Chapitre I

1. Introduction

En domaine de psychologie, les travaux de recherches ont indiqué que les traits du visage sont des indices fiables et critiques pour mesurer la similarité génétique par rapport aux autres mesures telles que les mesures biologiques. En effet, les tests ADN, par exemple, sont largement utilisés dans la détermination de la paternité et de la scène du crime des enquêtes, mais ce processus est fastidieux, lent et couteux. Entre temps, l'intelligence artificielle « IA » et les techniques de vision par ordinateurs permettent de trouver des solutions intelligentes pour la détection des liens de parenté à base de visage. Ces possibilités ont motivé les travaux de recherches dans les domaines de biométrie, reconnaissances faciales et la vision par ordinateur de développé des modèles informatiques pour ajouter une nouvelle dimension intelligente, rapide et économique pour la vérification de la similarité génétique des personnes via des images faciales.

Le visage est l'élément le plus important que les gens utilisent pour se reconnaître. Les humains peuvent s'identifier rapidement et facilement par leurs images de visage. Cependant, ces compétences sont affectées par les changements importants dans les caractéristiques du visage, ou même par les modalités de capture comme l'angle de vision, l'éclairage, etc. Le visage reste une approche de reconnaissance dynamique de l'homme. L'analyse de l'image faciale a été largement étudiée dans la communauté de l'IA et l'imagerie et un grand nombre de ces méthodes ont été proposées pour diverses applications pratiques et les grands succès sont enregistrés dans les applications de la reconnaissance faciale. Cependant, nous trouvons de nouvelles pistes de recherche prometteuse dans le domaine d'applications pour le visage tel que la vérification automatique de la parenté et les systèmes d'estimation d'âge.

Dans ce chapitre nous essayons de présenter les généralités de base des liens de parenté et ces modalités d'applications dans le domaine de l'IA. Ainsi, nous focalisons sur les défis relatifs à la détection des liens de parenté à partir des images de visages et leurs domaines d'applications.

2. Liens de parenté en théorie

Nous présentons dans cette section la terminologie et les différents concepts de parenté utilisés dans cette étude.

2.1. Terminologies utilisées

- **En général**

Le terme parenté indique une similitude, une familiarité ou une proximité entre les

entités sur la base de certains ou de tous les traits ou caractéristique de base, peut être formulé ou qualifié de relation de parenté. La parenté est un terme large qui a différents moules de sens en fonction du cadre ou du contexte dans lequel elle opère [1].

Dans le contexte anthropologique

La parenté fait référence au réseau de relations sociales qui constituent une partie importante de la vie de la plupart des humains dans la plupart des sociétés. L'étude de la parenté est l'étude de ce que l'homme fait des faits fondamentaux de la vie - l'accouplement, la gestation, la parentalité, la socialisation, la fratrie, etc. Néanmoins, dans d'autres contextes, la parenté peut avoir différentes significations [2].

En biologie

La parenté se réfère généralement au degré de parenté génétique ou au coefficient de relation entre les membres individuels d'une même espèce [3, 4]. De plus, différentes sociétés classent différemment les relations de parenté et utilisent donc différents systèmes de terminologie de parenté [5].

2.2. Types de liens de parenté

Généralement nous trouvons que la majorité des spécialistes des sciences sociales classent les liens de parenté dans la vie humaine en trois aspects ou types.

- **Liens de sang (Consanguineal) :** Cette parenté est basée sur le sang ou les liens génétiques, la relation signifiant la relation entre parents et enfants également entre frères et sœurs, dit le groupe de sociologie. C'est le type de parenté fondamental et le plus universel. Également connu sous le nom de parenté primaire, il implique des personnes directement liées [6].
- **Liens de mariage (Affinal) :** Cette parenté est basée sur le mariage. La relation entre mari et femme est également considérée comme une forme fondamentale de parenté [6].
- **Liens sociaux (Social) :** Cette parenté concerne les personnes qui partagent des liens de parenté à travers des affiliations religieuses ou les groupes sociaux. La différence majeure de ce lien par rapport aux deux précédents se réside dans la capacité de mettre en fin cette relation de manière absolue sans recours juridique [6].

Dans notre projet, nous concentrerons sur le premier type qui est le lien de sang, parce que dans notre objectif est la recherche d'un système intelligent qui permet la détection de l'existence des liens de parenté basée sur le sang et particulièrement celles qui sont entre les

parents et leurs enfants c.-à-d. les quatre relations : père-fils, père-fille, mère-fille, mère-fils.

