Apports de la Morphométrie Géométrique à l'analyse de la conformation de la pyramide nasale : à propos de 100 cas

Matthieu Le Flem

▶ **To cite this version:**

Matthieu Le Flem. Apports de la Morphométrie Géométrique à l'analyse de la conformation de la pyramide nasale : à propos de 100 cas. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-03134313

HAL Id: dumas-03134313
https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03134313

Submitted on 8 Feb 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Faculté des sciences médicales et paramédicales
Aix-Marseille Université

Apports de la Morphométrie Géométrique à l'analyse de la conformation de la pyramide nasale : à propos de 100 cas

T H È S E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES

DE MARSEILLE

Le 30 Octobre 2019

Par Monsieur Matthieu LE FLEM

Né le 4 mai 1991 à Montivilliers (76)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. d' OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE ET CHIRURGIE CERVICO-FACIALE

Membres du Jury de la Thèse :

Monsieur le Professeur DESSI Patrick	**Président**
Monsieur le Professeur GIOVANNI Antoine	**Assesseur**
Monsieur le Professeur FAKHRY Nicolas	**Assesseur**
Monsieur le Professeur MICHEL Justin	**Assesseur**
Monsieur le Docteur RADULESCO Thomas	**Directeur**

AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

Président : Yvon BERLAND

FACULTE DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES

Doyen Georges LEONETTI

Vice-doyen aux Affaires Générales et aux Sciences Médicales : Patrick DESSI
Vice-doyen aux Sciences Paramédicales : Philippe BERBIS

Direction d'école :

- **Ecole de Médecine :** Jean-Michel VITON
- **Ecoles de Maïeutique :** Carole ZAKARIAN
- **Ecoles des Sciences de la Réadaptation :** Philippe SAUVAGEON
- **Ecoles des Sciences Infirmières :** Sébastien COLSON

Assesseurs :

- aux Etudes : Kathia CHAUMOITRE
- à la Recherche : Jean-Louis MEGE
- aux Prospectives Hospitalo-Universitaires : Frédéric COLLART
- aux Enseignements Hospitaliers : Patrick VILLANI
- à l'Unité Mixte de Formation Continue en Santé : Fabrice BARLESI
- pour le Secteur Nord : Stéphane BERDAH
- aux centres hospitaliers non universitaires : Jean-Noël ARGENSON

Chargés de mission :

- 1er cycle : Jean-Marc DURAND et Marc BARTHET
- 2ème cycle : Marie-Aleth RICHARD
- 3eme cycle DES/DESC : Pierre-Edouard FOURNIER
- Licences-Masters-Doctorat : Pascal ADALIAN
- DU-DIU : Véronique VITTON
- Stages Hospitaliers : Franck THUNY
- Sciences Humaines et Sociales : Pierre LE COZ
- Préparation à l'ECN : Aurélie DAUMAS
- Démographie Médicale et Filiarisation : Roland SAMBUC
- Relations Internationales : Philippe PAROLA
- Etudiants : Arthur ESQUER

Chef des services généraux : Déborah ROCCHICCIOLI
Chefs de service :

- Communication : Laetitia DELOUIS
- Examens : Caroline MOUTTET
- Intérieur : Joëlle FAVREGA
- Maintenance : Philippe KOCK
- Scolarité : Christine GAUTHIER

