

Rhino-Soft

Logiciel de Simulation en Rhinoplastie Esthétique

Aicha LABABOU
B.P 103 Khemis-Miliana, C.P 44225, Ain Defla, ALGERIE

Mots clés: *Rhinoplastie, Simulation, Informatique graphique, traitement d'images, Splines d'interpolation.*

Résumé

Dans cet article nous proposons au chirurgien en rhinoplastie un outil pour la simulation de son opération chirurgicale. Nous proposons une représentation du profil par une courbe qu'il peut modeler jusqu'à l'obtention de la forme désirée. De plus, il lui assure une grande précision dans le calcul des différentes mensurations, donc une meilleure évaluation de son examen préopératoire, lui facilite la communication avec son patient grâce à l'interactivité du logiciel.

Abstract

Rhino-Soft is a system that allows the surgeon to simulate his surgical intervention. We propose a profile representation with a Spline that the surgeon can modeled to obtain the wished form of the nose. Rhino-soft ensure to the surgeon a great precision in the computation of the different angles then a best quantitative evaluation of his preoperative analysis. It also allows the surgeon to analyse the patient's wishes better.

Introduction

La chirurgie plastique du nez ou rhinoplastie est une spécialité de la chirurgie esthétique faciale. C'est une opération qui vise à corriger des disgrâces congénitales ou acquises et qui prennent pour le patient une importance préjudiciable à sa santé psychique. La rhinoplastie ne fait pas que modifier le nez; elle transforme tout le visage puisqu'elle en recompose les proportions.

Or, souvent le patient est déçu par la rhinoplastie qu'il a subie, ce qui peut lui engendrer des répercussions psychologiques graves.

Les échecs des rhinoplasties peuvent être liées à des fautes techniques mais aussi à des erreurs de jugement [1]. Chaque patient présente un nez différent et il est indispensable d'adapter la technique non seulement en fonction des autres traits du visage mais également de facteurs tels que la personnalité.

Une autre cause, aussi importante, de l'échec dans les rhinoplasties, est l'étude photographique sur laquelle se base l'examen préopératoire et qui souvent manque de précision. Cette étude doit avoir un triple but :

1. Permettre au patient de préciser ce qu'il désire.
2. Aider le chirurgien à définir ce qu'il peut réaliser.
3. Confronter après l'opération le patient avec :
 - Ce qu'il était.
 - Ce qu'on lui a promis.

* Ce qu'il a obtenu.

Cet article présente des outils qui permettent au chirurgien de procéder à ses différentes retouches et simuler ainsi différentes procédures chirurgicales. Nos recherches ont pour objectifs de :

1. Offrir au chirurgien un outil dynamique lui permettant de simuler son intervention.
2. Permettre une évaluation préopératoire pour planifier une correction chirurgicale adéquate.
3. Permettre la communication entre le chirurgien et son patient.
4. Offrir un outil à travers lequel le chirurgien résident peut développer son expérience.

Projet de rhinoplastie

Il n'existe pas de formule magique et dans la rhinoplastie comme dans d'autres interventions de chirurgie esthétique, il est indispensable de penser en terme d'équilibre : ce qui est important ce n'est pas tant le volume que l'harmonie des volumes[1]. La pyramide nasale peut être vue comme l'assemblage de différentes « sous-unités » qui sont : La racine, le dorsum, la région sus-apicale, le lobule, la columelle, les alaires, les parois latérales (Figure 1.). Ces sous unités ou volumes doivent être équilibrés non seulement entre eux mais aussi avec les autres composants de la face et en particulier le front et le menton.