2.3. Les degrés des liens de parenté

Toute relation entre deux individus est basée sur le degré de proximité ou de distance de cette relation. Le degré de proximité ou de distance de toute relation dépend de la façon dont les individus sont liés entre eux. Les liens de parenté sont essentiellement sous trois classes (ou degré), qui sont :

- **Parenté primaire :** Ce degré fait référence à des parents qui sont étroitement et directement liés les uns aux autres, est appelé les principaux parents. Les huit types de parenté primaire comprennent la mère-fils, le mari-femme, le père-fils, la mère-fille, le père-fille, la sœur-frère, la sœur cadette-sœur aînée et le frère cadet-frère aîné [7].
- **Parenté secondaire :** Ce degré fait référence aux parents principaux des parents primaires. En d'autres termes, ceux qui sont directement liés aux parents primaires (également appelé parents secondaires). Il y a 33 parents secondaires, comme le frère du père, le mari de la sœur et la femme du frère [7].
- **Parenté tertiaire :** Ce degré se réfère à la parenté secondaire de la parenté primaire (également connue sous le nom de parent tertiaire). Environ 151 parents tertiaires ont été identifiés, comme le frère du mari de la sœur et la femme du beau-frère [7].

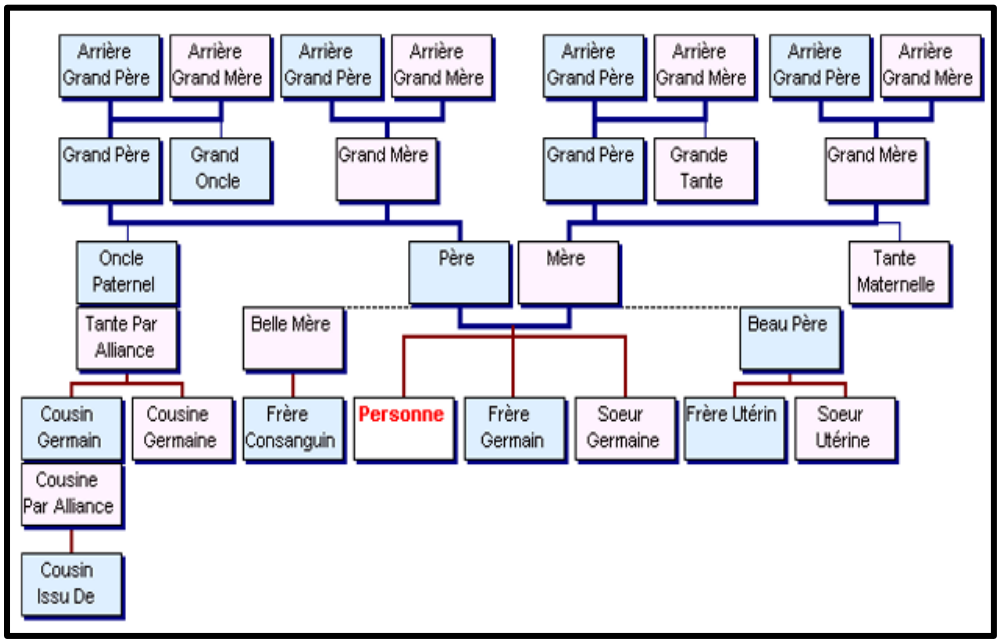


Figure 1.1 : Organigramme des liens de parenté proches (Liens de sang - ou la naissance) [8].

3. Liens de parenté et vision par ordinateur

Dans les systèmes de la reconnaissance automatique de parenté, l'objectif est d'apprendre la machine à reconnaître les relations à base de caractéristiques entre des paires d'images de visages. En effet, cette tâche de reconnaissance peut être une tâche de détection binaire à partir de traits extraits d'images faciales ou une tache de reconnaissance pour déterminer le degré exact de cette relation [9].

3.1. Vérification et reconnaissance des liens de parenté

La détection des liens de parenté peut fonctionner dans deux modes qui sont :

- **Mode de vérification (authentification)** : nommée aussi mode d'authentification, le système agit par vérification de l'existence d'une relation de parenté entre une paire d'images.
- **Mode de reconnaissance (identification)** : nommée aussi mode d'identification, son but est de deviner la relation de parenté des deux images d'entrées (classe de relation).

Jusqu'à présent, de nombreux travaux de recherches sont concentrés sur le développement des méthodes pour déterminer la meilleure solution pour vérifier la relation de parenté entre les individus [10, 11, 12]. En effet, peu de travaux qui sont intéressés sur l'identification de degré des liens de parenté [13].

Afin de cerner la relation entre la vérification et l'identification automatique, nous supposons les situations suivantes : « Si nous utilisons une photo qui contient un groupe de personnes (ou un individu) comme galerie et que nous utilisons une autre photo comme requête », alors, à ce stade, trois cas sont générés (**Figure.1.2**), comme suit :

- ✓ Y a-t-il une ressemblance entre la photo de requête et les membres situés sur la photo ? (***Vérification***).
- ✓ Si oui, existe-t-il une relation entre la photo de requête et les membres situés sur la photo ? (***Vérification***)
- ✓ Si oui, identifiez le type de cette relation (***Reconnaissance*** *ou* ***Identification***).