DOYENS HONORAIRES

M. Yvon BERLAND
M. André ALI CHERIF
M. Jean-François PELLISSIER

Mis à jour 01/01/2019

PROFESSEURS HONORAIRES

MM AGOSTINI Serge
ALDIGHIERI René
ALESSANDRINI Pierre
ALLIEZ Bernard
AQUARON Robert
ARGEME Maxime
ASSADOURIAN Robert
AUFFRAY Jean-Pierre
AUTILLO-TOUATI Amapola
AZORIN Jean-Michel
BAILLE Yves
BARDOT Jacques
BARDOT André
BERARD Pierre
BERGOIN Maurice
BERNARD Dominique
BERNARD Jean-Louis
BERNARD Pierre-Marie
BERTRAND Edmond
BISSET Jean-Pierre
BLANC Bernard
BLANC Jean-Louis
BOLLINI Gérard
BONGRAND Pierre
BONNEAU Henri
BONNOIT Jean
BORY Michel
BOTTA Alain
BOURGEADE Augustin
BOUVENOT Gilles
BOUYALA Jean-Marie
BREMOND Georges
BRICOT René
BRUNET Christian
BUREAU Henri
CAMBOULIVES Jean
CANNONI Maurice
CARTOUZOU Guy
CAU Pierre
CHABOT Jean-Michel
CHAMLIAN Albert
CHARREL Michel
CHAUVEL Patrick
CHOUX Maurice
CIANFARANI François
CLEMENT Robert
COMBALBERT André
CONTE-DEVOLX Bernard
CORRIOL Jacques
COULANGE Christian
DALMAS Henri
DE MICO Philippe
DESSEIN Alain
DELARQUE Alain
DEVIN Robert
DEVRED Philippe
DJIANE Pierre
DONNET Vincent
DUCASSOU Jacques
DUFOUR Michel
DUMON Henri
ENJALBERT Alain

MM FAVRE Roger
FIECHI Marius
FARNARIER Georges
FIGARELLA Jacques
FONTES Michel
FRANCOIS Georges
FUENTES Pierre
GABRIEL Bernard
GALINIER Louis
GALLAIS Hervé
GAMERRE Marc
GARCIN Michel
GARNIER Jean-Marc
GAUTHIER André
GERARD Raymond
GEROLAMI-SANTANDREA André
GIUDICELLI Roger
GIUDICELLI Sébastien
GOUDARD Alain
GOUIN François
GRILLO Jean-Marie
GRISOLI François
GROULIER Pierre
HADIDA/SAYAG Jacqueline
HASSOUN Jacques
HEIM Marc
HOUEL Jean
HUGUET Jean-François
JAQUET Philippe
JAMMES Yves
JOUVE Paulette
JUHAN Claude
JUIN Pierre
KAPHAN Gérard
KASBARIAN Michel
KLEISBAUER Jean-Pierre
LACHARD Jean
LAFFARGUE Pierre
LAUGIER René
LE TREUT Yves
LEVY Samuel
LOUCHET Edmond
LOUIS René
LUCIANI Jean-Marie
MAGALON Guy
MAGNAN Jacques
MALLAN- MANCINI Josette
MALMEJAC Claude
MARANINCHI Dominique
MARTIN Claude
MATTEI Jean François
MERCIER Claude
METGE Paul
MICHOTEY Georges
MILLET Yves
MIRANDA François
MONFORT Gérard
MONGES André
MONGIN Maurice
MONTIES Jean-Raoul
NAZARIAN Serge
NICOLI René

MM NOIRCLERC Michel
OLMER Michel
OREHEK Jean
PAPY Jean-Jacques
PAULIN Raymond
PELOUX Yves
PENAUD Antony
PENE Pierre
PIANA Lucien
PICAUD Robert
PIGNOL Fernand
POGGI Louis
POITOUT Dominique
PONCET Michel
POUGET Jean
PRIVAT Yvan
QUILICHINI Francis
RANQUE Jacques
RANQUE Philippe
RICHAUD Christian
RIDINGS Bernard
ROCHAT Hervé
ROHNER Jean-Jacques
ROUX Hubert
ROUX Michel
RUFO Marcel
SAHEL José
SALAMON Georges
SALDUCCI Jacques
SAN MARCO Jean-Louis
SANKALE Marc
SARACCO Jacques
SASTRE Bernard
SCHIANO Alain
SCOTTO Jean-Claude
SEBAHOUN Gérard
SERMENT Gérard
SERRATRICE Georges
SOULAYROL René
STAHL André
TAMALET Jacques
TARANGER-CHARPIN Colette
THOMASSIN Jean-Marc
UNAL Daniel
VAGUE Philippe
VAGUE/JUHAN Irène
VANUXEM Paul
VERVLOET Daniel
VIALETTES Bernard
WEILLER Pierre-Jean

PROFESSEURS HONORIS CAUSA

1967

MM. les Professeurs DADI (Italie)
CID DOS SANTOS (Portugal)

1974

MM. les Professeurs MAC ILWAIN (Grande-Bretagne)
T.A. LAMBO (Suisse)

1975

MM. les Professeurs O. SWENSON (U.S.A.)
Lord J.WALTON of DETCHANT (Grande-Bretagne)

1976

MM. les Professeurs P. FRANCHIMONT (Belgique)
Z.J. BOWERS (U.S.A.)

