

Université Kasdi Merbah Ouargla
Faculté de Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication
Département d'Informatique et Technologie d'Informations



Mémoire

Master Académique

Domaine : Mathématique et Informatique

Filière : Informatique

Spécialité : Informatique Industrielle

Présenté par : MAHMOUDI Zineb

Thème

Une Heuristique Basée Graphe pour la Recherche Sémantique d'Images

Soutenue publiquement : 01/07/2017

Année Universitaire 2016/2017

Remerciements

Je tiens avant tout à remercier Le miséricordieux tout puissant, car sans son aide et sa bienveillance, rien de cela n'aurait pu être possible.

Je tiens aussi, à exprimer ma gratitude à mes encadreurs Melle Meriem Korichi et Mme Khadra Bouanene pour avoir accepté de diriger ce travail, pour ses précieux conseils, et surtout pour son soutien tout le long de mon travail.

Je remercie également les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger notre travail, ainsi qu'aux tous les enseignants de département d'informatique.

Enfin, il serait difficile d'omettre de remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce travail, qu'ils trouvent dans ces quelques lignes l'expression de nos sincères remerciements.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*À maman, toi qui m'a donné la vie je veux à mon tour te dire Merci
De là-haut malgré la route qui nous sépare
Tu seras toujours ma rayon d'espoir
Que dieu t'accueille en son vaste paradis.*

*À mon cher père, mon respect, mon amour éternel et ma considération
pour les sacrifices que tu as consenti pour mon instruction et mon
bien être. Puisse Dieu, le très haut, vous accorder santé, bonheur et
longue vie.*

*À mes chers sœurs, et mon cher frère, En témoignage de mon
affection fraternelle, de ma profondetendresse et reconnaissance, je vous
souhaite une vie pleine de bonheur et desuccès et que Dieu, le tout
puissant, vous protège et vous garde.*

*À ma grande famille grande et petite, Ainsi que mes chères amies.
À tous ceux que j'ai omis de citer.*

Sommaire

Résumé:.....	7
--------------	---

Introduction générale

Table des figures:.....	6
-------------------------	---

Résumé:	7
---------------	---

:الملخص.....	7
--------------	---

I. Contexte et Problématique	8
------------------------------------	---

II. Organisation du mémoire :	9
-------------------------------------	---

I. Introduction :	10
-------------------------	----

II. Image	11
-----------------	----

1. Qu'est-ce qu'une image ?	11
-----------------------------------	----

2. Image numérique	11
--------------------------	----

3. Caractéristiques d'image :	11
-------------------------------------	----

III. Recherche d'images :	14
---------------------------------	----

3.1. Architecture d'un moteur de recherche :	14
--	----

3.2. Type de moteurs de recherche :	14
---	----

3.2.1. Moteurs de recherche d'images par le texte	14
---	----

3.2.2 Moteurs de recherche d'images par le contenu visuel.....	15
--	----

IV. La communication entre un moteur de recherche et l'utilisateur	18
--	----

1. Formulation de la requête	18
------------------------------------	----

8. Requête sémantique par mot clés	18
--	----

9. Requête par exemple visuel	18
-------------------------------------	----

• Requête par exemple sémantique.....	19
---------------------------------------	----

V. Conclusion :	19
-----------------------	----

I. Introduction:	20
------------------------	----

II. Graphes et leurs applications :	20
---	----

III. Définition et notions élémentaires[22, 23]:	22
--	----

1. Chaîne, cycle.....	23
-----------------------	----

2. Connexité.....	23
-------------------	----

3. Graphe orienté.....	24
------------------------	----

4. Demi-degré	24
---------------------	----

5. Chemin, circuit.....	25
-------------------------	----

6. Racine, ascendant, descendant:.....	25
7. Arbre	26
8. Propriétés d'un arbre	26
9. Arborescence et leur propriété :.....	27
10. Propriétés d'une arborescence	27
IV. Conclusion:	28
I. Introduction:	29
IV. Présentation de notre moteur de recherche :.....	29
I. Phase d'indexation:.....	29
II. Phase de recherche :.....	30
• Formulation de requête :	30
• Sous étape de raffinement :.....	31
• Indexation de la requête :	31
• Mesure de similarité :.....	31
V. Implémentation de notre moteur de recherche :	31
1. Interface utilisateur :	32
VI. Evaluation expérimentale :	33
1. Scénarios des expérimentations :.....	33
• Scénario 1	33
• Scénario 2.....	35
VII. Conclusion	38
Bibliographie	40

Table des figures:

Figure 1: Architecture d'un moteur de recherche d'images	Erreur ! Signet non défini.
Figure 2: Requête utilisateur sur Google	Erreur ! Signet non défini.
Figure 3: Espace d'hypothèse.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 4: Espace d'hypothèse de requête R	Erreur ! Signet non défini.
Figure 5: la ville de Königsberg	20
Figure 6: Représentation de différents domaines d'application des graphes	21
Figure 7: Exemple d'un multigraphe.....	22
Figure 8: Exemple d'une chaîne et cycle	23
Figure 9: Exemple d'un graphe connexe.....	23
Figure 10: Exemple d'un graphe non connexe.....	24
Figure 11: Exemple d'un graphe orienté	24
Figure 12: Exemple d'un chemin et circuit	25
Figure 13: Exemple 1 d'un arbre.....	26
Figure 14: Exemple 2 d'un arbre.....	26
Figure 15: Exemple d'une arborescence.....	27
Figure 18: L'architecture de notre moteur de recherche	Erreur ! Signet non défini.
Figure 19: Notre fichier d'annotation.....	29
Figure 20: Notre fichier d'index.....	30
Figure 21: Exemple d'un requête utilisateur	31
Figure 22: Interface principal de notre application.....	32
Figure 23: Formulation de requête.....	32
Figure 24: Interface d'affichage des résultats	33
Figure 25: Comparaison de rappel entre notre approche et l'approche classique.....	34
Figure 26; Comparaison du rappel entre notre approche et l'approche classique.....	35
Figure 27: Comparaison entre la précision obtenue pour les trois approches	36
Figure 28: Comparaison de précision entre notre approche et l'approche classique	37
Figure 29: Comparaison de précision entre notre approche et l'approche bayésien	37

Résumé:

Cette dernière décennie témoigne un accroissement exponentiel des données multimédia (texte, image, son et vidéo). La recherche d'information au sein de cette masse de données, en particulier les images, devient un processus incertain d'où la nécessité de proposer des outils qui permettent aux utilisateurs de localiser les images qu'il désire avec précision et dans un minimum du temps.

Dans notre travail, nous nous intéressent par les moteurs de recherche d'images par le contenu sémantique et plus précisément les moteurs à base d'ontologie.

Notre algorithme est validé sur deux bases d'images où l'un d'entre eux est ImageNet, une base d'images largement utilisée dans la communauté de recherche. Les résultats expérimentaux obtenus ont bien montré l'efficacité de notre algorithme par rapport aux méthodes proposés dans l'état de l'art.

Mot clés : la recherche d'images, Ontologie, ImageNet, sémantique.

المخلص:

شهد العقد الأخير من الزمن زيادة كبيرة في عدد البيانات المتعددة الوسائط (نصوص، صور، ملفات صوتية، فيديوات)، فأصبح من البحث عن هذه المعلومات عامة والصور خاصة في ظل هذا الكم الهائل من البيانات أمرا ضروريا وأكد. ومن هنا أضحت الحاجة لتوفير أدوات ووسائل تسمح بالبحث عن الصور وإيجادها للمستخدمين بدقة وفي أقل وقت ممكن. تسمى هذه الوسائل محركات البحث عن الصور.

يجب على كل محرك بحث فهم حاجة المستخدم للوصول للمعلومة بشكل دقيق وسريع، وهذا هو الهدف الأساسي لأي محرك بحث. ومن هنا ينطلق موضوع البحث.

كان اهتمامنا في هذا العمل بمحركات البحث عن الصور بصورة دلالية وبالتحديد بمحركات البحث التي تستند على الأنتولوجيا.

للتحقق من صحة الخوارزمية المقترحة استعملنا قاعدة صور أحدتها ImageNet وهي قاعدة صور مستعملة بكثرة في مجال الأبحاث.

النتائج التجريبية المتحصل عليها أثبتت بقوة فعالية الخوارزمية المقترحة مقارنة بطرق أخرى

Introduction générale

I. Contexte et Problématique

Avec le développement de l'Internet, et la disponibilité de capture d'image des dispositifs tels que caméras numériques, l'image scanners, la taille de la base d'images numériques est en augmentation très rapide dans des domaines variés : la médecine, l'archives (patrimoine culturel, musées, . . .), l'agences photographiques, l'éducation, l'image satellites et aériennes, . . .etc. Pour utiliser efficacement ces bases d'images de manière automatique, un système d'indexation et de recherche d'images est nécessaire. C'est pourquoi le sujet de la recherche d'images devient un sujet très actif dans la communauté internationale depuis plus d'une dizaine d'années. La recherche d'images consiste { établir une correspondance entre l'image disponible et celle recherchée par l'utilisateur. On distingue deux approches de recherche d'image: approche d'indexation par le contexte de l'image et approche d'indexation par le contenu. La première approche est la plus utilisée, et consiste à l'indexation des images par l'intermédiaire de mots clés. Le principe de recherche correspond à celui de la recherche d'information couramment utilisé dans les bases de données textuelles. Cette indexation représente une tâche longue et répétitive pour l'humain. De plus, les résultats des interrogations ne satisfont pas le besoin d'utilisateur car les annotations textuelles dépendent de ce que l'annotateur peut saisir lors de la création de la base d'images. Ainsi que, des utilisateurs différents peuvent décrire la même image d'une manière différente, et le même utilisateur peut décrire la même image d'une manière différente en analysant l'image une deuxième fois. En général cette tâche est très subjective à la culture, à la connaissance et aux sentiments de chaque personne, donc ils ne satisfont pas les utilisateurs. La deuxième approche a été proposée dans les années 90, consiste à la recherche d'image par le contenu visuelle comme le texture, la forme, la couleur...etc. En général, les systèmes de recherche par le contenu visuelle d'images proposent de formuler une requête soit au moyen d'une image exemple, soit par indication de descriptions textuelles, mots-clés et/ou de propriétés visuelles. Mais cette approche est loin d'être satisfaisante parce que les techniques d'indexation physique sont plus ou moins adaptées au caractère multidimensionnel des caractéristiques visuelles. Alors on confronte sur le problème de trouver les meilleurs descripteurs.