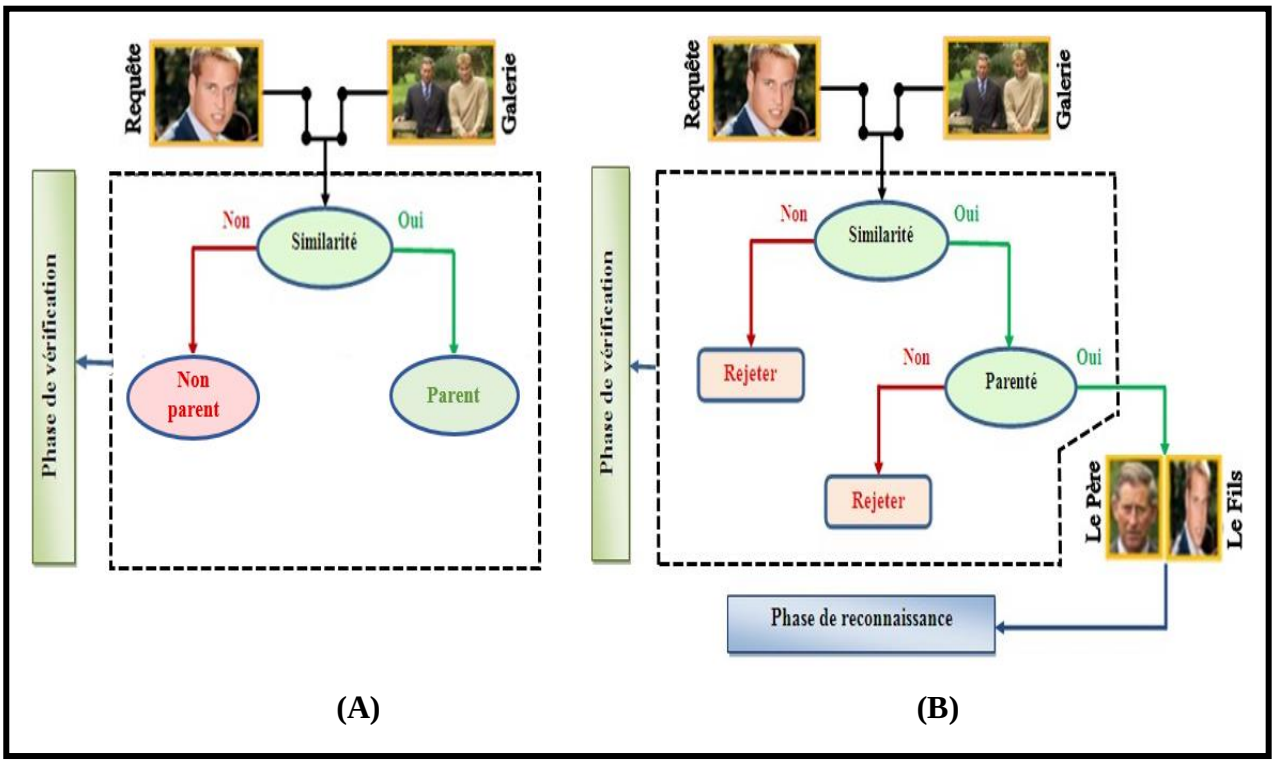


Figure 1.2 : Comparaison entre (A) système de vérification de parenté et (B) système d'identification de parenté [1].

3.2. Reconnaissance de la parenté VS reconnaissance faciale

Malgré que le processus de reconnaissance faciale puisse sembler similaire à celui de la de la reconnaissance de parenté, alors que ces deux processus sont deux choses différentes. On pourrait dire que la reconnaissance de la parenté est le plus haut niveau que la reconnaissance faciale. Dans le même temps, nous ne pouvons pas ignorer l'existence de facteurs communs entre eux, tels que les défis d'extractions de caractéristiques discriminantes et les techniques utilisées de classification.

La différence entre la reconnaissance faciale et la reconnaissance de parenté peut être exprimé en fonction de critères suivants :

3.2.1. L'objectif

- ✓ L'objectif du système de reconnaissance faciale basée sur des images peut être défini comme suit : étant donné une image faciale d'entrée et une base de données d'images faciales d'individus connus, la tâche du système est de distinguer les caractéristiques faciales de l'image faciale d'entrée et l'image faciale d'un individu connu de la base de données ainsi que de vérifier ou identifier si l'image appartient à la même personne ou non [14, 15].
- ✓ En revanche, l'objectif d'un système de reconnaissance de parenté consiste tout d'abord

de trouver des caractéristiques permettant à la fois de vérifier les liens de parenté entre deux images et de les distinguer aux images de la base [16, 12].

3.2.2. Le mode de fonctionnement

Les deux systèmes englobent le mode de vérification et d'identification, avec une différence dans le style de mise en œuvre. La **figure. 1.3** montre les modes de reconnaissance faciale et de parenté.

