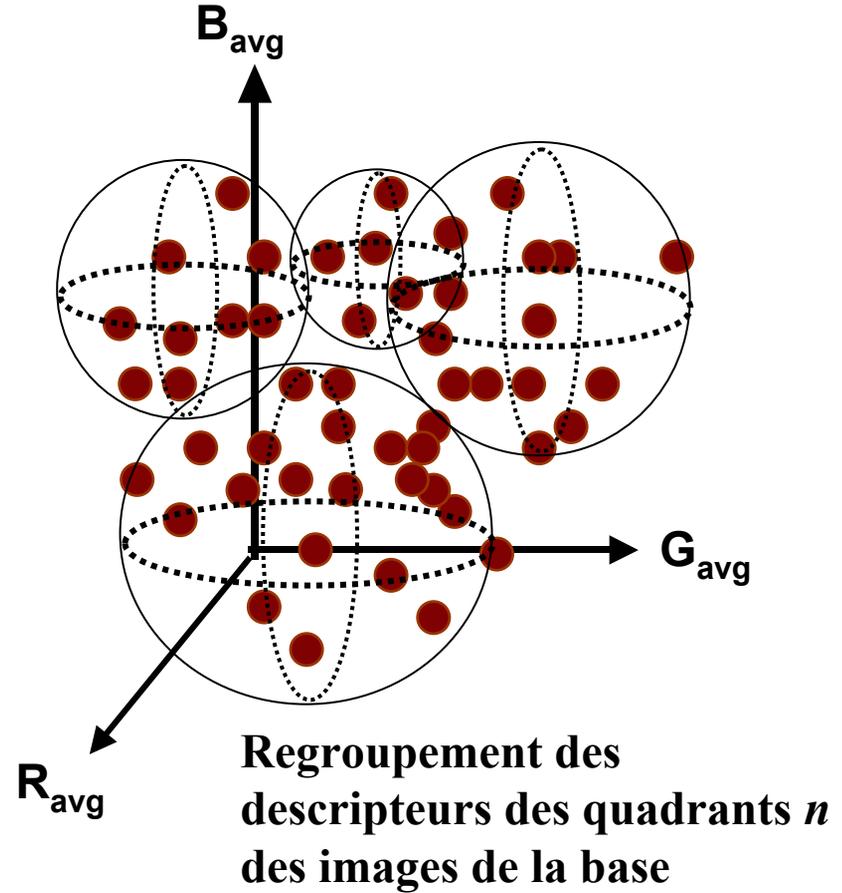
- Représentation de tous les quadrants d'images dans un même arbre quaternaire, l'arbre QUIP
- Regroupement des quadrants homologues similaires