II. Organisation du mémoire :

Ce mémoire est structuré en trois chapitres incluant cette introduction et une conclusion générale. Dans le premier chapitre, nous allons dresser un état de l'art et donner une vue théorique sur le domaine de la recherche d'images.

Dans le deuxième chapitre, nous allons aborder le domaine de la théorie des graphes où nous allons présenter des définitions principales et exposer les différentes applications de ce domaine.

Dans le dernier chapitre, nous allons présenter notre contribution, nous allons expliquer notre algorithme et donner une description détaillée pour les étapes de conceptions et de l'implémentation de notre moteur. Enfin nous allons présenter les expérimentations effectuées pour la validation de notre contribution.

Chapitre 1

Généralités sur le domaine de recherche d'image et les ontologies

I. Introduction :

Les images numériques possèdent une position prédominante parmi les différents types de données multimédia. Elles jouent un rôle important dans de nombreuses activités humaines, telles que : l'application de la loi, l'agriculture et la gestion forestière, E-learning, la médecine...etc. Depuis quelques années, avec l'expansion du domaine de l'image numérique, il n'est pas étonnant d'avoir des bases d'images numériques contenant plusieurs milliers de milliers d'images. Donc pour gérer et exploiter efficacement ces bases d'image, des techniques d'indexation et recherche d'image sont indispensables. Le travail en ce domaine { conduit une concentration important. Ce qui { permet d'introduire plusieurs méthodes pour l'indexation et la recherche d'image. On peut deviser l'ensemble de ces méthodes en deux approches différentes : approche d'indexation par le contexte de l'image et approche d'indexation par le contenu. Ce chapitre est divisé en deux sections. Dans la première section, un port sur l'image numérique et leurs caractéristiques. Dans la deuxième section, présente le principe de la recherche de l'image et domaine d'application. Ensuite, analyse les évolutions des approches de la recherche de l'image.

II. Image

1. Qu'est-ce qu'une image ?

Une image est définie par¹ :

- Représentation d'une personne, d'une chose, d'une idée par la sculpture, le dessin, la photographie, etc.
- Représentation visuelle d'un objet donnée par une surface réfléchissante ou un système optique.
- Représentation d'une réalité naturelle ou abstraite en termes d'analogie, de similitude.
- Représentation mentale d'une perception en l'absence de l'objet perçu.

Dans le domaine de l'image, on distingue :

- ✓ Image fixe : (photographie, dessin, épreuve,...) c'est un document à lecture immédiate.
- ✓ Image animée : (filme, vidéo).

2. Image numérique

Une image numérique est un concept abstrait constituant d'un ensemble de points élémentaires appelés pixels (PICture Element). Elle est définie par²:

- le nombre de pixels qui la compose en largeur et en hauteur.
- l'étendu des teintes de gris ou des couleurs que peut prendre chaque pixel.

3. Caractéristiques d'image :

Ce sont les caractéristiques qui décrivent le contenu visuel de l'image. Elles sont extraites directement de l'image.

➤ Couleur :

La couleur est l'une des plus importantes caractéristiques et la plus attirante dès la première vue de l'image. Elle peut être représenté selon différents espaces colorimétriques tels que: l'espace RGB, l'espace HSL, l'espace LAB...etc.[3]

¹<http://www.cnrtl.fr/definition/images>

²http://urfist.enc.sorbonne.fr/anciensite/image_numerique/image.htm

➤ Texture :

La texture est le second attribut visuel largement utilisé dans la recherche d'image. Elle permet de combler un vide que la couleur est incapable de faire, notamment lorsque les distributeurs de couleurs sont très proches. Fondamentalement, la texture est définie comme une répétition d'un motif créant une image visuelle et homogène. Plus précisément, la texture peut être vue comme un ensemble de pixels spatialement agencés selon un certain nombre de relations spatiales, ainsi créant une région homogène.[4]

➤ Forme :

La forme est une autre primitive qui sert à caractériser le contenu d'une image, deux méthodes de description de la forme peuvent être distinguées, d'une part les méthodes basées sur le contour qui consiste à extraire les contours d'une image. Et d'autre part la méthode basée sur les régions, ils font classiquement référence aux moments invariants et sont utilisés pour caractériser l'intégralité de la forme d'une région.[3]

Annotation

Plusieurs définitions ont été attribuées au terme annotation parmi ces définitions nous pouvons citer :

- « Une annotation est une information graphique ou textuelle attachée à un document et le plus souvent placée dans ce document »[6].
- « un commentaire sur un objet tel que le commentateur veut qu'il soit perceptiblement distinguable de l'objet lui-même et le lecteur l'interprète comme perceptiblement distinguable de l'objet lui-même » [6].
- « un commentaire libre situé à l'intérieur de la ressource documentaire » [7]

Méthodes d'annotation

Le processus d'étiquetage d'images avec des mots clés (également appelés termes, tags ou étiquettes) est appelé dans la littérature (processus d'annotation d'images). Il existe trois méthodes d'annotation:

a) Annotation manuelle

Elle est réalisée par des personnes qui décrivent les images en les annotant avec des termes, éventuellement issus de vocabulaires contrôlés. Cette méthode est nécessaire dans le cas d'images provenant de collections de photographies personnelles, par exemple, car les images ne sont pas accompagnées de texte. L'annotation manuelle est plus performante que l'annotation automatique, car les annotateurs organisent les données et choisissent leurs termes d'annotation de façon à retrouver facilement les images mais la tâche manuelle est laborieuse, difficile, fastidieuse à réaliser pour de grands volumes de photos et sujette à l'interprétation des annotateurs (deux annotateurs différents peuvent décrire une même image avec des termes différents).

b) Annotation automatique

L'annotation automatique d'images a été introduite au début des années 2000[8]. Elle est entièrement réalisée par un outil d'extraction d'informations qui est intégré dans l'outil d'annotation dans le but est de générer de façon automatique des mots-clés pour les images.

c) Annotation semi-automatique

L'annotation semi-automatique consiste à intégrer l'assistance humaine dans le processus d'annotation automatique. Les individus peuvent s'impliquer à différents moments lors du processus d'annotation : à la fin ou au début du processus d'annotation. Elle est plus performante que l'annotation manuelle en terme d'efficacité (rapidité) et meilleure que l'annotation automatique en terme de précision.

Métadonnée

Les métadonnées sont généralement définies comme “données sur les données” ou “information sur les données”. Les métadonnées sont une liste structurée d'informations qui décrivent les données ou les services (incluant les données numériques ou non) stockés dans les systèmes d'information. Les métadonnées peuvent contenir une brève description sur le contenu, les objectifs, la qualité et la localisation de la donnée ainsi que les informations relatives à sa création.[9]

III. Recherche d'images :

Par analogie avec les systèmes de recherche d'information (RI), les images peuvent être considérées comme des documents et un système de recherche d'images est définie comme un système qui s'intéresse l'organisation, la recherche et le stockage d'images. Le but d'un système de recherche d'image qui est appelé aussi moteur de recherche d'images est de retrouver à partir d'une collection d'images, le sous-ensemble d'images pertinent vis-à-vis de besoins d'individus, exprimés sous forme de requêtes.

3.1. Architecture d'un moteur de recherche :

Un système de recherche d'images s'exécute en deux étapes : l'étape d'indexation(Offline) et l'étape de recherche(Online).

Phase d'indexation (offline) :

Le processus d'indexation consiste à attacher à chaque image de la collection un descripteur qui modélisent leur contenu (visuel ou sémantique), dans le but est de mesurer la ressemblance avec le descripteur correspondant à la requête.

Phase de recherche (online) :

Cette étape consiste à extraire le vecteur descripteur de la requête proposé par l'utilisateur et le compare avec les descripteurs de la base d'images en utilisant une mesure de similarité. Ensuite le système affiche les images en fonction leur similarité avec l'image requête.

3.2. Type de moteurs de recherche :

3.2.1. Moteurs de recherche d'images par le texte

Dans les applications pratiques des bases d'images que l'on retrouve aujourd'hui, que ce soit pour les chaînes de télévision, les journaux, les musées et mêmes pour les moteurs de recherche sur Internet qui proposent des solutions de recherche d'images, la recherche de ces images se fait en se basant majoritairement sur des requêtes par mots clés[10]. Dans ce type de recherche, le moteur parcourt la collection à la recherche des images où ces mots clés ou la plupart entre eux sont présent en utilisant un modèle de recherche.

La recherche textuelle représente une façon naturelle pour exprimer les besoins des utilisateurs. Elle permet de capter facilement la sémantique des images. Mais cette façon n'est

pas parfaite parce que quelques mots n'expriment pas le sens d'une image. De plus l'indexation de ces images représente une tâche longue et répétitive pour l'humain, surtout avec les bases d'images qui deviennent aujourd'hui de plus en plus grandes. Elle est subjective à la culture, à la connaissance et aux sentiments de chaque personne[11].