1977

MM. les Professeurs C. GAJDUSEK-Prix Nobel (U.S.A.)
C.GIBBS (U.S.A.)
J. DACIE (Grande-Bretagne)

1978

M. le Président F. HOUPHOUET-BOIGNY (Côte d'Ivoire)

1980

MM. les Professeurs A. MARGULIS (U.S.A.)
R.D. ADAMS (U.S.A.)

1981

MM. les Professeurs H. RAPPAPORT (U.S.A.)
M. SCHOU (Danemark)
M. AMENT (U.S.A.)
Sir A. HUXLEY (Grande-Bretagne)
S. REFSUM (Norvège)

1982

M. le Professeur W.H. HENDREN (U.S.A.)

1985

MM. les Professeurs S. MASSRY (U.S.A.)
KLINSMANN (R.D.A.)

1986

MM. les Professeurs E. MIHICH (U.S.A.)
T. MUNSAT (U.S.A.)
LIANA BOLIS (Suisse)
L.P. ROWLAND (U.S.A.)

1987

M. le Professeur P.J. DYCK (U.S.A.)

1988

MM. les Professeurs R. BERGUER (U.S.A.)
W.K. ENGEL (U.S.A.)
V. ASKANAS (U.S.A.)
J. WEHSTER KIRKLIN (U.S.A.)
A. DAVIGNON (Canada)
A. BETTARELLO (Brésil)

1989

M. le Professeur P. MUSTACCHI (U.S.A.)

1990

MM. les Professeurs J.G. MC LEOD (Australie)
J. PORTER (U.S.A.)

1991

MM. les Professeurs J. Edward MC DADE (U.S.A.)
W. BURGDORFER (U.S.A.)

1992

MM. les Professeurs H.G. SCHWARZACHER (Autriche)
D. CARSON (U.S.A.)
T. YAMAMURO (Japon)

1994

MM. les Professeurs G. KARPATI (Canada)
W.J. KOLFF (U.S.A.)

1995

MM. les Professeurs D. WALKER (U.S.A.)
M. MULLER (Suisse)
V. BONOMINI (Italie)

1997

MM. les Professeurs C. DINARELLO (U.S.A.)
D. STULBERG (U.S.A.)
A. MEIKLE DAVISON (Grande-Bretagne)
P.I. BRANEMARK (Suède)

1998

MM. les Professeurs O. JARDETSKY (U.S.A.)

1999

MM. les Professeurs J. BOTELLA LLUSIA (Espagne)
D. COLLEN (Belgique)
S. DIMAURO (U. S. A.)

2000

MM. les Professeurs D. SPIEGEL (U. S. A.)
C. R. CONTI (U.S.A.)

2001

MM. les Professeurs P-B. BENNET (U. S. A.)
G. HUGUES (Grande Bretagne)
J-J. O'CONNOR (Grande Bretagne)

2002

MM. les Professeurs M. ABEDI (Canada)
K. DAI (Chine)

2003

M. le Professeur T. MARRIE (Canada)
Sir G.K. RADDA (Grande Bretagne)

2004

M. le Professeur M. DAKE (U.S.A.)

2005

M. le Professeur L. CAVALLI-SFORZA (U.S.A.)

2006

M. le Professeur A. R. CASTANEDA (U.S.A.)

2007

M. le Professeur S. KAUFMANN (Allemagne)

PROFESSEURS EMERITE

2008

M. le Professeur	LEVY Samuel	31/08/2011
Mme le Professeur	JUHAN-VAGUE Irène	31/08/2011
M. le Professeur	PONCET Michel	31/08/2011
M. le Professeur	KASBARIAN Michel	31/08/2011
M. le Professeur	ROBERTOUX Pierre	31/08/2011

2009

M. le Professeur	DJIANE Pierre	31/08/2011
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2012

2010

M. le Professeur	MAGNAN Jacques	31/12/2014

2011

M. le Professeur	DI MARINO Vincent	31/08/2015
M. le Professeur	MARTIN Pierre	31/08/2015
M. le Professeur	METRAS Dominique	31/08/2015