- ✓ Vérification du visage : est-ce la même personne ? (**1 : 1**)
- ✓ Identification du visage : qui est cette personne ? (**1 : N**)
- ✓ Vérification de parenté : vérifie l'existence d'une relation de parenté entre une paire d'images ou plus (**1 : N**)
- ✓ Identification de la parenté : identifie le degré de parenté (**1 : N**).

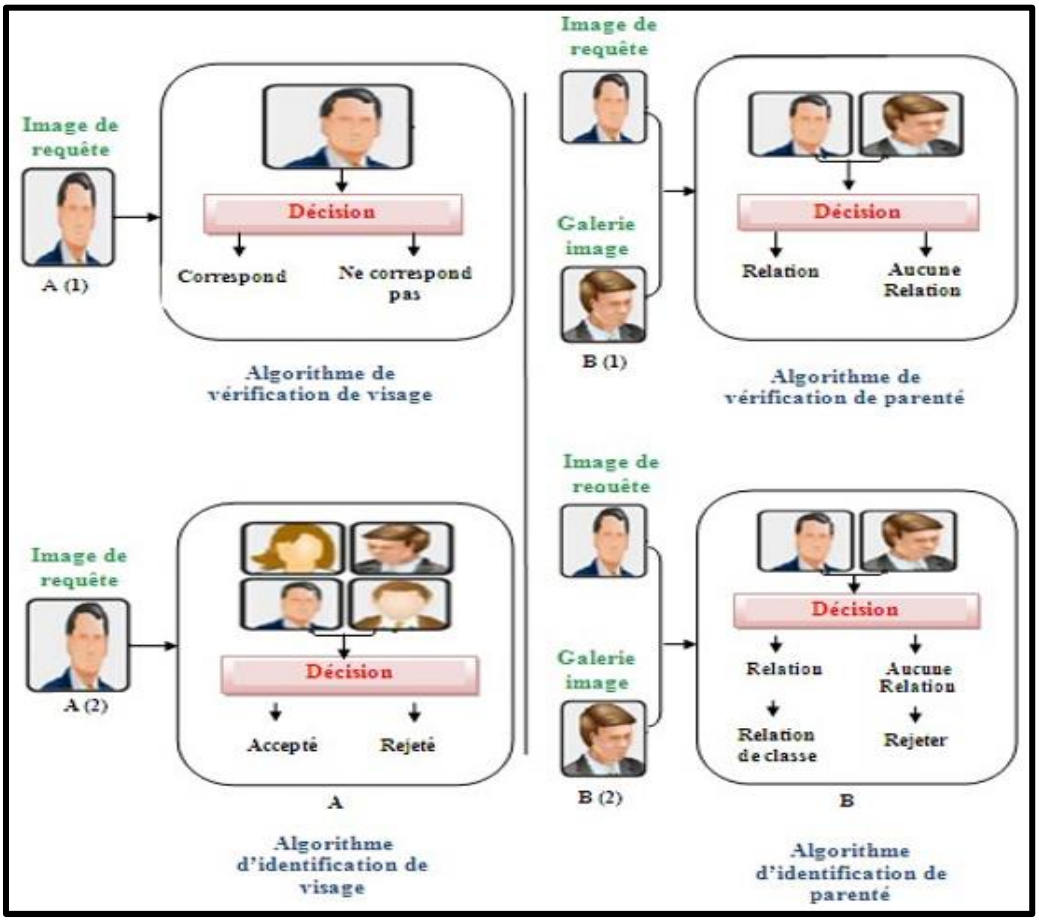


Figure 1.3 : Modes d'identification faciale et de parenté : **A** identité (A(1) vérification faciale, A(2) identification faciale), et **B** parenté (B(1) vérification de parenté, B(2) identification de parenté) [1].

Dans la **figure 1.3**, on observe l'existence d'un lien entre la vérification et l'identification dans le système de reconnaissance de parenté, ce qui signifie que le système ne peut

procéder à la détermination du degré de parenté sans avoir recours à vérifier l'existence de la relation de parenté.

3.2.3. Les performances

Les performances des machines en termes de reconnaissance faciale sont devenues très précises, pouvant atteindre **97,25%** [17]. Bien que la précision actuelle pour la reconnaissance de la parenté soit de **88,40%** [18], cette précision n'est pas satisfaisante et a maintenant ouvert un nouveau domaine de recherche.

3.2.4. Les défis

Généralement les défis majeurs sont communs entre la reconnaissance de l'identité et la détection des liens de parenté. Ces systèmes peuvent être affectés par un ensemble d'influences telles que l'éclairage, l'absence et la présence de composants structurels, les occlusions, les émotions, l'expression faciale, le maquillage, la chirurgie esthétique, le vieillissement, les rotations, les variations de pose, le bruit, l'échelle, l'encombrement et la résolution, des jumeaux, etc. [19, 20, 21]. Il s'agit des défis les plus importants et les plus courants dans ces deux domaines.