3.2.2 Moteurs de recherche d'images par le contenu visuel

Cette technique permet de pallier les problèmes posés par la recherche textuelle. Elle offre la possibilité aux utilisateurs d'accéder, d'interroger et d'exploiter directement les bases d'images en utilisant leur contenu visuel. Le principe de cette méthode est d'identifier des images à partir des caractéristiques de bas niveaux (la couleur, la texture, la forme).

Le principe de ces systèmes respecte les deux phases de l'architecture d'un moteur de recherche d'image. L'indexation des images, qui se fait automatiquement, nécessite l'extraction des caractéristiques visuelles significatives de celles-ci au préalable.

Cependant, la phase de recherche est la mise en adéquation entre les attributs choisis pour décrire les images de base et la requête visuelle afin d'obtenir un appariement satisfaisant. Ce dernier se fait grâce à des mesures de distances entre les caractéristiques, ou des mesures de similarité globales entre deux images.[9, 13]

Une fois que la similarité entre l'image requête et chaque image de la base est calculée, on peut présenter les images de la base par un ordre décroissant en fonction de leurs pertinences.

Parmi les limites que rencontre ce type de technologies est le fossé sémantique c'est-à-dire le manque de concordance entre les informations qu'on peut extraire des données visuelles et l'interprétation qu'on en fait pour un utilisateur dans une situation déterminée.[11]

3.2.2.1 Les ontologies :

Plusieurs définitions du terme ontologie ont été proposées [15, 16]

- Du point de vue de la Métaphysique
Le Petit Robert (Ed. 1983) : Partie de la métaphysique qui s'applique à l'être en tant qu'être, indépendamment de ses déterminations particulières.
- Du point de vue de l'ingénierie des connaissances

La plus référencée est celle formulée par GRUBER « Une ontologie est une spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée »

Dans cette définition, la conceptualisation signifie un modèle abstrait d'un certain aspect du monde, prenant la forme d'un algorithme qui détermine des relations d'instance. Le terme explicite signifie que les concepts utilisés ainsi que les contraintes sur leur utilisation sont définis d'une manière claire et précise. L'adjectif formelle se réfère au fait que l'ontologie doit être lisible et compréhensible par les machines, cela est nécessaire pour qu'elle puisse être munie de capacités de raisonnement. Le terme partagée renvoie à l'idée qu'une ontologie rend compte d'un savoir consensuel c'est-à-dire qu'elle n'est pas restreinte au point de vue de certains individus seulement, mais reflète un point de vue plus général, partagé et accepté par un groupe.

Les ontologies sont employées dans l'intelligence artificielle, le Web sémantique, le génie logiciel, l'informatique biomédicale et l'architecture de l'information comme une forme de représentation de la connaissance au sujet d'un monde ou d'une certaine partie de ce monde.

3.2.2.2 Les composants d'une ontologie [17]:

Une ontologie peut être vue comme un ensemble structurée de concepts et de relations entre ces concepts destinés à représenter les objets du monde sous une forme compréhensible aussi bien par les hommes que par les machines.

La connaissance dans les ontologies est principalement formalisée en utilisant les cinq types de composants :

- **Les concepts :**

Aussi appelés termes, Selon Gomez « les concepts sont considérés comme une description d'une tâche, d'une fonction, d'une action, d'une stratégie ou d'un processus de raisonnement...etc. »[9]. Ces concepts peuvent être classifiés selon trois dimensions:

- ✓ Niveau d'abstraction (concrets ou abstraits).
- ✓ Atomicité (élémentaire ou composée).
- ✓ Niveau de réalité (réel ou fictif).

Un concept peut se définir comme une entité composée de trois éléments distincts:

- ✓ Une notion : elle correspond à la sémantique du concept, elle est définie à travers ses propriétés et ses attributs. Elle est appelée intention du concept.

- ✓ Un ensemble d'objets: il correspond aux objets définis par le concept, il est appelé extension du concept. Les objets sont les instances du concept.
- ✓ Les termes: les termes permettent de désigner le concept. Ces termes sont aussi appelés labels de concept.

4. Les relations :

Elles représentent des interactions entre les concepts, elles permettent de construire des représentations complexes de la connaissance du domaine, elles établissent des liens sémantiques binaires, organisables hiérarchiquement.

5. Les fonctions :

Constituent des cas particuliers de relations, dans laquelle un élément de la relation, (le n^{ième}) est défini en fonction des N-1 éléments précédents.

Formellement, les fonctions sont définies telles que : $F: C_1 * C_2 * ... * C_{n-1} \rightarrow C_n$

6. Les axiomes :

Les axiomes sont des expressions qui sont toujours vraies. Ils ont pour but de définir dans un langage logique la description des concepts et des relations permettant de représenter leur sémantique. Ils représentent les intentions des concepts et des relations du domaine et, de manière générale, les connaissances n'ayant pas un caractère strictement terminologique.

7. Les instances :

Elles sont des entités réelles d'une classe. Elles constituent la définition extensionnelle de l'ontologie.

IV. La communication entre un moteur de recherche et l'utilisateur

1. Formulation de la requête

Il existe 3 façons de faire une requête dans un système de recherche des images : soit une requête sémantique par mots clés, soit une requête visuelle par esquisse ou par exemple. La troisième catégorie rassemble les caractéristiques des deux façons précédentes.

8. Requête sémantique par mot clés

Dans ce type de requête, l'utilisateur exprime ses besoins en utilisant des mots clés qui reflètent la sémantique des images. Les mots clés peuvent être des concepts d'une ontologie dans les cas des moteurs de recherche à base des ontologies.

Formuler la requête avec ce type présente un certain nombre d'avantages, parmi celles-ci, nous pouvons citer :

- ✚ C'est une façon naturelle qui permet à l'utilisateur de s'exprimer comme il le fait dans la vie de tous les jours.
- ✚ Elle permet de réutiliser tout l'arsenal de techniques de recherche de texte, qui ont été développées au fil des années.
- ✚ Il permet de capter plus facilement les concepts sémantiques associés avec des images.

Cependant, l'identification des bons mots-clés n'est pas toujours facile pour l'utilisateur notamment dans les cas où ce dernier n'a pas un objectif clair quand il recherche ou n'a aucune connaissance sur les concepts sémantiques impliqués dans le domaine et approprié pour formuler des requêtes.

9. Requête par exemple visuel

Dans ce type de requête, l'utilisateur exprime ses besoins par présenter une image exemple ou spécifier un exemple par un dessin. Cette façon de la formulation de la requête permet de présenter les avantages suivants:

- ✚ Elle est considérée comme une méthode très efficace dans les cas des bases d'images qui ne comporte aucun texte.
- ✚ Elle s'applique bien aux images très complexes et celles qui contiennent une multitude d'objets qui ne peuvent être décrites avec du texte.
- ✚ Elle permet d'atteindre un niveau de raffinement que le texte ne permet pas.

✚ Le contenu des images est plus objectif que le texte.

Mais le problème majeur de ce type de requêtes est qu'il a beaucoup de difficulté à capter la sémantique des images (problème de Le fossé sémantique « the semantic gap »). Ce problème est défini comme étant le manque de lien entre le contenu visuel d'une image et les concepts sémantiques qu'on peut lui associer.

- **Requête par exemple sémantique**

Dans ce type, la requête est formulée à l'aide d'images exemples mais la recherche est effectuée sur la base de la sémantique associée à ces images et non sur le contenu visuel. Interprétation de la requête :

V. Conclusion :

Les moteurs de recherches d'images sont classés en deux catégories principales : la recherche par le contenu visuel et la recherche par le contenu sémantique. Chacune de ces catégories présente des avantages et des limites. Certains moteurs incluent les deux techniques pour améliorer la qualité de la recherche.

Dans notre travail, nous nous intéressons à la deuxième catégorie qui est la recherche d'image par le contenu sémantique. Notre objectif est de comprendre l'utilisateur afin de lui répondre avec précision. Dans le chapitre suivant nous allons présenter notre moteur de recherche et notre algorithme d'analyse de la requête.

Chapitre 2

Les concepts de base dans le domaine de théorie des graphes

I. Introduction:

La théorie des graphes a connu une croissance exponentielle ; elle s'est essentiellement développée au cours du XX^e siècle, et débuta par l'étude du célèbre problème des ponts de Königsberg (Kaliningrad), œuvre du fameux mathématicien allemand Euler. Ils'agissait à l'époque, de trouver un trajet passant une et une seule fois par chacun des ponts tout en revenant au point de départ[19, 20].

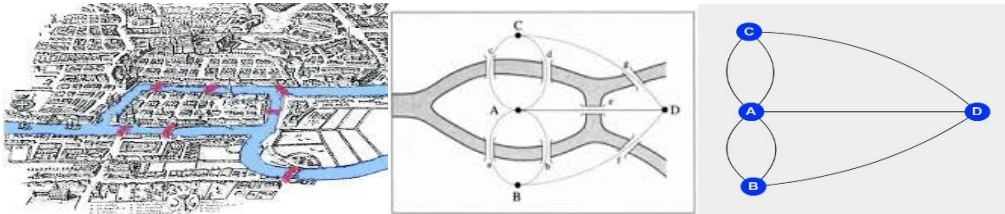


Figure 1: la ville de Königsberg

La théorie des graphes nourrit des liens étroits avec les mathématiques pures et appliquées, l'informatique, en particulier avec l'algorithmique et la récente théorie de la complexité, l'optimisation combinatoire et plus généralement ce qu'on appelle les mathématiques de la décision[21].