Centroïde et rayon des clusters

Id. d'images

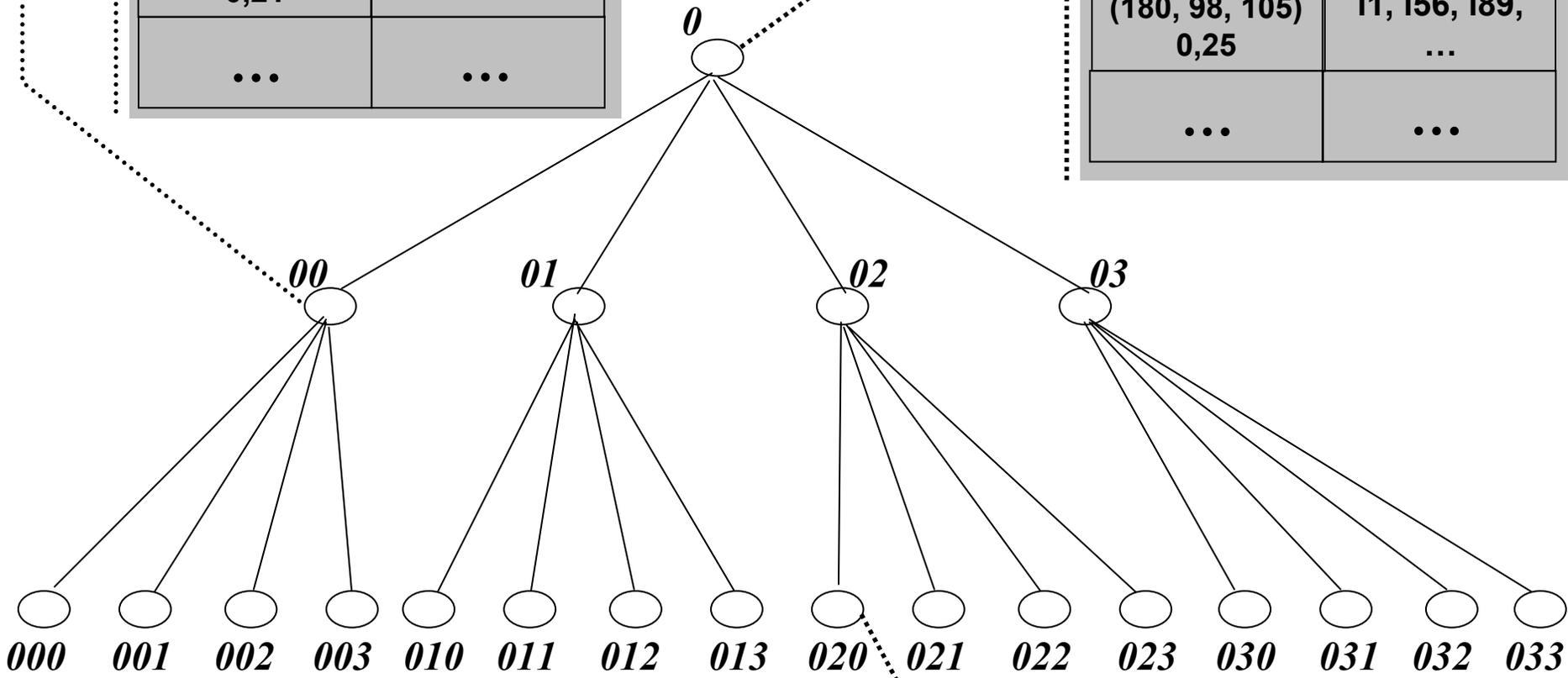
| | |
|----------------------------|---------------------------------|
| [(180, 98, 105) ; 0,25] | $i_1, i_{56}, i_{89}, \dots$ |
| [(137, 128, 113) ; 0,12] | $i_{23}, i_{54}, i_{78}, \dots$ |
| [(86, 88, 84) ; 0,44] | i_3, i_5, i_{80}, \dots |
| ... | ... |

Un exemple de nœud n de l'arbre QUIP



| Cluster | Id. d'images |
|-----------------------|------------------|
| (13, 152, 78) 0,21 | i4, i5, i89, ... |
| ... | ... |

| Cluster | Id. d'images |
|------------------------|----------------------|
| (180, 98, 105) 0,25 | i1, i56, i89, ... |
| ... | ... |



| Cluster | Id. d'images |
|------------------------|----------------------|
| (134, 102, 78) 0,12 | i4, i56, i89, ... |
| ... | ... |

Structure de l'arbre QUIP

QUIP-tree

- **Indépendant des descripteurs de quadrant**
- **Indépendant des distances choisies entre quadrants avec comme contrainte :** $\Delta^{(p-1)}(i, j) \leq \Delta^{(p)}(i, j) \leq \Delta^{(p+1)}(i, j)$
- **Au niveau du prototype implémenté (par R.E. Perozo et J.M. Lanna)**
 - **Utilisation des 3 premiers moments statistiques sur la couleur : descripteurs à 9 dimensions**
 - **Arbre quaternaire de 3 niveaux : 21 quadrants/image**
 - **Utilisation de l'algorithme de regroupement *k-means* : 5 clusters en moyenne**
 - **Stockage des descripteurs dans une base de données gérée par Oracle 9i : requêtes exprimées en SQL**
 - **Bases de 2311 images dont certaines ont subies des traitements (distorsion, rotation, bruitage, changement de taille ...)**
 - **Utilisation par défaut de la distance euclidienne et de poids $w_n = 4^{-n}$**