3.2.5. Applications

Les applications les plus courantes et familières pour la reconnaissance faciale dans divers domaines sont la surveillance, la sécurité, le divertissement, le contrôle d'accès, le suivi des suspects et la médecine légale. La reconnaissance de parenté est l'aspect le plus intéressant lié à la relation des personnes dans les images et a une influence significative sur les applications réelles et de nombreux domaines.

La différence que nous pouvons observer est que la sécurité et la surveillance dominent la plupart des applications de reconnaissance faciale, tandis que le la parenté vise à étudier la relation biologique entre les personnes [22].

4. Processus du système de vérification et reconnaissance des liens de parenté

Le processus de reconnaissance automatisée de la parenté sur les images faciales est effectué en examinant des caractéristiques importantes trouvées dans les traits du visage et en les comparant avec ceux qui ont été trouvés dans d'un autre visage. Dans la plupart des cas, l'entrée dans le système de vérification et de reconnaissance de la parenté est toujours des images fixes. Deux images servent d'entrées (une *paire de visages*), l'une est une image pour un parent (*mère ou père*) et l'autre est une image de l'un des enfants (*fils ou fille*). Le système

automatisé de vérification et de reconnaissance de la parenté passe par six phases pour vérifier l'existence de toute relation de parenté, et reconnaître la classe de cette relation.

4.1. Phase de détection des visages et prétraitement

Cette phase est souvent utilisée pour la détection des zones d'intérêts (le visage). En effet, cette tâche utilise les techniques de reconnaissance faciale afin de détecter automatiquement le contour ou l'objet de visage. Cependant, les dataset ou les corpus utilisés dans les systèmes de détection de lien de parenté contiennent généralement des images prétraitées. Des images contiennent uniquement le visage avec orientation uniforme. Ces ressources sont utilisées pour la création et l'évaluation des performances des systèmes de détection de lien de parenté. Tandis que, la phase de détection du visage est primordiale lors de l'implémentation de ces systèmes en mode réel.

4.2. Phase d'extraction et sélection des caractéristiques

L'extraction et la sélection des caractéristiques représentatives, pertinentes et discriminantes dans une tache de classification automatique est le grand défi pour les systèmes de reconnaissances automatiques. En littératures, nous trouvons plusieurs techniques utilisées pour cette phase qui seront détaillées si dessous. Ces techniques sont définies sur la base d'une seule entrée, mais les systèmes de détection de lien de parenté possèdent une paire d'images en entrée ce qui rend cette phase plus complexe. En effet en cherchant des caractéristiques communes et discriminantes pour deux images très différentes dans plusieurs dimensions telles que l'âge sexe.

Généralement, les méthodes d'extraction de caractéristiques peuvent être divisé en trois groupes : basé sur les méthodes d'extraction classique (Handcraft), caractéristiques appris (learned Handcraft) et basé sur l'apprentissage en profondeur (deep learning).

- **Méthodes classiques d'extraction de caractéristiques**

L'image contient de nombreuses caractéristiques qui peuvent être utilisées pour analyser une telle scène. Le type de caractéristiques utilisé varie en fonction de l'application prévue. Par exemple, dans une image contenant une scène composée de formes A, B et C, plusieurs méthodes doit être utilisé pour extraire chaque forme séparément. Par conséquent, il est nécessaire de savoir le type de scène pour choisir efficacement la méthode appropriée. Par conséquent, comme ces les techniques nécessitent une expertise, les caractéristiques obtenues sont considérées comme fabriquées à la main. L'une des faiblesses de ces méthodes est que les caractéristiques de l'image sont calculées selon un ensemble d'étapes

préconçues et ne sont pas appris le contexte dans lequel l'image appartient. Comme exemples de certaines fonctionnalités artisanales méthodes d'extraction, DCT, DWT, LBP, PCA, ICA et autres.

❖ **Méthodes d'extraction de caractéristiques apprises**

Pour améliorer l'efficacité des méthodes d'extraction de caractéristiques classique, de nombreux chercheurs ont tenté d'incorporer l'idée d'apprentissage dans l'extraction de caractéristiques pour extraire des vecteurs de caractéristiques plus précis. L'idée générale est de donner des connaissances (informations) préalables pour extraire efficacement vecteurs de caractéristiques. À ce jour, la façon dont ces informations sont présentées varie de chercheur à l'autre. En fait, de nombreux travaux dans ce sens se sont concentrés sur la représentation faciale ont été relativement bien exécutés. À titre d'exemples de ces méthodes, modèle quantifié local (LQP), descripteur de visage discriminant (DFD), contexte d'apprentissage de caractéristiques binaires locales (CA-LBFL) et autres.