Ce chapitre ne se veut pas de donner un exposé des plus approfondis dans ce domaine mais plutôt un rappel des principales définitions communément admises.

II. Graphes et leurs applications :

Un graphe est un ensemble des points, appelés sommets, reliés entre eux par des lignes, appelées arêtes.

Les graphes sont la structure de données par excellence en informatique où elles sont tout naturellement adaptées à la représentation de données quelconques en modélisant les propriétés de voisinage entre ces données.

Depuis les travaux de Leonhard Euler, le champ d'application des graphes s'est grandement répandu dans de nombreux domaines: les réseaux de transports, les réseaux de télécommunications (internet, téléphonie, . . .), les circuits électriques, les hiérarchies de fichiers informatiques, les bases de données relationnelles, le stockage de données, le flux de contrôle dans un programme, le codage, les multiples relations entre personnes d'un même groupe, la séquence ARN (biologie), les différentes interactions dans un écosystème (écologie), la représentation des molécules (chimie) et bien d'autres applications : organiser l'ordonnancement de tâches, les services de secours, ...

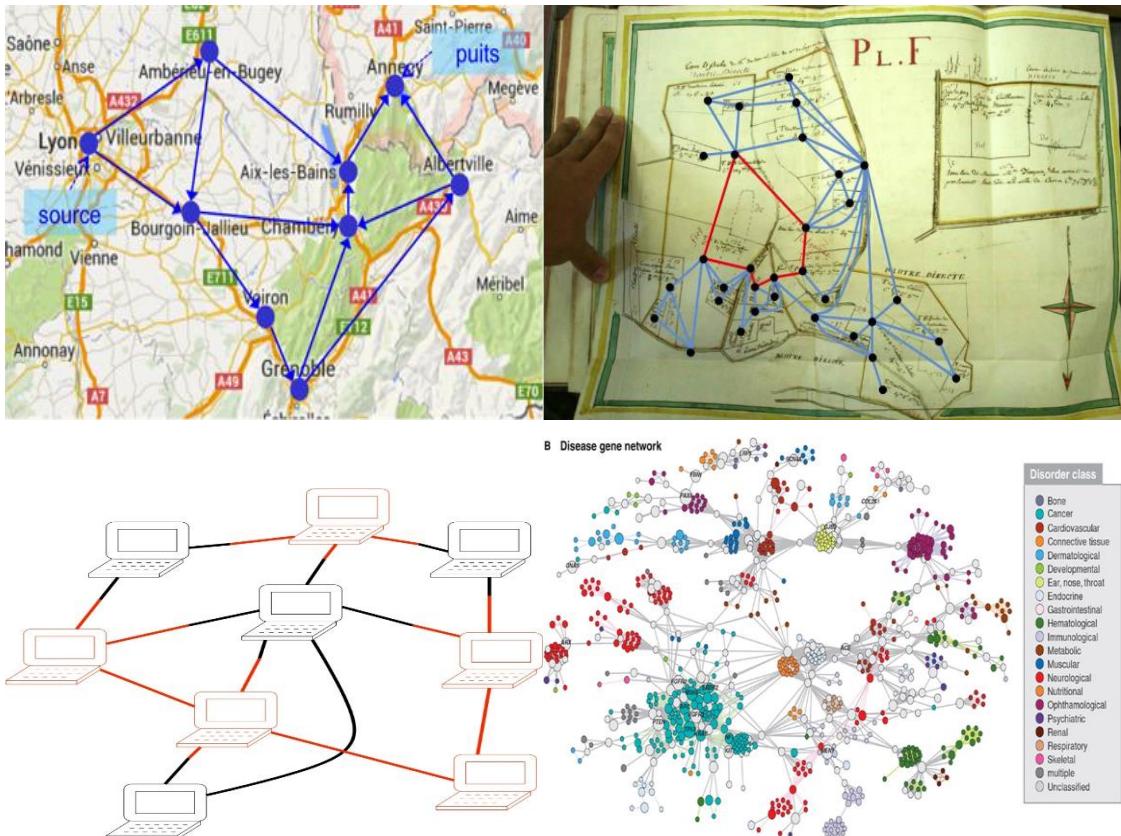


Figure 2: Représentation de différents domaines d'application des graphes

III. Définition et notions élémentaires[22, 23]:

Un *graphe non orienté* est un objet mathématique constitué d'un ensemble de sommets et d'un ensemble d'arêtes reliant certains de ces sommets.

De façon plus formelle un graphe est défini par un couple $G = (V, E)$ tel que :

- ✓ $V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ est un ensemble fini de *sommets*
- ✓ $E = (e_1, e_2, \dots, e_m)$ est un ensemble fini d'*arêtes*.

L'*ordre* de G est le nombre de ses sommets.

Une arête e de l'ensemble E est définie par une paire non ordonnée de sommets appelés *les extrémités* de e .

Si l'arête e relie les sommets u et v , on dira que ces sommets sont *adjacents* et qu'ils sont *incidents* à e , ou bien que l'arête e est incidente aux sommets u et v .

Si u et v sont adjacents tels que $u \neq v$, alors le sommet v est appelé *voisin* de u . On note alors $N(u)$ l'ensemble de voisins du sommet u .

Une *boucle* est une arête reliant un sommet à lui-même.

Un *multigraphe* $G = (V, E)$ est un graphe dans lequel il peut exister plusieurs arêtes entre deux sommets.

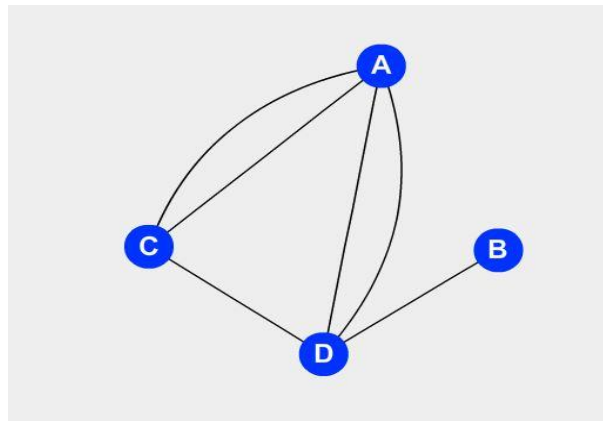


Figure 3: Exemple d'un multigraphe

Un graphe $G = (V, E)$ est simple s'il ne contient pas de boucles et que entre toute paire de sommets il existe au plus une arête.

Dans un graphe non orienté, le degré de chaque sommet v , noté $d_G(v)$ (ou $d(v)$ s'il n'y a aucune confusion), est le nombre d'arêtes incidentes à v .

1. Chaîne, cycle

Soit $G = (V, E)$ un graphe. Une *chaîne* C est une suite alternée de sommets et d'arêtes ou d'arcs $C = v_0 e_1 v_1 \dots v_{k-1} e_k v_k$, tel que pour tout $1 \leq i \leq k$, v_i et v_{i+1} sont extrémités de l'arête e_i . On dit que C est une chaîne joignant les sommets v_0 et v_k de longueur k .

Dans le cas où $v_0 = v_k$, C est appelée *cycle*.

Une chaîne est dite :

- ✓ *simple* si elle ne passe pas deux fois par la même arête
- ✓ *élémentaire* si elle ne passe pas deux fois par le même sommet.

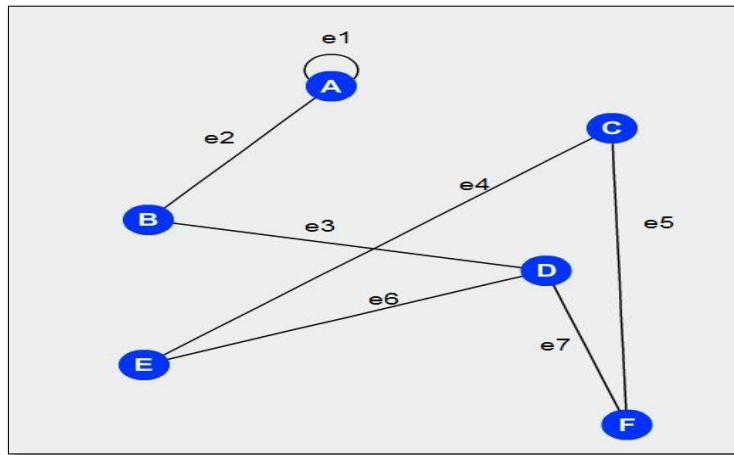


Figure 4: Exemple d'une chaîne et cycle

$C = B e_3 D e_6 E e_4 C$ est une chaîne de longueur 3.

$\bar{C} = F e_7 D e_6 E e_4 C e_5 F$ est un cycle de longueur 4.

2. Connexité

Un graphe $G = (V, E)$, est dit *connexe* si toute paire de sommets est reliée par une chaîne. sinon, il est dit *non connexe* et contient donc plusieurs composantes connexes.