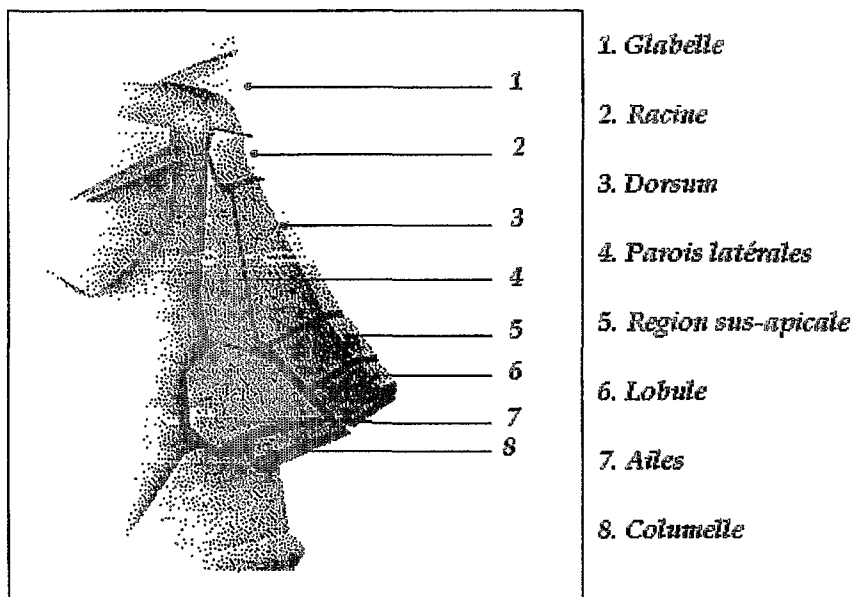


Figure 1. Les Volumes [1]

Il convient alors d'envisager des modifications, que ce soit une réduction ou une augmentation, à chacune de ces sous-unités pour obtenir un tel équilibre. L'indication de

réduction ou d'augmentation au niveau de ces volumes résulte d'un examen préopératoire où les données de l'examen clinique sont confrontées avec les résultats des corrections photographiques.

L'étude photographique est basée sur les photos du patient, prises selon les trois incidences: Profil, face et vue inférieure. C'est essentiellement sur la photo de profil que les rectifications s'effectuent. En effet sur la photo de profil le tracé le plus favorable est déterminé par retouches successives en situant bien l'angle naso-frontal, l'angle naso-labial, la projection et la position de la pointe. D'autre part quelque soit la correction prévue, il faut considérer la pyramide nasale comme un édifice comprenant une charpente ostéo-cartilagineuse (constituée d'os et de cartilages) dont la forme et la résistance sont variables. Cette charpente est recouverte d'une couche cutanée dont l'élasticité constitue l'une des caractéristiques les plus importantes dont dépendent les modifications projetées.

Rhinoplastie informatisée

Ce n'est que vers la fin des années 80 que l'informatique commençait à s'intéresser au monde de la chirurgie esthétique. La complexité des structures du visage humain était le principal obstacle devant l'informatisation de la rhinoplastie. En effet, il était difficile d'imaginer la possibilité de la simulation de tous les phénomènes faciaux. L'anthropométrie parût comme une solution à ce problème[6]. Cette science analyse le visage de façon cartésienne en établissant des mesures entre les différents points caractéristiques (front, menton, nez) de celui-ci. En plus, la capacité de l'ordinateur pour mesurer les distances et les angles a permis des applications rapides pour une analyse quantitative basée sur des critères esthétiques définis auparavant. C'est alors que la plupart des travaux concernant l'informatisation de la rhinoplastie ont suivi cet axe.

Les risques et les avantages relatifs à cette méthode ont causé des discussions quant à la validité de l'outil informatique dans ce domaine. En effet cette approche que nous appelons " l'analyse quantitative " néglige d'autres facteurs aussi importants. Le but de la rhinoplastie n'est pas d'obtenir un " beau " nez mais un nez " harmonieux " et aussi naturel que possible, qui n'apparaissent pas comme une pièce rapportée au milieu du visage. Cet aspect de la rhinoplastie que nous qualifions " d'aspect qualitatif " est souvent négligé en rhinoplastie informatisée.