QUIP-tree

- **Recherche globale** : recherche des images similaires à une image requête en fonction des caractéristiques globales (en partant du quadrant 0 et en utilisant un filtrage multi-niveau)
- **Recherche de sous-images** : Recherche des images ou quadrants d'images similaires à une image requête, quelle que soit la taille de l'image requête et celle des quadrants
- **Recherche locale ou partielle** : Recherche d'images ayant des régions similaires aux régions sélectionnées dans l'image requête, une région étant composée de quadrants d'image

Exemple de requête globale : similarité calculée en comparant uniquement le quadrant 0 de chaque image

Búsqueda de Imágenes Similares

Archivo Operaciones Seleccionar Estructura 1 Estructura 2 Estructura 3

| | | | |
|--|--|---|--|
|  |  0.0 Hibisco_256 |  4.56463880388695E-4 Hibisco_256_rotado2 |  0.0305799315396646 Hibisco_256_mosaico |
| |  0.0345125790336154 Hibisco_Rotado |  0.058838671791238 Hibisco_256_Ruido |  0.0704673186444069 Hibisco_256_Viento |
| |  0.177460241041864 aertsen1 |  0.213788380731642 duccio9 |  0.217093360524817 duccio8 |

Buscar

Exemple de requête globale : similarité calculée en comparant tous les quadrants de chaque image

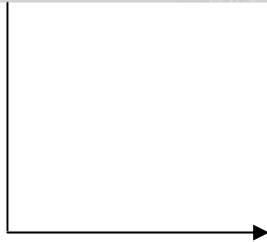
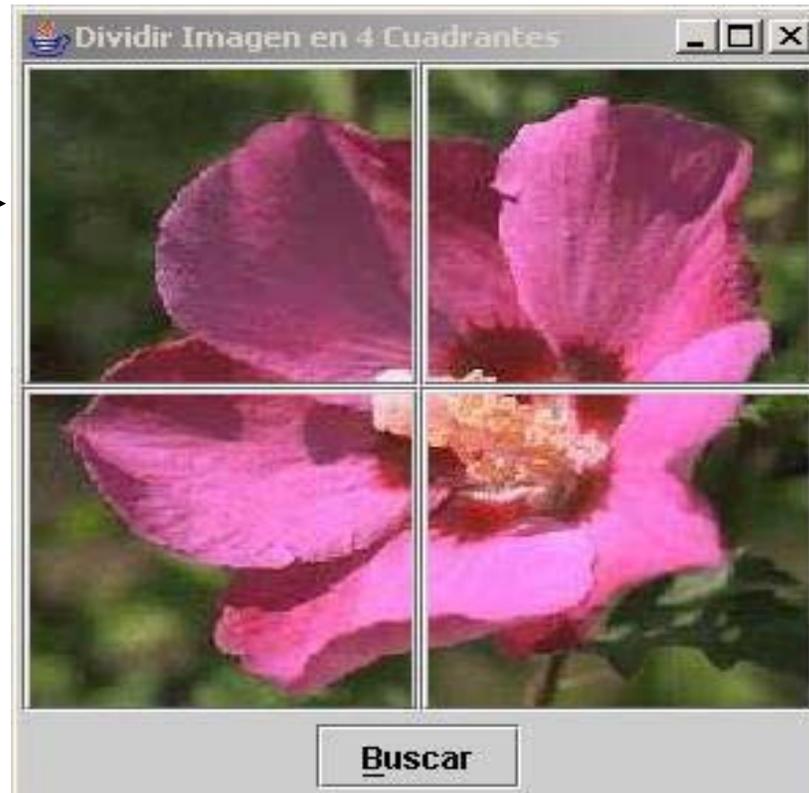
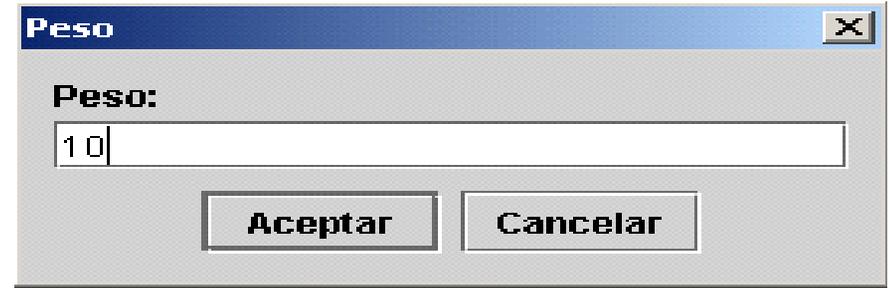
Búsqueda de Imágenes Similares