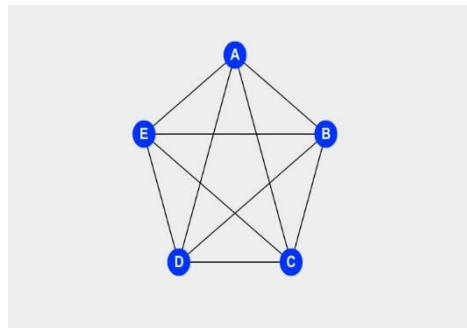


Figure 5: Exemple d'un graphe connexe

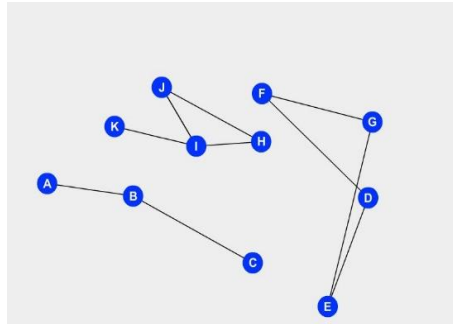


Figure 6: Exemple d'un graphe non connexe

3. Graphe orienté

Un *graphe orienté* G est une paire (X, U) , où X est un ensemble fini des sommets et $U \subseteq X \times X$ défini à partir d'une relation binaire non symétrique sur X , les éléments de U appelés les *arcs* du graphe G . Pour un arc $u = (x, y)$, on appelle x et y *extrémité initiale* et *terminale* de l'arc u et on les note $I(u)$ et $T(u)$ respectivement.

On dit que y est un *successeur* de x s'il existe un arc (x, y) ; on dit aussi que x est un *prédécesseur* de y . L'ensemble des successeurs (resp. de prédécesseurs) du sommet x est noté $\Gamma^+(x)$ (resp. $\Gamma^-(x)$)

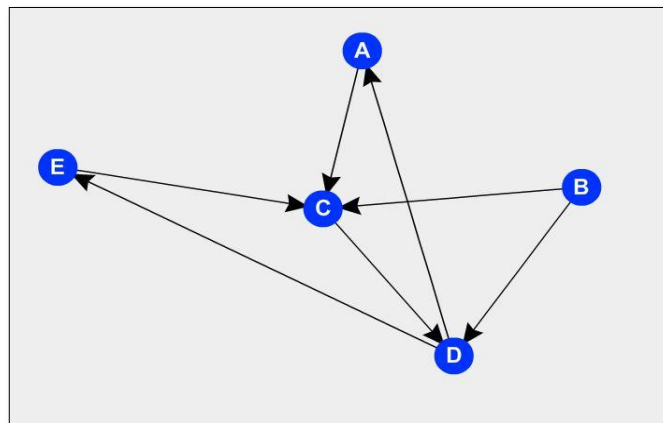


Figure 7: Exemple d'un graphe orienté

4. Demi-degré

Dans un graphe orienté, Le *demi-degré extérieur* d'un sommet x (noté $dg^+(x)$) est le nombre d'arcs dont x est une extrémité initiale.

Le *demi-degré intérieur* d'un sommet x (noté $dg^-(x)$) est le nombre d'arcs qui dont x est l'extrémité terminale.

Le *degré* du sommet x (noté $dg(x)$) est égal à la somme des demi-degrés.

5. Chemin, circuit

Soit $G = (X, U)$ un graphe orienté. Un *chemin* C est une suite $(x_0, x_1, \dots, x_{p-1}, x_p)$ de sommets de G , tel que $\forall i; 0 \leq i \leq p - 2, (x_i, x_{i+1}) \in U$

Les sommets x_0 et x_p sont respectivement l'*origine* et l'*extrémité* du chemin C .

Le chemin C est formé de $p + 1$ sommets et de p arcs, sa longueur est p .

Un chemin peut comporter un seul sommet et être de longueur 0.

Un chemin C où $x_0 = x_p$ est appelé *circuit*.

Un chemin est dit :

- ✓ *simple* si il ne passe pas deux fois par le même arc
- ✓ *élémentaire* si il ne passe pas deux fois par le même sommet.

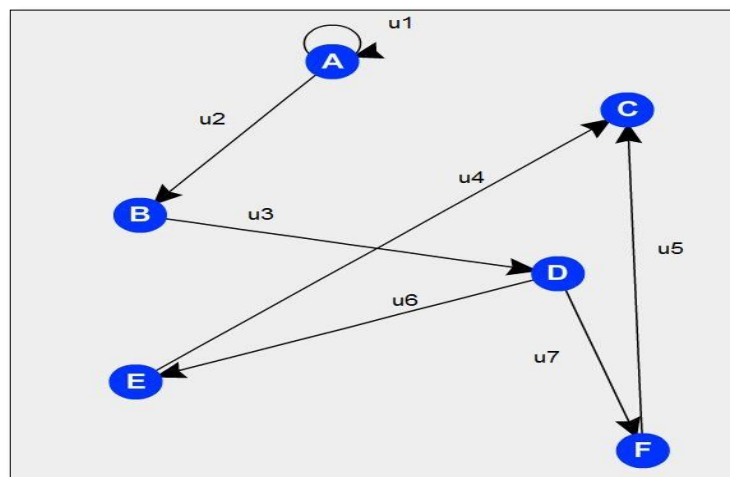


Figure 8: Exemple d'un chemin et circuit

$C = Bu_3Du_6Eu_4C$ est un chemin de longueur 3.

6. Racine, ascendant, descendant:

Soit $G = (X, U)$ un graphe orienté.

Un sommet y est appelé *ascendant* de x , s'il existe un chemin de y à x . L'ensemble des ascendants du sommet x est noté $A(x)$.

Un sommet y est appelé *descendant* de x , s'il existe un chemin de x à y . L'ensemble des descendants du sommet x est noté $D(x)$.

On appelle *racine* du graphe G , un sommet r tel qu'il existe un chemin de r à tout autre sommet du graphe G . Autrement dit, $\forall x \neq r, r \in A(x)$.

7. Arbre

Un *arbre* T est un graphe non orienté connexe sans cycle et simple. Soit x un sommet de T . Si $dg_T(x) = 1$, alors x est appelé *sommet feuille*, sinon il est appelé *sommet interne*.

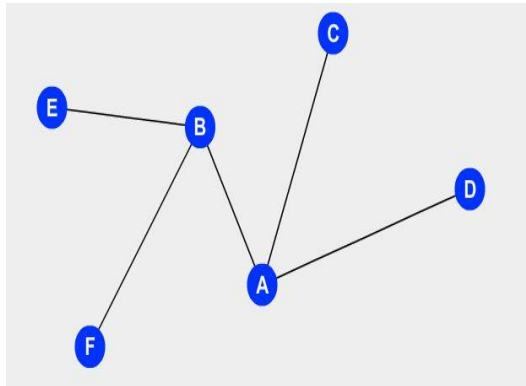


Figure 9: Exemple 1 d'un arbre

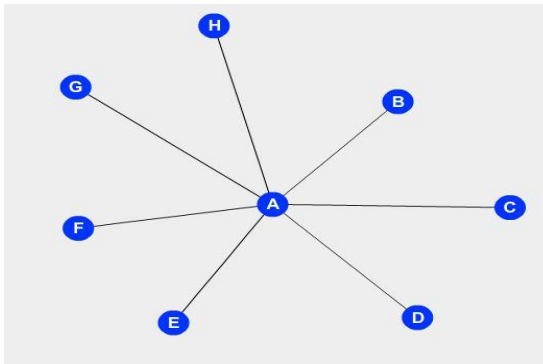


Figure 10: Exemple 2 d'un arbre

8. Propriétés d'un arbre

Soit $T = (V, E)$ un arbre défini sur n sommets. Alors on a :

- T contient exactement $n - 1$ arêtes
- T ne contient pas de cycles mais si on ajoute une arête il en contiendra un
- T est connexe et si on supprime une arête il n'est plus connexe
- toute paire de sommets est reliée par une unique chaîne.

9. Arborecence et leur propriété :

Une arborescence est un arbre muni d'une racine.

Formellement, une arborescence est un couple (T, r) où T est un arbre et r est un sommet de T désigné comme racine.

Dans le cas général d'un arbre, l'orientation n'est pas importante, contrairement à l'arborescence, où l'existence d'une racine induit une orientation sur le graphe qui part de la racine et va vers les sommets feuilles et qui, généralement, va de haut en bas.

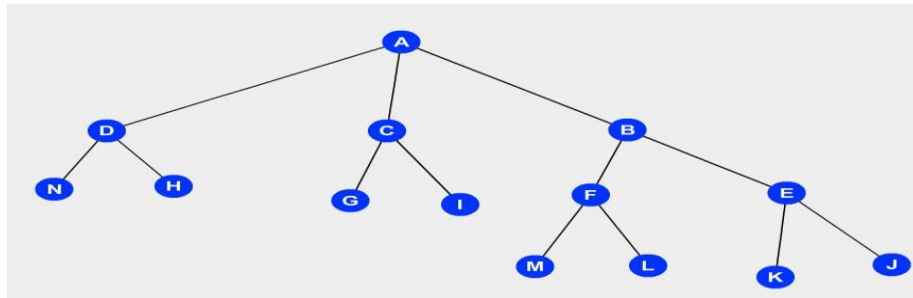


Figure 11: Exemple d'une arborescence

Soit $T = (X, U)$ est une arborescence de racine r , et soit x un sommet de T .

On appelle *profondeur* du sommet x , noté $pr_T(x)$, la longueur de l'unique chemin de r à x .

La *hauteur* de l'arborescence T , notée $H(T)$, est alors définie comme la profondeur maximale d'un de ses sommets. Autrement dit : $H(T) = \max_{x \in X} pr_T(x)$.

10. Propriétés d'une arborescence

Soit $T = (X, U)$ une arborescence de racine r et d'ordre n . Alors on a :

- T possède $n - 1$ arcs,
- T est connexe sans cycles,
- Pour chaque sommet $x \neq r$, il existe un unique chemin dans T de r à x ,
- $\forall x \in X - \{r\}, dg_T^-(x) = 1$ et $dg_T^-(r) = 0$,
- $\forall x, y \in X - \{r\}, |\Gamma_T^-(x) \cap \Gamma_T^-(y)| \leq 1$.