2012

M. le Professeur	AUBANIAC Jean-Manuel	31/08/2015
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2015
M. le Professeur	CAMBOULIVES Jean	31/08/2015
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2015
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2015
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2015
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2015

2013

M. le Professeur	BRANCHEREAU Alain	31/08/2016
M. le Professeur	CARAYON Pierre	31/08/2016
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2016
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2016
M. le Professeur	HENRY Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	LE GUICHAOUA Marie-Roberte	31/08/2016
M. le Professeur	RUFO Marcel	31/08/2016
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2016

2014

M. le Professeur	FUENTES Pierre	31/08/2017
M. le Professeur	GAMERRE Marc	31/08/2017
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2017
M. le Professeur	PERAGUT Jean-Claude	31/08/2017
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2017

2015

M. le Professeur	COULANGE Christian	31/08/2018
M. le Professeur	COURAND François	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2016
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2016
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2016

2016

M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2017
M. le Professeur	BRUNET Christian	31/08/2019
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2017
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2017
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2019
M. le Professeur	JAMMES Yves	31/08/2019
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2017
M. le Professeur	POITOUT Dominique	31/08/2019
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2017
M. le Professeur	VIALETTES Bernard	31/08/2019

2017

M. le Professeur	ALESSANDRINI Pierre	31/08/2020
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2018
M. le Professeur	CHAUVEL Patrick	31/08/2020
M. le Professeur	COZZONE Pierre	31/08/2018
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2018
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2018
M. le Professeur	SEBBAHOUN Gérard	31/08/2018

2018

M. le Professeur	MARANINCHI Dominique	31/08/2021
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2019
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2019