Plusieurs chirurgiens[7] qui utilisent le moyen informatique pour prévoir leur intervention chirurgicale exigent du patient de signer un consentement l'informant des risques de la planification par ordinateur. Dans la lettre qu'il fait signer à ses patients, Schoenrock les prévient que l'intervention est très dépendante du patient du moment qu'il y a d'importantes différences dans les réactions du tissu peaucier au scalpel et sa cicatrisation, de ce fait les résultats ne sont pas prédictives. D'autres [6][8] certifient l'apport de l'outil informatique à travers des études d'évaluation. L'un d'eux, Bronz, conclut (d'après son étude[8]) qu'il est possible de prédire les résultats d'une rhinoplastie par ordinateur avec plus de précision. Il conclut aussi qu'une bonne interprétation des résultats obtenus par ordinateur dépend essentiellement de l'habileté du chirurgien et de son savoir faire à utiliser de façon pratique ces résultats avec ses mains et son scalpel.

Il n'y a pas de doute quant à l'efficacité de l'outil informatique en rhinoplastie, cependant ce qui est difficile c'est lequel des deux aspects en rhinoplastie favoriser: Quantitatif ou qualitatif.

Notre apport consiste à concevoir le problème dans son intégralité : un moyen quantitatif basé sur un ensemble de mesures d'angles, de distances et de projections, et un moyen

qualitatif permettant au chirurgien d'apprécier la cohérence de la nouvelle forme du nez obtenu avec les traits du visage.

Description du logiciel Rhino-soft

Notre logiciel répond aux critères habituels de haute qualité se rapportant à la conception d'un logiciel, à savoir : La modularité, la réutilisabilité, l'extensibilité et la convivialité. Ceci est dû principalement à l'approche adoptée pour sa conception : C'est l'approche orientée objet qui permet une plus grande modularité et une faculté de réutilisation fort intéressante. De plus il a été réalisé avec le langage C++ sous l'environnement Windows.

Notre logiciel se compose de cinq modules essentiels et d'une bibliothèque de fonctions de calcul des mensurations caractéristiques du nez (Figure 2).

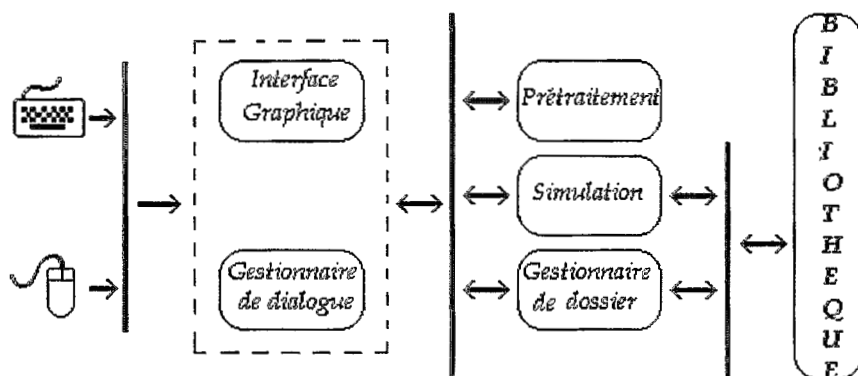


Figure 2. Architecture générale de Rhino-Soft

Notre système reçoit en entrée deux images numériques, acquises par scanner, représentant les photos de face et de profil du patient. Quelque soient les outils de prise de vue, la dégradation de ces dernières est inévitable à des degrés variés. Le module de prétraitement consiste en une opération de filtrage, il a pour objet :

- * Améliorer la qualité visuelle de l'image.
- * Faciliter l'extraction automatique des points caractéristiques de base du profil.

Le choix du filtre adéquat pour notre application s'est fait par expérimentation. Nous avons opté pour un filtre moyen de taille 3x3 avec un facteur de normalisation égale à 16.