❖ **Méthodes basées sur l'apprentissage en profondeur**

L'apprentissage profond ou apprentissage en profondeur (en anglais : deep learning, deep structured learning, hierarchical learning) est un ensemble de méthodes d'apprentissage automatique tentant de modéliser avec un haut niveau d'abstraction des données grâce à des architectures articulées de différentes transformations non linéaires. Ces techniques ont permis des progrès importants et rapides dans les domaines de l'analyse du signal sonore ou visuel et notamment de la reconnaissance faciale, de la reconnaissance vocale, de la vision par ordinateur, du traitement automatisé du langage. Il existe un grand nombre de variables d'architectures profondes, citons par exemple CNN, PCANet, DCTNet…

L'étape qui suit est l'étape de sélection, dont ses techniques sont utilisées pour réduire les dimensions des caractéristiques pour les calculs ainsi que l'élimination des bruits et des informations redondantes.

4.3. Phase de reconnaissance et de vérification

Dans cette phase, nous récurons aux algorithmes de classification automatiques ou les systèmes d'apprentissage approfondi pour la recherche de l'existence d'éventuelle relation de lien de parenté entres les paires d'images d'entrées. Certes, les performances des deux phases précédentes influent fortement sur les résultats de classification, cependant le choix des classifieurs approprié en tenant compte de la spécificité de la tâche améliore les performances de ces systèmes.

De point de vue des résultats des systèmes de détection des liens de parenté à partir de visage, elle se varie une classification binaire : existence ou non-existence de lien de parenté vers une classification multi-classes qui permet de détecter le type de relation. Ce choix est souvent basé sur les caractéristiques de corpus de données utilisées pour le développement.

L'ensemble des étapes du système de la parenté peut ainsi être résumé dans la **figure 1.4** suivante :

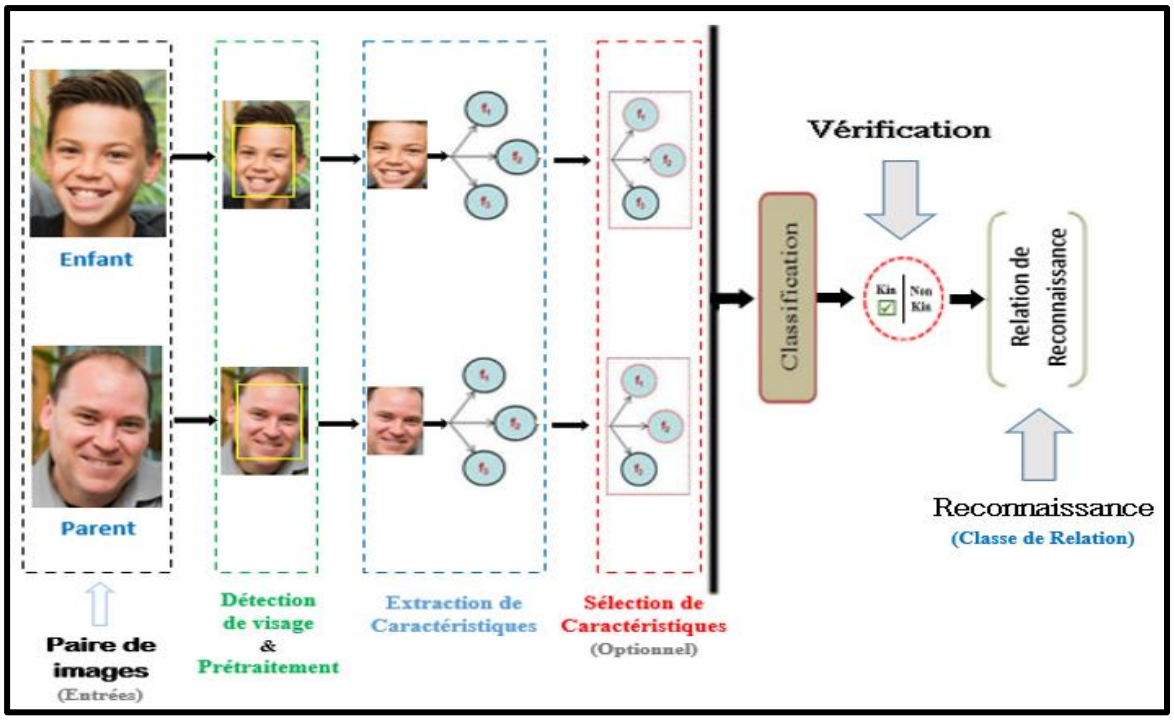


Figure 1.4 : Système général automatisé de vérification et de reconnaissance de la parenté.