Archivo Operaciones Seleccionar Estructura 1 Estructura 2 Estructura 3

| | | |
|--|--|---|
| | | |
| 0.0 Hibisco_256 | 0.37415661205833456 Hibisco_256_mosaico | 0.42519258577011965 Hibisco_256_Viento |
| | | |
| 0.43909086386303936 Hibisco_256_Ruido | 0.522814909515529 Hibisco_256_C4 | 0.5569378669775885 Hibisco_256_rotado2 |
| | | |
| 0.5677666908500638 Hibisco_Rotado | 0.6322310153569797 Hibisco_distor | 0.6483693034663777 aertsen1 |

Buscar

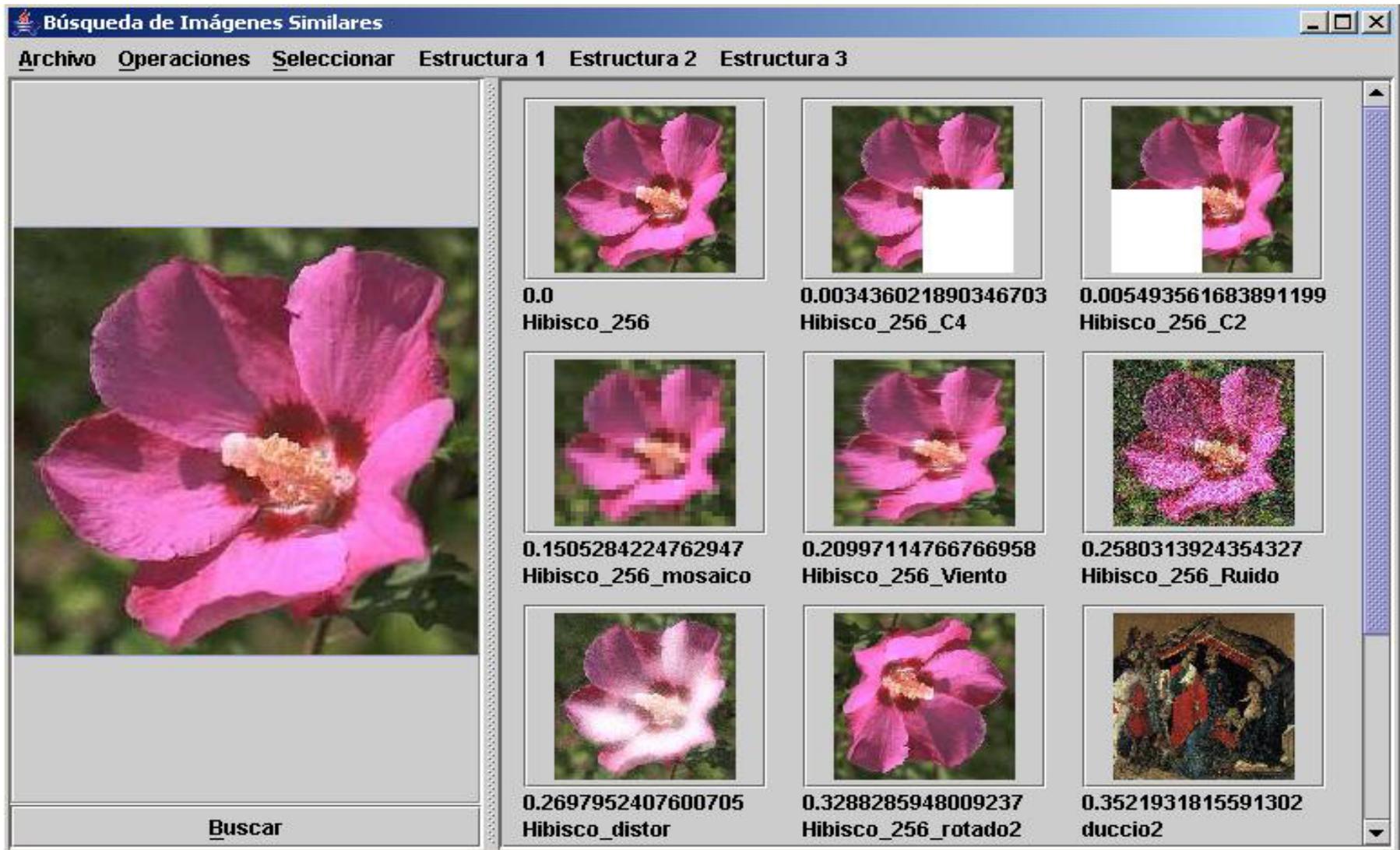
Exemple de requête locale : pondération choisie par l'utilisateur