Le module gestionnaire de dossier assure la gestion des dossiers des patients qui se présentent à l'intervention. Un dossier informatique est construit par analogie au dossier médical. Il est représenté par une structure virtuelle réunissant les deux photos préopératoires du patient (face et profil), du texte descriptif contenant une partie statique, l'état civil du patient, et une partie commentaires contenant, entre autres, le diagnostic du chirurgien.

Les deux photos préopératoires doivent rester intouchables tout au long de l'existence du dossier car elles représentent une référence de comparaison à laquelle revient le chirurgien à

chaque fois pour évaluer sa simulation. En plus, le dossier informatique est enrichi par les différentes photos de toutes les étapes de simulation, les commentaires associés à chaque étape, ainsi que les valeurs des différentes mensurations caractéristiques du nez. Il s'agit de l'historique de la simulation.

Le gestionnaire de dossier offre aussi un ensemble de fonctions qui permet d'établir et de mettre à jour ce dossier, à savoir : la création, la sauvegarde, la suppression et la fermeture.

Le module de simulation a pour tâche d'offrir au chirurgien un modèle sur lequel il peut procéder aux différentes retouches. L'élaboration de ce modèle impose le passage par les étapes illustrées dans la figure ci-dessous.

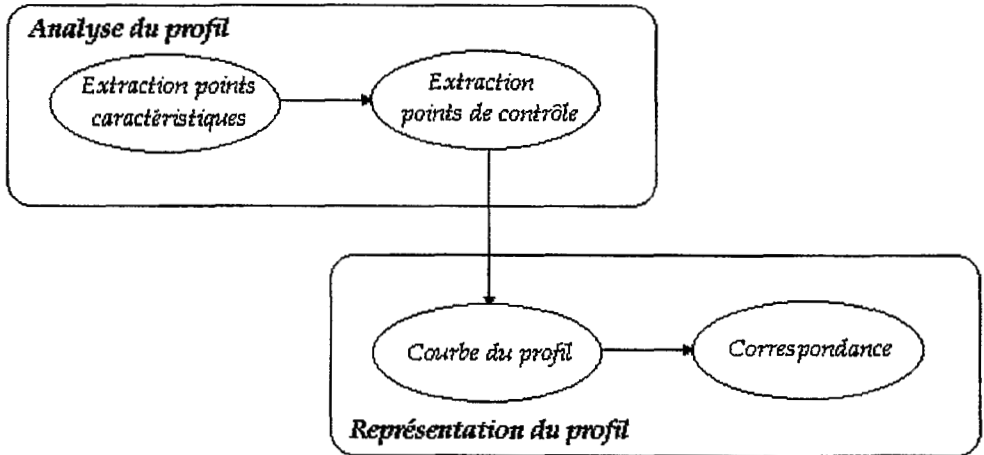


Figure 3. Etapes de construction du modèle de simulation

Extraction et choix des points de contrôle

La rhinoplastie consiste généralement à agir sur le nez en réduisant ou en augmentant l'un des composants le caractérisant (pointe, racine, columelle, ...). Ces composants représentés dans la figure 1. sont eux même caractérisés par des points que nous appelons points caractéristiques de base du profil, par conséquent, on aimerait que ces points soient des points de contrôle de la courbe. En effet c'est sur ces points que se feront essentiellement les différentes retouches.

Les *points caractéristiques* de base du nez sont aussi les points nécessaires au calcul des différentes mensurations du nez, ils constituent un sous-ensemble des points de contrôle. Il s'agit de la Glabelle, la Racine, la Pointe, le Sus-apical, la Lèvre supérieure et le Pogonion. (Figure 5.)