IV. Conclusion:

Dans cette section, nous avons passé en revue les différentes applications de la théorie des graphes. Ensuite, nous avons posés les éléments de bases qui seront nécessaires à la bonne compréhension des notions abordées à notre heuristique.

Le chapitre suivants sera consacrer à présenter notre contribution et la partie pratique de notre travail.

Chapitre 3

Présentation de notre contribution

I. Introduction:

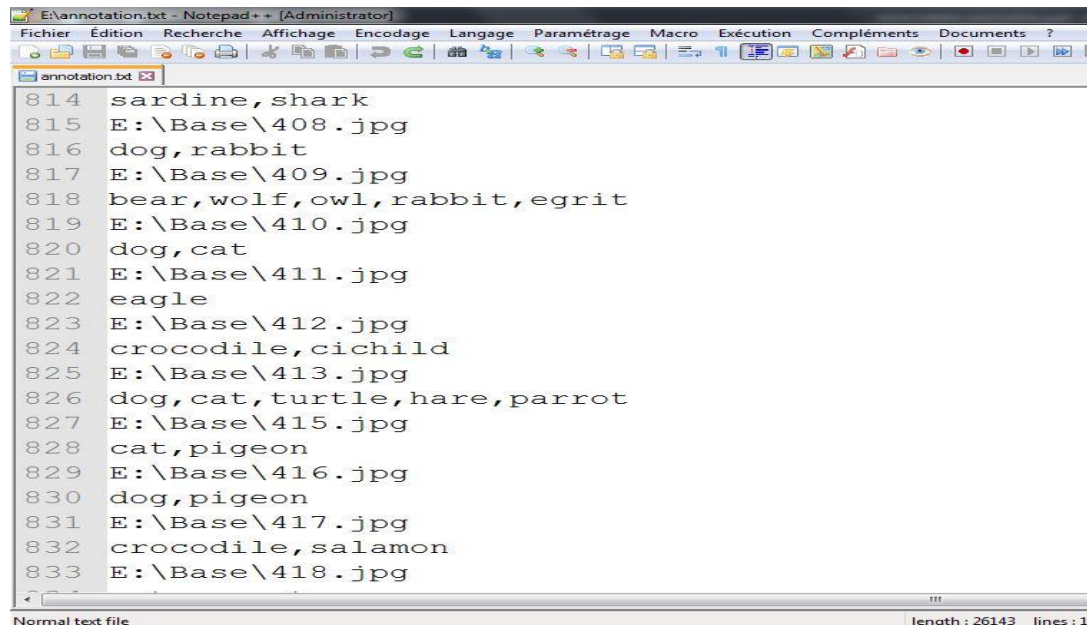
Dans ce chapitre nous allons se focaliser sur la partie pratique de notre travail. nous allons exposer les détails d'implémentation de notre moteur de recherche et présenter les démarches mises en œuvre pour valider notre contribution avec les différents scénarios des expérimentations.

IV. Présentation de notre moteur de recherche :

Notre moteur de recherche d'images respecte l'architecture décrite dans le premier chapitre. Leur fonctionnement est basé sur deux étapes : étape d'indexation et étape de recherche qui inclut un sous étape de raffinement (notre contribution).

I. Phase d'indexation:

A cette étape, nous avons annotés notre images par les concepts feuille des ontologies. La figure suivante illustre une partie du fichier d'annotation.



```
E:\annotation.txt - Notepad++ [Administrator]
Fichier  Edition  Recherche  Affichage  Encodage  Langage  Paramétrage  Macro  Exécution  Compléments  Documents  ?
annotation.txt
814 sardine, shark
815 E:\Base\408.jpg
816 dog, rabbit
817 E:\Base\409.jpg
818 bear, wolf, owl, rabbit, egrit
819 E:\Base\410.jpg
820 dog, cat
821 E:\Base\411.jpg
822 eagle
823 E:\Base\412.jpg
824 crocodile, cichild
825 E:\Base\413.jpg
826 dog, cat, turtle, hare, parrot
827 E:\Base\415.jpg
828 cat, pigeon
829 E:\Base\416.jpg
830 dog, pigeon
831 E:\Base\417.jpg
832 crocodile, salamon
833 E:\Base\418.jpg
Normal text file | length : 26143 lines : 1
```

Figure 12: Notre fichier d'annotation

Puis, nous avons extrait les descripteurs des images et les stockés dans un fichier index comme il est illustré dans la figure suivante

La figure(Figure21)illustre cette étape.

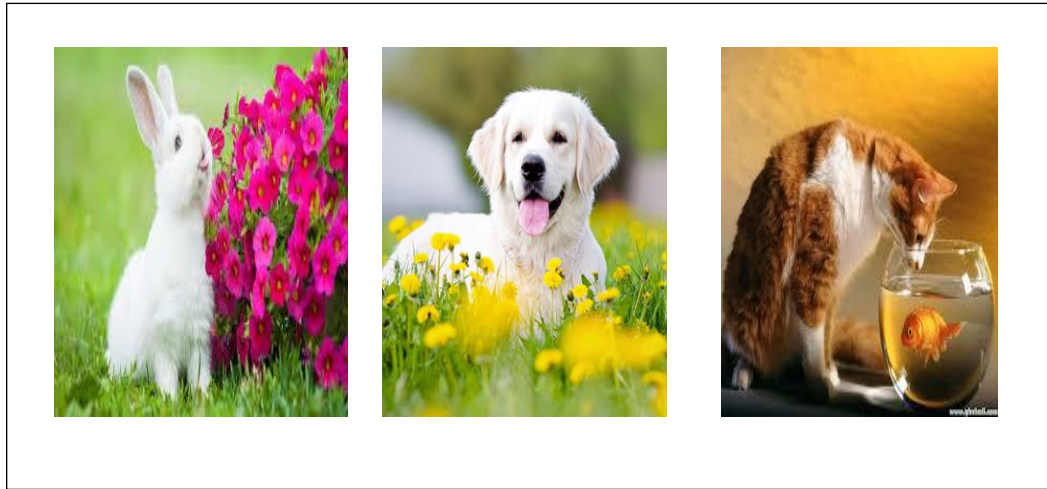


Figure 14: Exemple d'un requête utilisateur

La requête correspondant à cette collection d'images :

$Q = [rabbit, dog, cat, cichild]$.

- **Sous étape de raffinement :**

A cette étape nous avons appliqué notre algorithme sur la requête initial pour mieux comprendre ce qu'il veut l'utilisateur exactement.

- **Indexation de la requête :**

Une fois le processus de raffinement est exécuté, la requête raffinée est indexé de la même manière que les images dans la phase d'indexation.

- **Mesure de similarité :**

Nous avons comparé les vecteurs de la requête avec les autres vecteurs des images, par la formule suivante $\cos\theta = \frac{A.B}{\|A\|.\|B\|}$, Finalement les résultats sont affichés par un ordre croissant.

V. Implémentation de notre moteur de recherche :

Nous avons implémentés notre moteur avec le langage c#, sous l'environnement Microsoft Visuel Studio 2015.

1. Interface utilisateur :

Les figures ci-dessous représentent quelques interfaces de notre moteur. L'utilisateur va charger une base d'image, ensuite il formule sa requête par sélectionner un ou plusieurs images, puis cliquer sur le bouton rechercher.



Figure 15: Interface principal de notre application



Figure 16: Formulation de requête



Figure 17: Interface d'affichage des résultats

VI. Evaluation expérimentale :

Pour évaluer notre moteur et notre algorithme, nous avons utilisés les mesures les plus courantes pour évaluer un moteur de recherche d'images qui sont : le rappel et la précision.

- Le rappel est le rapport entre le nombre d'images pertinentes dans l'ensemble des images trouvées et le nombre d'images pertinentes dans la base d'images.
- La précision est le rapport entre le nombre d'images pertinentes dans l'ensemble des images trouvées et le nombre d'images trouvées.

1. Scénarios des expérimentations :

Afin d'évaluer la performance de notre algorithme, nous l'avons comparée avec deux approches : l'approche classique (sans raffinement) et l'approche Bayésien.

Nous avons demandé à un groupe d'utilisateurs de formuler des requêtes. Ensuite nous avons calculés le rappel et la précision des trois modèles.

• Scénario 1

L'objectif de cette expérimentation est de montrer l'efficacité de notre approche à augmenter le rappel par rapport l'approche classique. Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau et les figures suivants.