Résultat d'une requête locale

Búsqueda de Imágenes Similares

Archivo Operaciones Seleccionar Estructura 1 Estructura 2 Estructura 3



| | | | |
|---|---|--|--|
|  |  0.0 Hibisco_256 |  0.003436021890346703 Hibisco_256_C4 |  0.005493561683891199 Hibisco_256_C2 |
| |  0.1505284224762947 Hibisco_256_mosaico |  0.20997114766766958 Hibisco_256_Viento |  0.2580313924354327 Hibisco_256_Ruido |
| |  0.2697952407600705 Hibisco_distor |  0.3288285948009237 Hibisco_256_rotado2 |  0.3521931815591302 duccio2 |

Buscar

Exemple de requête de sous-image

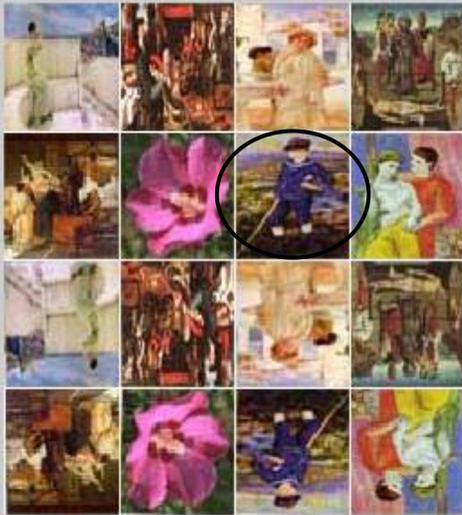


Image requête