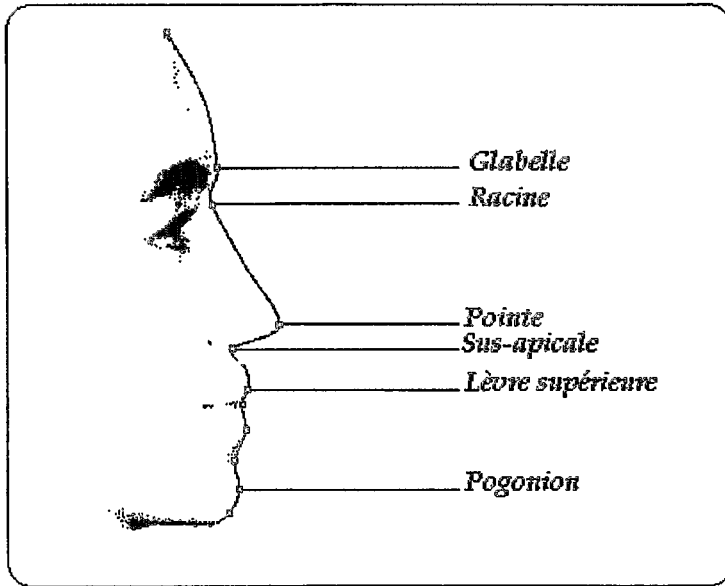


Figure 5. Points caractéristiques du profil

L'extraction des points caractéristiques est faite de façon automatique en se basant sur la définition de chacun d'eux :

- Glabelle** : Est le point le plus projeté du front.
- Racine** : Est le point le plus creusé du profil.
- Rhinion** : jonction entre la partie osseuse et la partie cartilagineuse
- Pointe** : Le point le plus projeté du nez et du profil.
- Sus-apicale** : Est le point le plus antérieur de la columelle.
- Lèvre supérieure** : Le point le plus haut de la lèvre.
- Pogonion** : Le point le plus antérieur du menton.

Les *points de contrôle* sont l'ensemble des points délimitant le contour du profil. Le profil doit être considéré depuis la racine des cheveux jusqu'au menton. Il est constitué d'une succession harmonieuse de courbes successivement convexe et concave.[1]

Le choix de la représentation adoptée

Dans notre représentation du profil, la courbe doit obligatoirement passer par tous les points de contrôle. Les cardinales Splines ont été choisis pour la représentation du profil du patient.

Le choix des Splines particulièrement les cardinales Splines a été motivé par leur appartenance aux Splines d'interpolation, pour leur qualité de représentation, et pour leur manipulation interactive et locale.

Les cardinales Splines sont des courbes composites formées de segments Splines cubiques uniformes. Soit un ensemble de N points de contrôle, chaque segment C_i est fonction de quatre points $[P_{i-1}, P_i, P_{i+1}, P_{i+2}]$ de la manière suivante:

$$C_i = f_0(u) \cdot P_{i-1} + f_1(u) \cdot P_i + f_2(u) \cdot P_{i+1} + f_3(u) \cdot P_{i+2}$$

$$f_0(u) = -cu^3 + 2au^2 - au$$

$$f_1(u) = (2-c)u^3 + (a-3)u^2 + 1$$

$$f_2(u) = (c-2)u^3 + (3-2a)u^2 + a$$

$$f_3(u) = au^3 - au^2$$

Avec $u \in [0,1]$, le pas d'uniformité entre chaque noeud.

$c \in [0,1]$ le facteur de tension de la courbe. La valeur la plus utilisée est la valeur de Catmull,

$$c = \frac{1}{2} \text{ [3]}$$



Figure 4. Cardinale Spline

Ce n'est qu'à partir de ce moment que le chirurgien peut agir sur le nez, en le modelant jusqu'à l'obtention de la forme qui cadre le mieux avec le visage, en déplaçant les points de contrôle qu'il faut. Ce déplacement a pour conséquence le :

1. Réaffichage de la courbe Spline.
2. La mise à jour de points caractéristiques et de contrôle.
3. La répercussion de retouches effectuées sur la courbe, sur l'image Bitmap.