Requête	Notre approche	Approche classique
Req1	0.5	0.5
Req2	0.31	0.31
Req3	0.31	0.31
Req4	1	0.84
Req5	1	0.44
Req6	1	1
Req7	1	0.69
Req8	1	1
Req9	0.64	0.54
Req10	1	0.86
Req11	1	0.85
Req12	0.68	0.49
Req13	1	1

Tableau 1: Rappel obtenu pour notre approche et l'approche classique

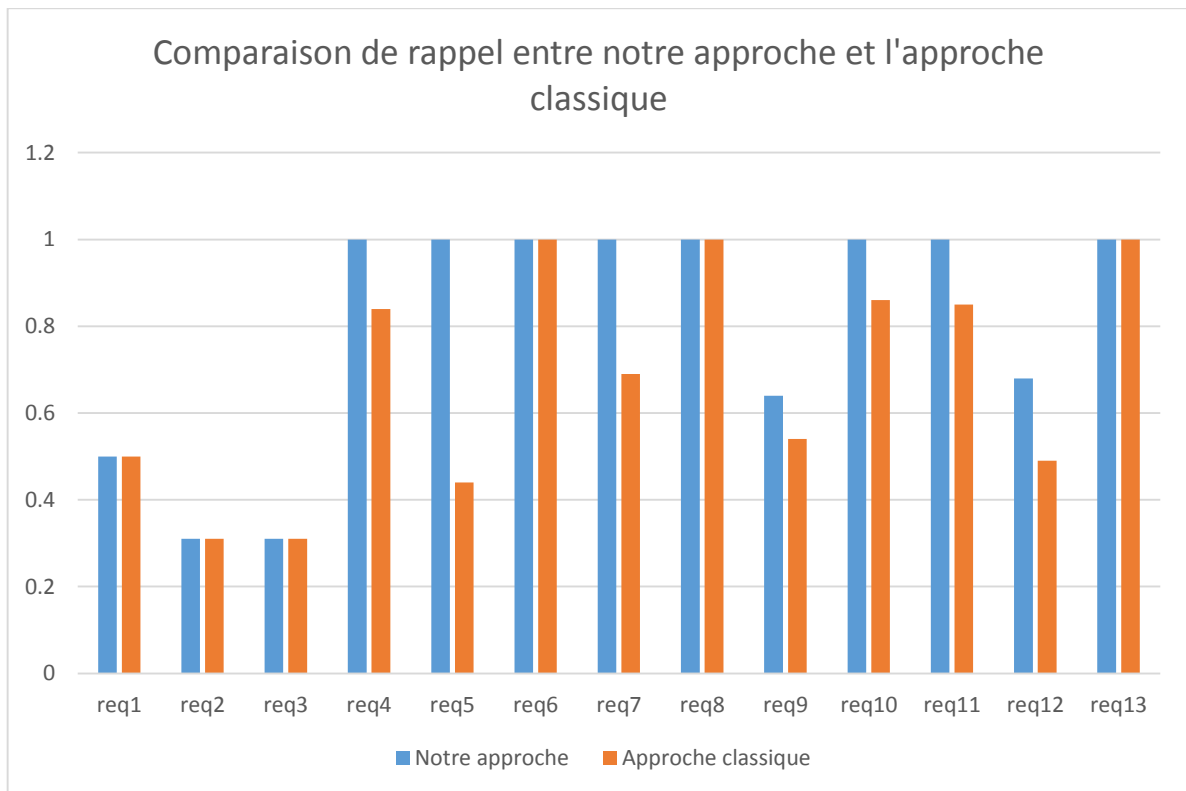


Figure 18: Comparaison de rappel entre notre approche et l'approche classique

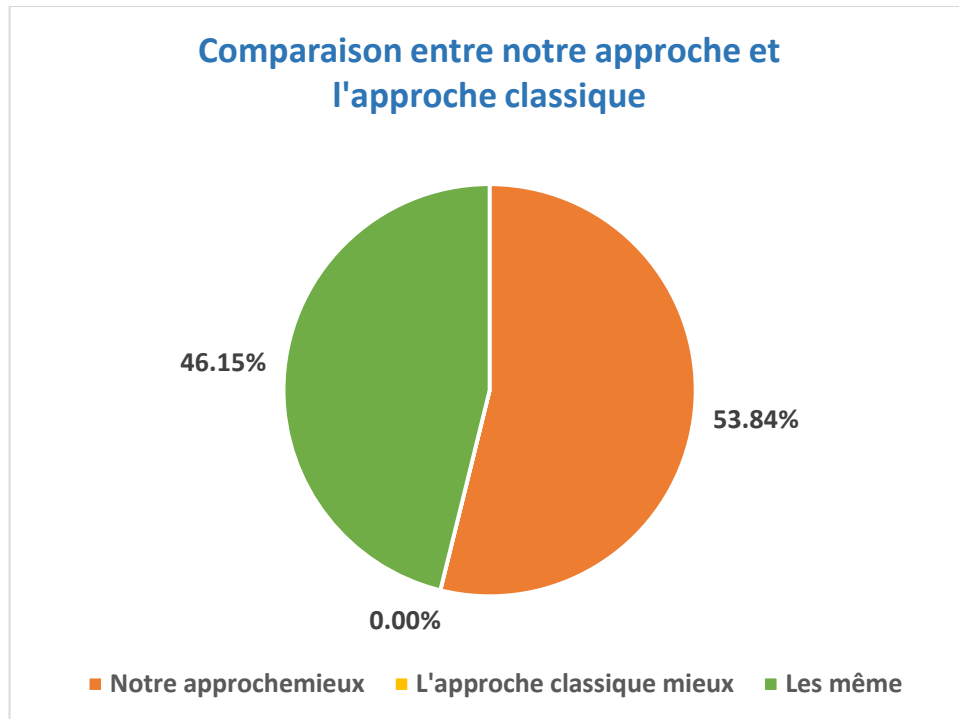


Figure 19; Comparaison du rappel entre notre approche et l'approche classique

Nous remarquons que le rappel est augmenté d'une façon considérable dans notre approche, ces résultats sont justifiés par le fait l'utilisation de l'ontologie permet de déduire des nouveaux concepts cachés.

- **Sénarion2**

L'objectif de cette expérimentation est de montrer l'efficacité de notre approche à améliorer la précision. Nous avons demandés aux utilisateurs de formuler des requêtes, ensuite nous avons calculés la précision des trois modèles. Le tableau et les figures suivants illustrent les résultats obtenus de 20 requêtes.

Requête	Notre approche	Modèle classique	Modèle Bayésien
Req1	1	1	1
Req2	0.8	0.8	0.017
Req3	0.86	0.86	0.028
Req4	0.97	1	0.97
Req5	0.95	0.95	0.036
Req6	0.8	0.65	0.036
Req7	0.9	0.77	0.59
Req8	0.9	0.21	0.17
Req9	0.88	0.47	0.082
Req10	0.88	0.75	0.11
Req11	0.96	0.81	0.31
Req12	0.74	0.3	0.3
Req13	0.78	1	0.93
Req14	0.88	0.88	0.99
Req15	0.92	0.82	0.25
Req16	1	1	1
Req17	1	0.87	0.58
Req18	1	1	0.58
Req19	1	1	1
Req20	1	0.37	0.19

Tableau 2: La précision obtenue pour notre approche et l'approche classique et bayésien