5. Défis et difficultés de la reconnaissance des liens de parenté

La recherche des solutions efficaces pour la reconnaissance des liens de parenté est limitée par les défis et les difficultés qui entravent la réalisation de ces systèmes. Bien que le visage humain soit un sujet avec une grande variété de changements intrinsèques et extrinsèques, les systèmes de traitement automatique de visage ou bien spécifiquement le système de reconnaissance de lien de parenté à travers des images faciales sont construits à un nombre limité d'échantillons de visage généralement capturés dans des conditions contrôlées. La **figure 1.5** illustre certaines images de visage difficiles capturées dans la nature (conditions incontrôlées). Il est pratiquement impossible de couvrir tous les changements faciaux pendant la phase de l'apprentissage, ce qui empêche les systèmes de gérer les visages invisibles avec de nouveaux changements. De plus, des études sont effectuées [23] ont démontré que des variations en termes (changement d'illumination, pose de la tête, occultation… etc.) dans différentes images de visage d'une même personne peut être plus importantes que les variations

de visages de personnes différentes. Par conséquent, les performances d'analyse de visage se dégradent remarquablement dans des environnements défavorables.

Cependant, les défis caractérisent le domaine de la reconnaissance de lien de parenté comme un problème plus large et plus difficile que la vérification et l'identification du visage. De plus, des études [24] ont démontré spécifiquement dans ces systèmes que les défis apparaissent en raison des variations (âge, sexe, changement d'illumination, pose de la tête, expressions faciales, occultations, similitude minimale entre parents, etc.). Dans les sections suivantes, nous présentons les principaux difficultés et défis.



Figure 1.5 : Exemples d'images de visage non contrôlées [25].

5.1. Variations d'âge et de sexe

L'écart d'apparence rencontré dans le problème de la vérification de parenté est beaucoup plus grand que celui dans le cadre de vérification classique du visage. Etant donné deux images avec des genres différents et des âges différents, **Figure 1.6**, l'objectif est la vérification d'existence d'un lien de parenté « *Père-fille* ». La similitude faciale dépend de plusieurs facteurs, y compris l'âge et le sexe. Dans des études antérieures en tant que proposition et solution au problème de la différence d'âge, le grand écart d'âge entre les aînés et leurs jeunes enfants a été réduit en exploitant l'image des parents âgés lorsqu'ils étaient jeunes (en extrayant les traits lorsqu'ils étaient vieux qui correspondent aux traits lorsqu'ils étaient jeunes) en tant qu'ensemble de données intermédiaires [26].



Figure 1.6 : Exemple d'images de visage avec des différences d'âge et de sexe [1].

Dans le cas du sexe, les résultats d'expériences dans des études antérieures montrent que le pourcentage de précision augmente quand un père est comparé à son fils, et une mère avec sa fille et diminue quand un père est comparé à sa fille, et une mère avec son fils. Cette constatation explique l'effet du sexe sur les performances de l'algorithme. Cette observation n'est pas une règle absolue, mais nous devons en tenir compte. De plus, cela a motivé les recherches d'identification des traits distinctifs qui représentent les différences entre les sexes [1, 27].

5.2. Changement d'illumination

Les variations d'illumination viennent entraîner des variations considérables dans l'apparence d'un visage. Des changements d'illumination peuvent faire apparaître sur le visage des ombres accentuant ou, au contraire, masquant certaines caractéristiques faciales. Deux types d'éclairage peuvent influencer : l'illumination globale (ou ambiante) et l'illumination locale. Alors que l'illumination globale affecte tout le visage de manière uniforme, l'illumination locale entraîne la création de zones d'ombres et de zones éclairées, la **figure 1.7** présente un exemple de visage dont la source lumineuse l'éclairant se déplace. Parmi les solutions proposées dans la littérature au problème de l'éclairage, il y a le développement de descripteurs de visage robustes au changement d'illumination [28].

L'extraction de caractéristiques invariantes aux changements de luminosité est également une approche largement décrite dans la littérature [29]. Notons enfin qu'un certain nombre d'approches traitent le problème de la luminosité dans les systèmes de reconnaissance par une étape de prétraitement dont l'objectif principal est bien souvent de corriger les artefacts dus aux variations de luminosité.



Figure 1.7 : Exemple de variation d'éclairage [30].

5.3. Variations de pose et de profil

Le taux de reconnaissance de lien de parenté se dégrade considérablement dans les cas de variations et de changements des angles d'inclinaison de la tête dans les images à traiter. Cette difficulté a été démontrée par des tests d'évaluation élaborés sur les bases FERET et FRVT [31, 32]. La variation de pose est considérée comme un problème majeur pour le système de reconnaissance de lien de parenté. Quand le visage est de profil dans le plan image (orientation< 30 °), il peut être normalisé en détectant au moins deux traits faciaux (passant par les yeux). Cependant, lorsque la rotation est supérieure à 30°, la normalisation géométrique n'est plus possible. La **figure 1.8** illustre quelques exemples de variation de pose et de profil.



Figure 1.8 : Exemples de variation de poses de la tête.