Il est clair qu'à travers une courbe, le chirurgien ne peut pas apprécier les résultats obtenus, pour cela, il devient indispensable de lui offrir la possibilité de juger des résultats sur la photo Bitmap. Il s'agira donc de répercuter les modifications effectuées sur la courbe Spline sur la photo Bitmap, ceci engendre deux problèmes :

1. Celui du remplissage de la surface modifiée par la courbe Spline.
2. Le choix de la couleur adéquate pour chaque pixel.

Méthode de remplissage

En tirant sur un point de contrôle à un moment donné, nous disposons de deux courbes:

1. La courbe initiale avant de tirer sur le point de contrôle.
2. La courbe finale relative à la nouvelle position du point tiré.

Le problème de remplissage revient donc à remplir l'aire constituée par l'intersection de la courbe initiale et la courbe finale (Figure 6.).



Figure 6. La Correspondance

Choix de la couleur

Comme les images sur lesquelles nous travaillons sont codées en 256 couleurs, le choix de la couleur adéquate pour chaque pixel est indispensable surtout qu'il s'agit de simuler la couleur de la peau humaine.

Rhino-Soft propose deux méthodes :

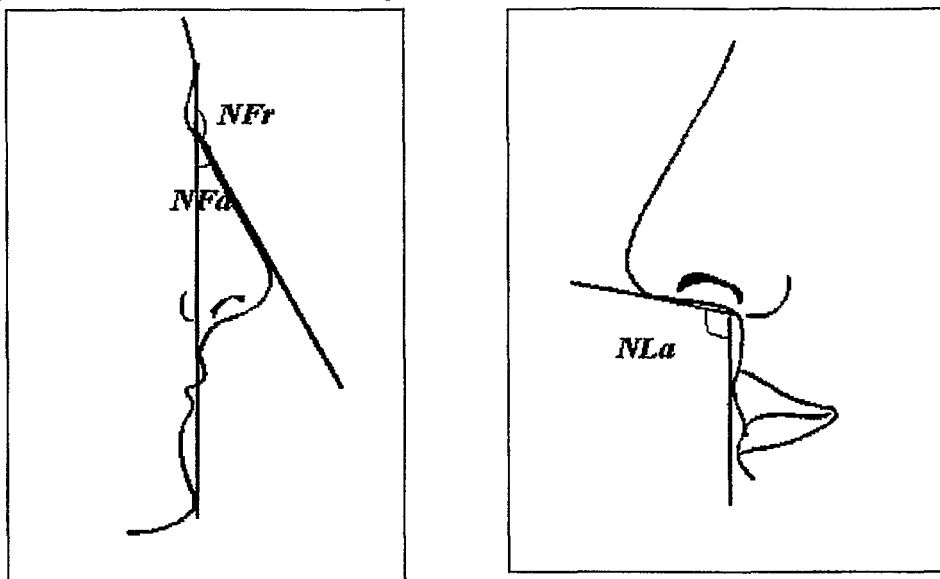
1. Dans la 1^{ère} méthode que nous appelons "**méthode de remplissage aléatoire**", nous créons notre propre palette de couleur. Cette palette est remplie à partir d'une zone, en retirant des couleurs de façon aléatoire de celle-ci. La zone choisie est celle du nez, ce choix est motivé par le fait que c'est la zone sur laquelle se feront les modifications et donc les couleurs choisies pour le remplissage doivent avoir des intensités proches des intensités de la région nasale pour assurer l'uniformité.

Une fois la palette remplie, il ne restera plus qu'à choisir pour chaque pixel de l'aire à remplir une entrée de la palette de façon aussi aléatoire puisqu'il n'y a aucun critère de choix dans ce cas.

2. Dans la 2^{ème} méthode que nous appelons "**méthode de la moyenne des voisins**" pour chaque pixel, nous choisirons comme couleur la moyenne de ses voisins.