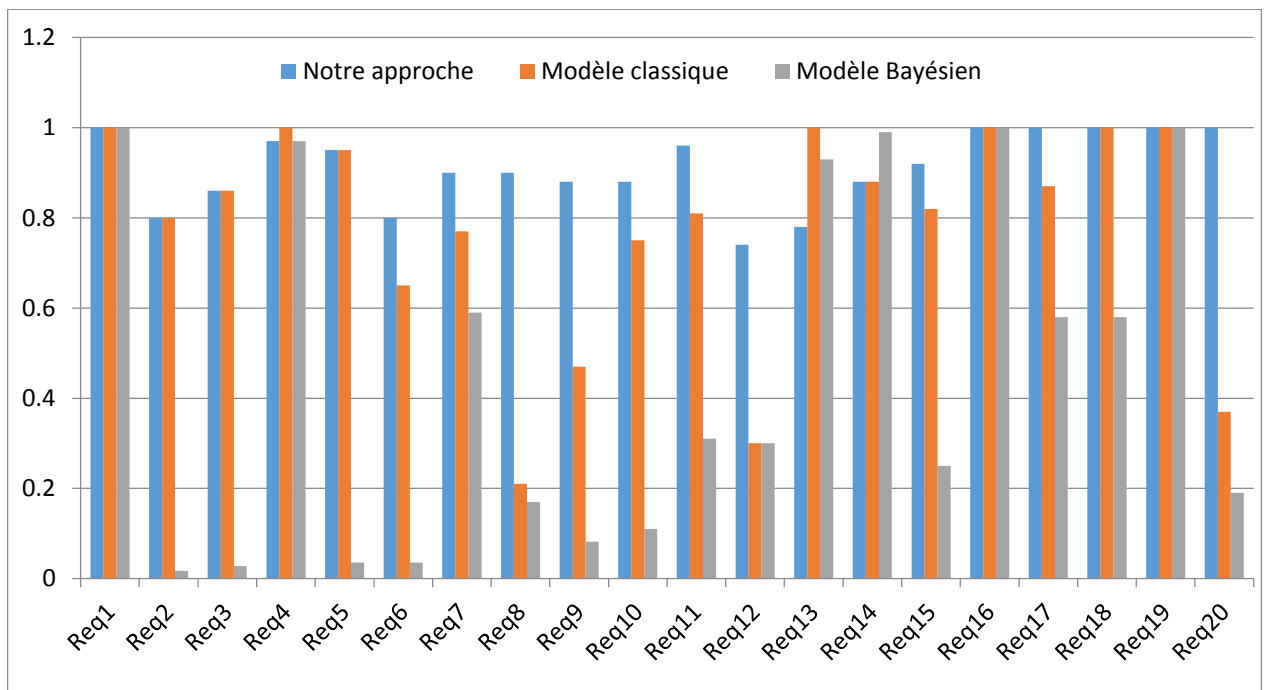


Figure 20: Comparaison entre la précision obtenue pour les trois approches

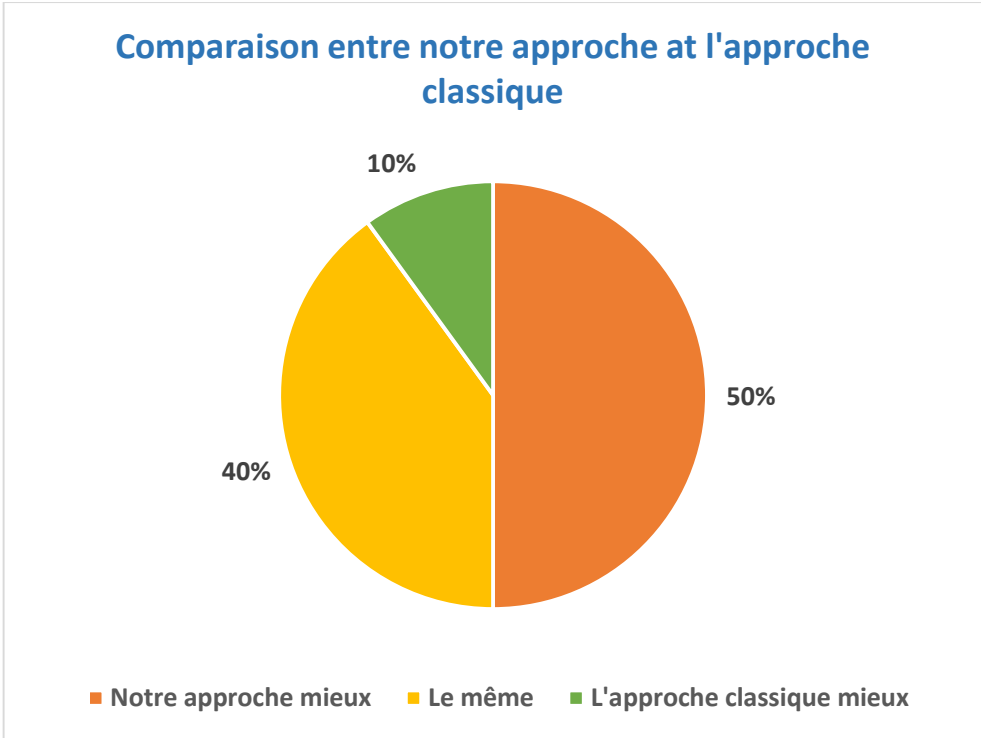


Figure 21: Comparaison de précision entre notre approche et l'approche classique

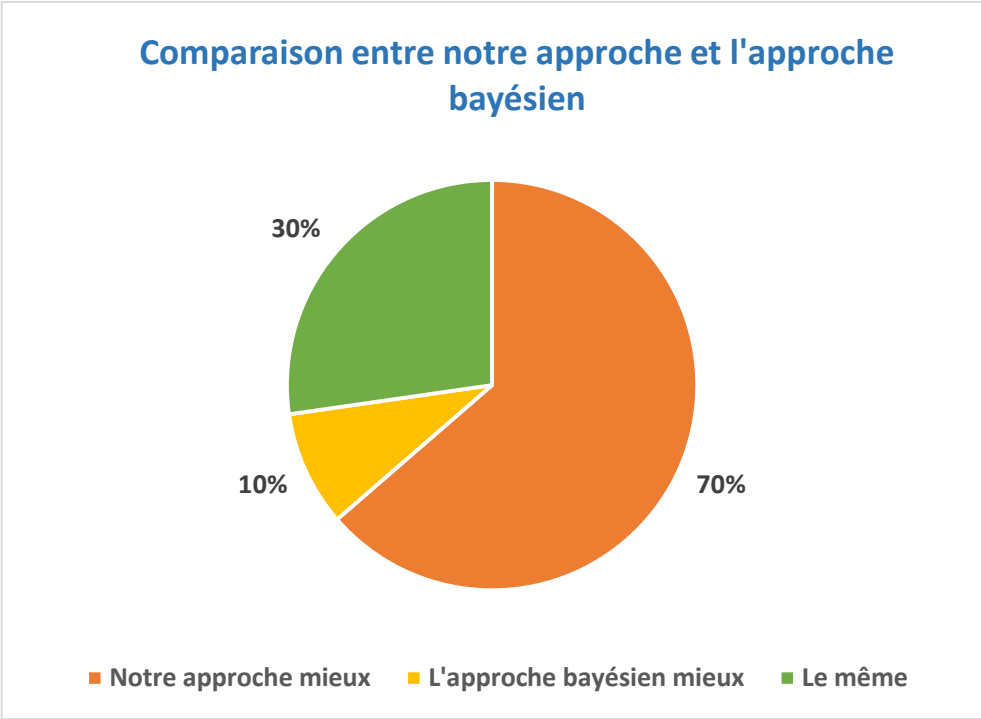


Figure 22: Comparaison de précision entre notre approche et l'approche bayésien

D'après les résultats obtenus, nous pouvons remarquer que notre approche offre la meilleure précision dans la plupart des cas.

VII. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné une vue plus détaillé sur l'aspect technique de notre travail où nous avons présenté les différents scénarios des expérimentations effectuées pour valider notre approche.

Conclusion générale

Depuis quelques années, les bases d'images numériques connaissent un essor considérable. Leur facilité d'acquisition et de stockage les rendent très attractives pour des applications diverses. Il en résulte une production permanente et considérable d'images numériques dans différents domaines. L'accumulation d'images numériques pose rapidement le problème de l'indexation et la recherche d'images. Dans ce mémoire, nous avons abordé le problème d'indexation et de recherche d'images. Plus précisément, nous nous sommes focalisés sur la recherche d'images basée sur le contenu sémantique. Pour rendre le contenu sémantique des images compréhensible et exploitable par les ordinateurs nous avons utilisé comme solution les techniques de recherche à base d'ontologies.

L'objectif de notre travail était d'essayer d'améliorer la qualité de la recherche tout en essayant de comprendre de ce que veut l'utilisateur dans les deux points de communication entre lui et le moteur de recherche qui sont : la formulation de la requête et l'évaluation des résultats.

Nous avons défini deux algorithmes. Le premier algorithme analyse la requête initiale de l'utilisateur en utilisant une ontologie afin de profiter de sa richesse sémantique.

Le deuxième est basé sur l'évaluation de l'utilisateur. Elle permet d'améliorer la précision des résultats.

Nous avons implémenté un moteur de recherche d'images basé sur les deux algorithmes proposés.

Les expérimentations que nous avons effectuées ont bien montré l'utilité de notre approche.

Nous avons comparé les résultats obtenus avec notre approche et celles qui sont obtenues avec une méthode classique (sans raffinement). Nous avons trouvé que notre approche a augmenté le rappel.

Bibliographie

- [1] D. E. ZOMAHOUN, «Emergsem: une approche d'annotation collaborative et de recherche d'images basée sur les sémantiques émergentes,» Bourgogne, 2015.
- [2] M. KORICHI, M. L. KHERFI et M. BATOUCHE, «Vers une meilleure prise en charge de l'utilisateur en recherche d'images(Sélection des concepts et des niveaux d'abstraction),» Ouargla, 2014.
- [3] S. Meziane Tani, «Indexation et Recherche d'image médicale à partir de la transformée en ondelette: Applications aux images rétiniennes,» Tlemcen, 2016.
- [4] B. Saida, «Recherche d'images par le contenu,» Tizi-ouzou.
- [5] P. Tirilly, «Traitement automatique des langues pour l'indexation d'images,» 2010.
- [6] F. Amourache, «Construction d'une ontologie pour l'annotation des CVS/Offres d'emploi,» 2008.
- [7] Z. Boucetta, «Appariement sémantique des cvs/offres d'emploi dans le cadre du e-recrutement,» 2008.
- [8] M. Coustaty, N. Tsopze, A. Bouju, K. Bertel et L. Georges, «Vers une réduction du fossé sémantique dans le traitement des images de documents anciens à base d'ontologies: Application aux lettrines».
- [9] H. Ben cheikh et Z. Kaoudja, «Recherche d'Images par Sémantique (SBIR) avec Exemple et Contre exemple,» Ouargla, 2015.
- [10] L. T. LAN, «Indexation et recherche d'images par contenu,» Hanoi, 2005.
- [11] Boucher, Alain; Lee, Thi-Lan, «Comment extraire la sémantique d'une image?,» chez *3rd International Conference: Sciences of Electronic, Technologies of Information and Telecommunications*, TUNISIA, 2005.
- [12] N. MERABET et M. MAHLIA, «Recherche d'images par le contenu,» Tlemcen, 2011.
- [13] A. Laoubi, «Recherche d'images sémantique basée sur la sélection automatique des concepts,» Ouargla, 2014.
- [14] S. ALLIOUA et B. ZIZETTE, «Recherche sémantique d'images annotées,» Tébessa, Algérie.
- [15] S. Bouarrodj, «Raisonnement sur une ontologie enrichi par des règles SWRL pour la recherche sémantique d'images annotées,» Skikda, 2010.

- [16] G. Diallo, «Une Architecture à Base d'Ontologies pour la Gestion Unifiées des Donnés Structurées et non Structurées,» Grenoble, 2006.
- [17] M. Kolli, «Intégration d'ontologie dans le cadre du web sémantique: une détection des relations sémantiques basée sur le RAPC,» Constantine.
- [18] J. B. Tenenbaum et T. L. Griffiths, «Generalization, similarity, and bayesian inference,» Stanford.
- [19] THEORIE DES GRAPHERS, Mont-Royal (Québec): MODULO, 1981.
- [20] Mourad Baion (et les autres), Graphe et applications.
- [21] H. SAHBANI, «Étude de la Complexité des Réseaux Planaires par l'Évaluation du Nombre d'Arbres Couvrants,» Rabat- Maroc, 2016.
- [22] C. Berge, Graphes et hypergraphes, Paris: DUNOD, 1967.
- [23] J. Bondry et A. Murty, Graph theory (graduate texts in mathematics), U.S.R, 2008.