Exemple d'images de
la base

Búsqueda de Imagen Por 16 Regiones



Umbral Seleccionado : 1.0

Cantidad Máxima de Imágenes a Recuperar : 16



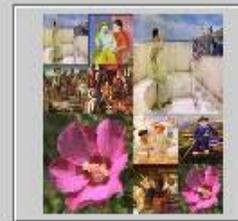
0.0
PorRegiones2



0.00189002294979487
PorRegiones2Rot



0.00522948499903075
MarineroEPequeño



0.00565587367048574
PorRegiones0



0.0137128262578998
PorRegiones4Rot



0.0142192360039264
MarineroEMediano



0.014387307413585099
PorRegiones4



0.0201747087844533
PorRegiones2Rot



0.0220373028789412
MarineroExacto



0.022095904688300298
PorRegiones2



0.0249911506509399
im13



0.025667200789047502
im14



0.029805646928916203



0.0638639226406814



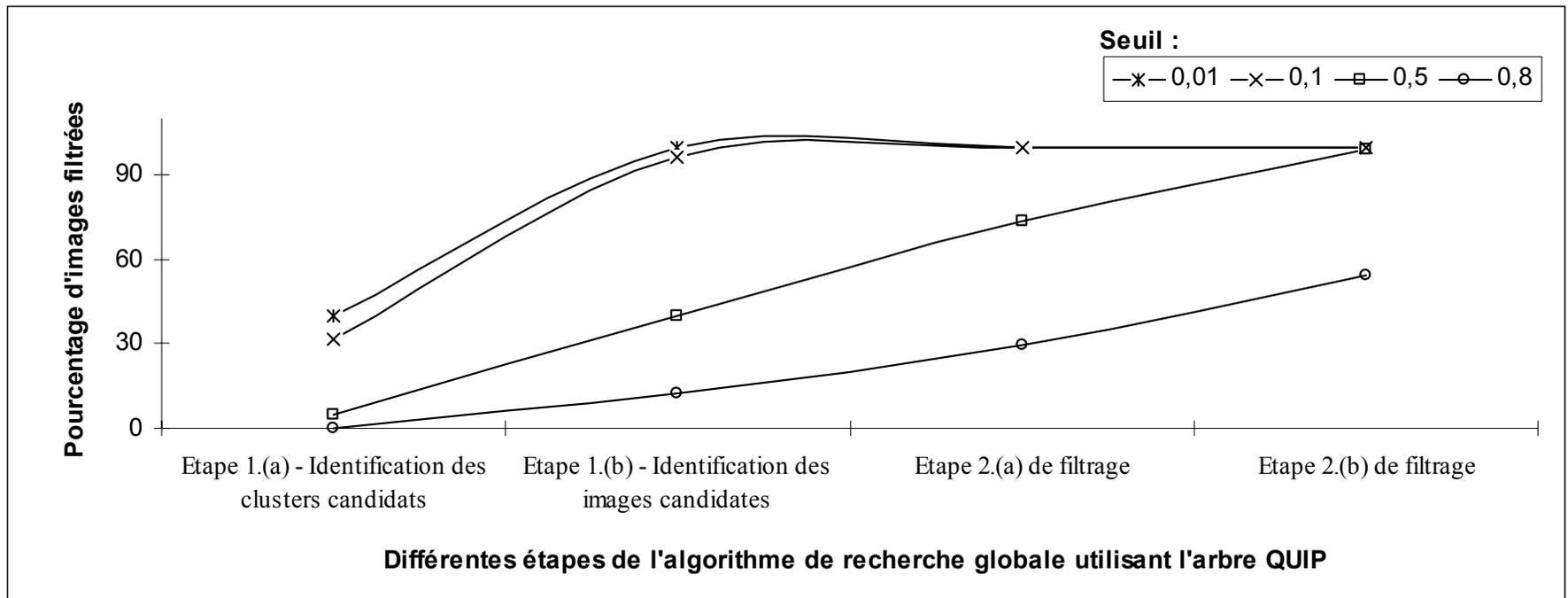
0.0660500952675006



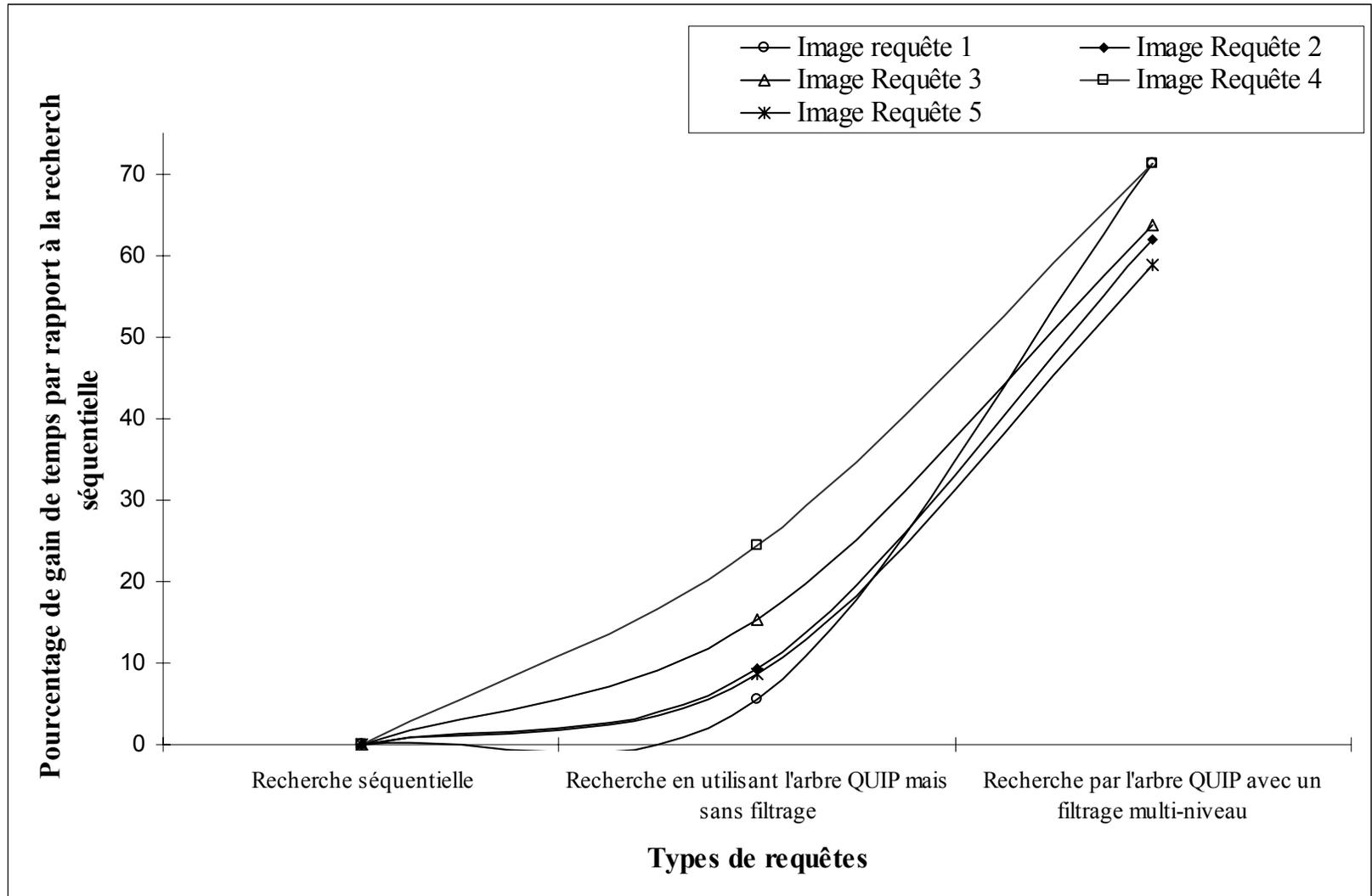
0.0660500952675006

Efficacité du filtrage multi-niveau pour la recherche globale

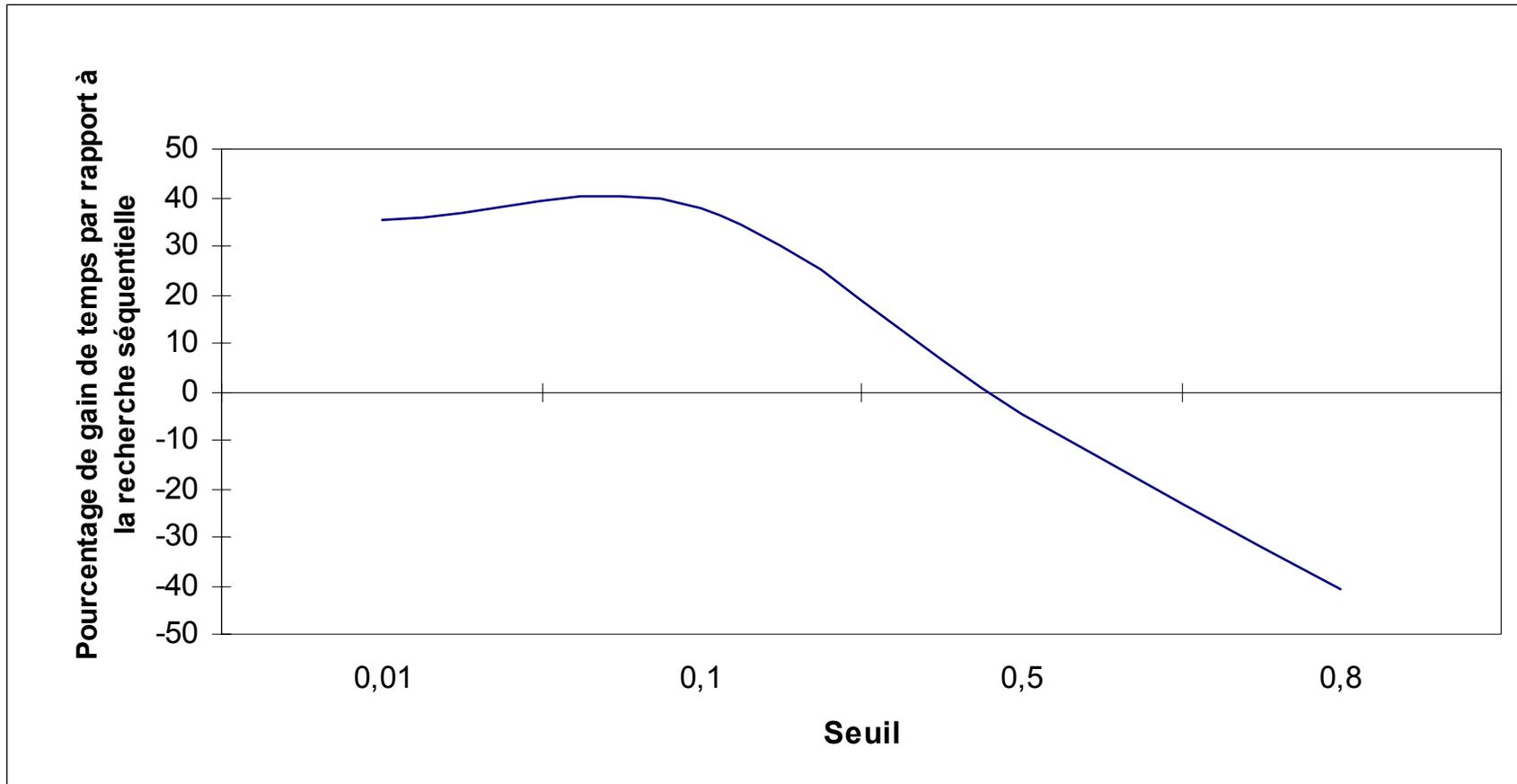
- Etape 1.(a) : Identification des clusters candidats
- Etape 1.(b) : Identification des images candidates par comparaison des quadrants 0
- Etape 2.(a) : Comparaison des quadrants 00 à 03
- Etape 2.(b) : Comparaison des quadrants de niveau 3



Gain de temps par rapport à une recherche séquentielle pour la recherche globale



Gain/Perte de temps par rapport à une recherche séquentielle pour la recherche globale



Conclusion

- Proposition du QUIP-tree :
 - Structure d'index pour la recherche d'images par le contenu
 - Combinaison d'une méthode de regroupement et d'une structure spatiale, l'arbre quaternaire
 - Plusieurs types de requêtes possibles (globale, locale et sous-image)
 - Indépendance vis-à-vis des descripteurs de quadrants, du poids associés aux quadrants et des distances utilisées
- Ce qu'il reste à faire :
 - Passage à l'échelle
 - Evaluation du nombre critique de groupes par nœud
 - Utilisation d'un index de clusters
 - Comparaison avec des approches similaires