En plus de l'aspect qualitatif qui se présente dans le modèle de simulation, le système Rhino-Soft offre un moyen quantitatif, permettant au chirurgien le calcul des différentes mensurations caractérisant le nez et à n'importe quel moment du traitement. Il peut ainsi comparer les résultats obtenus avec ceux de l'esthétique idéale afin de juger si sa simulation est bonne sur le plan esthétique mais surtout fonctionnel. Les mensurations qui ne correspondent pas aux normes idéales sont examinées afin de prévoir les corrections qu'il faut pour une image plus esthétique.

Le calcul des différentes mensurations est basé sur les points caractéristiques de base du profil et dont une définition est donnée par le module de simulation.



NFr : Angle Naso-frontal

NFa : Angle Naso-facial

NLa : Angle Naso-labial

Figure 7. Les principaux angles nécessaires à la simulation

La table ci-dessous donne les normes idéales de l'esthétique faciale.

Table 1: Les normes idéales de l'analyse du profil.

Naso-frontal	115° - 130°
Naso-facial	30° - 40°
Naso-labial	90° - 110°

Conclusion

Rhino-soft est un outil dont les diverses fonctionnalités permettent au chirurgien d'entamer son intervention avec plus de sûreté. Il lui offre un outil dynamique se présentant dans la courbe du profil lui permettant de simuler différentes procédures chirurgicales et d'atteindre ainsi une bonne appréciation. Rhino-Soft offre aussi la possibilité au chirurgien d'évaluer avec plus de précision les mensurations caractéristiques du nez.

Rhino-soft est aussi un moyen performant pour la communication entre le chirurgien et son patient. Le chirurgien peut alors bien analyser les vœux de ce dernier et le convaincre des modifications qui lui conviennent le mieux ou de l'inutilité de l'intervention.

Nous avons développé un logiciel qui se veut ergonomique et naturel pour le chirurgien. Il reste aussi extensible et perfectible; Il prévoit un passage vers un traitement en trois dimensions où la simulation aura un aspect plus réel et où il pourra s'étendre pour cerner non seulement la rhinoplastie mais aussi toute la chirurgie esthétique faciale.

Remerciement

Ce travail a fait l'objet de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en informatique, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à :

☺ Tous les membres du projet « **Informatique Médicale** » de l'Institut National d'Informatique à Oued-Smar, tout particulièrement MM. A.Benkrid et L.Admane.

☺ Au Docteur A.Mokrab de l'hôpital de Kouba d'avoir validé mon travail.

Que le Docteur A.Ouadia trouve ici ma vive reconnaissance pour ses encouragements, ses conseils opportuns et son amitié.

Bibliographie

- [1] G. Aiach, Atlas de rhinoplastie et de la voie d'abord externe, Masson, 1993.
- [2] R. Bensemmane, La chirurgie du nez, société Algérienne d'O.R.L., 1993.
- [3] M. L. Viaud, Animation faciale avec Rides d'expression vieillissement et parole, thèse de Doctorat, Université de Paris XI _ORSAY, 1992.
- [4] I.D. Papel, Quantitative Facial Aesthetic Evaluation With Computer Imaging, facial plastic surgery, Volume 7, Number 1, pp 35-44, 1990.
- [5] M.B. Constantian, C. Ehrenpreis, J.H. Sheen, The expert teaching system: a new method for learning rhinoplastie using interactive computer graphics, Plast-Reconstr-surg, Volume 79, Number 2, pp 278-283, 1987.
- [6] N. Powel, B. Humphries, proportions of the Aesthetic face. NewYork, Thieme-Startton, 1984.
- [7] L. Schoenrock, Introduction to facial Edition using computer graphics. American Academy of facial plastic and reconstructive surgery manual, PP 1-27, 1987.
- [8] G. Bronz, Predictability of the computer imaging system in Primary Rhinoplasty. Aesthetic plastic surgery, pp 175-181, 1994.