5.4. Expressions faciales

L'apparence d'un visage varie grandement en présence d'expressions faciales. Les éléments faciaux tels que la bouche ou encore les yeux peuvent alors subir des déformations importantes, pouvant faire échouer un système de reconnaissance de lien de parenté fondée par exemple sur des points d'intérêt. La bouche est en général l'élément facial qui est le plus varie, mais l'aspect des contours peut par exemple être grandement modifié [33]. La **figure 1.9** présente quelques exemples de variation d'expressions faciales.



Figure 1.9 : Exemples de variation d'expressions faciales [30].

5.5. Occlusions

Les occlusions partielles apparaissent fréquemment dans des applications réelles. Elles peuvent être causées par une main cachant une partie du visage, par des cheveux longs, ou par le port d'accessoires tels que des lunettes de vue, de soleil, par tout autre objet (foulard, chapeau . . .), ou encore par une autre personne. Il arrive également qu'une partie du visage cache une autre, comme dans le cas d'une rotation hors plan par exemple. Il est important de savoir reconnaître des visages partiellement occlus. Par conséquent, de nombreux travaux de recherches ont tenté de gérer de telles situations en proposant des approches robustes pour l'occlusion partielle du visage. Des méthodes de sous-espace ont été utilisées pour projeter le visage dans un nouvel espace et éliminer les parties obstruées. Certaines autres méthodes ont tenté de reconstruire les parties du visage occluses, tandis que d'autres détectent l'occlusion et n'utilisent que des parties non occluses pour l'analyse du visage [26]. La **figure 1.10** présente quelques exemples de variation de contraintes d'occlusions.



Figure 1.10 : Exemples d'occlusion du visage.

6. Domaines d'application

Les relations biologiques et les similitudes entre les traits dans les visages dans la même famille ont encourager de trouver des méthodes de reconnaissance automatique des liens de parenté afin de développer des systèmes informatiques qui seront capables de détecter et même

de reconnaître les degrés des liens de parenté et de les appliquer dans des variétés domaines d'applications. Bien qu'il existe d'autres mesures biologiques modernes comme l'ADN, mais elles ne sont pas applicables à grande échelle [10, 34].

La détection de la parenté à travers les visages est devenue un sujet intéressant d'une grande importance scientifique parce que les systèmes de reconnaissance faciale sont devenus plus fiables, actifs et largement appliqués dans des situations en monde réel. Entre autres, avec les progrès technologiques, tels que les appareils photo numériques de haute qualité, des dispositifs mobiles et Internet, les images numériques deviennent une nouvelle dimension d'identité des personnes. L'identification des personnes et de leurs relations à partir des images faciales a des valeurs sociales et commerciales importantes en tenant compte les critères, les approches et les algorithmes adoptés dans les études d'identification de parenté pour chaque domaine d'application. Par conséquent, le choix d'une application qui existe dans le monde réel, comme l'organisation d'albums de famille, peut être le point de départ et la pierre angulaire de base pour résoudre le problème de la parenté.

Dans d'autres domaines de ce sujet, d'autres projets potentiels comme la recherche d'informations ou d'images et l'analyse des médias sociaux, qui s'appuient sur les constatations et les résultats concernant les solutions aux problèmes liés aux relations familiales.

Nous résumons les domaines d'application possibles comme suit :

- Retrouver les membres de la famille disparus.
- Médecine légale.
- Traite / contrebande d'enfants.
- Analyse des réseaux sociaux
- Déterminer les parents d'une victime ou d'un suspect par les organismes d'application de la loi.
- Gestion automatique et étiquetage ou annotation des bases de données d'images.
- Identification des proches à partir d'une collection de photos et récupération d'images.
- Recherches historiques et généalogiques.
- Construction d'un arbre relationnel dynamique à partir de photos et organisation d'albums familiaux.

Les motifs et applications susmentionnés attirent un nombre important de chercheurs pour présenter leurs contributions dans ce domaine, et pour en revenir à nos débuts, l'étude de la parenté est un sujet de grand intérêt scientifique. Plusieurs applications dans ce domaine telles

que l'analyse des réseaux sociaux ou la recherche de membres de la famille disparus peuvent être améliorées avec les développements importants des techniques de vision par ordinateur. Cependant, la recherche sur ce sujet reste complexe et difficile. Et de toute évidence, la recherche dans ce domaine est toujours active [25].

7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit les notions théoriques des liens de parenté ainsi que les concepts d'intelligence artificielle qui nous intéresse et nécessaire à la bonne compréhension de la reconnaissance automatique des liens de parenté à travers des images faciales. Ensuite, on a donné aussi une vision générale sur le processus du système de vérification et reconnaissance des liens de parenté. Ainsi, nous avons présenté les difficultés et les défis qui affectent l'efficacité et les performances de la reconnaissance de ces systèmes. Enfin, nous avons terminé ce chapitre par la représentation des domaines d'applications et les motivations concernant l'évolution dans ce sujet. Dans le chapitre suivant, nous détaillons les techniques d'apprentissages automatiques utilisées dans notre travail ainsi que les travaux connexes reliés à ce domaine.