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

AGOSTINI FERRANDES Aubert
ALBANESE Jacques
ALIMI Yves
AMABILE Philippe
AMBROSI Pierre
ANDRE Nicolas
ARGENSON Jean-Noël
ASTOUL Philippe
ATTARIAN Shahram
AUDOUIN Bertrand
AUQUIER Pascal
AVIERINOS Jean-François
AZULAY Jean-Philippe
BAILLY Daniel
BARLESI Fabrice
BARLIER-SETTI Anne
BARTHET Marc
BARTOLI Christophe
BARTOLI Jean-Michel
BARTOLI Michel
BARTOLOMEI Fabrice
BASTIDE Cyrille
BENSOUSSAN Laurent
BERBIS Philippe
BERDAH Stéphane
BERLAND Yvon Surnombre
BERNARD Jean-Paul
BEROUD Christophe
BERTUCCI François
BLAISE Didier
BLIN Olivier
BLONDEL Benjamin
BONIN/GUILLAUME Sylvie
BONELLO Laurent
BONNET Jean-Louis
BOTTA/FRIDLUND Danielle Surnom
BOUBLI Léon
BOUFI Mourad
BOYER Laurent
BREGEON Fabienne
BRETELLE Florence
BROUQUI Philippe
BRUDER Nicolas
BRUE Thierry
BRUNET Philippe
BURTEY Stéphane
CARCOPINO-TUSOLI Xavier
CASANOVA Dominique
CASTINETTI Frédéric
CECCALDI Mathieu
CHAGNAUD Christophe
CHAMBOST Hervé
CHAMPSAUR Pierre
CHANEZ Pascal
CHARAFFE-JAUFFRET Emmanuelle
CHARREL Rémi
CHARPIN Denis Surnombre
CHAUMOITRE Kathia
CHIARONI Jacques
CHINOT Olivier
CHOSSEGROS Cyrille
CLAVERIE Jean-Michel Surnombre
COLLART Frédéric
COSTELLO Régis
COURBIERE Blandine
COWEN Didier
CRAVELLO Ludovic
CUISSET Thomas
CURVALE Georges
DA FONSECA David
DAHAN-ALCARAZ Laetitia
DANIEL Laurent
DARMON Patrice
D'ERCOLE Claude
D'JOURNO Xavier
DEHARO Jean-Claude
DELAPORTE Emmanuel
DELPERO Jean-Robert
DENIS Danièle
DISDIER Patrick
DODDOLI Christophe
DRANCOURT Michel
DUBUS Jean-Christophe
DUFFAUD Florence
DUFOUR Henry
DURAND Jean-Marc
DUSSOL Bertrand
EUSEBIO Alexandre
FAKHRY Nicolas
FAUGERE Gérard Surnombre
FELICIAN Olvier
FENOLLAR Florence
FIGARELLA/BRANGER Dominique
FLECHER Xavier
FOURNIER Pierre-Edouard
FRANCES Yves Surnombre
FRANCESCHI Frédéric
FUENTES Stéphane
GABERT Jean
GABORIT Bénédicte
GAINNIER Marc
GARCIA Stéphane
GARIBOLDI Vlad
GAUDART Jean
GAUDY-MARQUESTE Caroline
GENTILE Stéphanie
GERBEAUX Patrick
GEROLAMI/SANTANDREA René
GILBERT/ALESSI Marie-Christine
GIORGI Roch
GIOVANNI Antoine
GIRARD Nadine
GIRAUD/CHABROL Brigitte
GONCALVES Anthony
GORINCOUR Guillaume
GRANEL/REY Brigitte
GRANVAL Philippe
GREILLIER Laurent
GRIMAUD Jean-Charles
GROB Jean-Jacques
GUEDJ Eric
GUIEU Régis
GUIS Sandrine
GUYE Maxime
GUYOT Laurent
GUYS Jean-Michel
HABIB Gilbert
HARDWIGSEN Jean
HARLE Jean-Robert
HOFFART Louis Disponibilité
HOUVENAEGHEL Gilles
JACQUIER Alexis
JOURDE-CHICHE Noémie
JOUVE Jean-Luc
KAPLANSKI Gilles
KARSENTY Gilles
KERBAUL François
KRAHN Martin
LAFFORGUE Pierre
LAGIER Jean-Christophe
LAMBAUDIE Eric
LANCON Christophe
LA SCOLA Bernard
LAUNAY Franck
LAVIEILLE Jean-Pierre
LE CORROLLER Thomas
LECHEVALLIER Eric
LEGRE Régis
LEHUCHER-MICHEL Marie-Pascale
LEONE Marc
LEONETTI Georges
LEPIDI Hubert
LEVY Nicolas
MACE Loïc
MAGNAN Pierre-Edouard
MATONTI Frédéric Disponibilité
MEGE Jean-Louis
MERROT Thierry
METZLER/GUILLEMAIN Catherine
MEYER/DUTOUR Anne
MICCALEF/ROLL Joëlle
MICHEL Fabrice
MICHEL Gérard
MICHEL Justin
MICHELET Pierre
MILH Mathieu
MOAL Valérie
MONCLA Anne
MORANGE Pierre-Emmanuel
MOULIN Guy
MOUTARDIER Vincent
MUNDLER Olivier Surnombre
NAUDIN Jean
NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier
NICOLLAS Richard
OLIVE Daniel
OUAFIK L'Houcine

PAGANELLI Franck
PANUEL Michel
PAPAZIAN Laurent
PAROLA Philippe
PARRATTE Sébastien Disponibilité
PELISSIER-ALICOT Anne-Laure
PELLETIER Jean
PERRIN Jeanne
PETIT Philippe
PHAM Thao
PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominiq
PIQUET Philippe
PIRRO Nicolas
POINSO François
RACCAH Denis
RANQUE Stéphane
RAOULT Didier
REGIS Jean
REYNAUD/GAUBERT Martine
REYNAUD Rachel
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth
ROCHE Pierre-Hugues
ROCH Antoine
ROCHWERGER Richard
ROLL Patrice
ROSSI Dominique
ROSSI Pascal
ROUDIER Jean
SALAS Sébastien
SAMBUC Roland Surnombre
SARLES Jacques
SARLES/PHILIP Nicole
SARLON-BARTOLI Gabrielle
SCAVARDA Didier
SCHLEINITZ Nicolas
SEBAG Frédéric
SEITZ Jean-François
SIELEZNEFF Igor
SIMON Nicolas
STEIN Andréas
TAIEB David
THIRION Xavier
THOMAS Pascal
THUNY Franck
TREBUCHON-DA FONSECA Agnès
TRIGLIA Jean-Michel
TROPIANO Patrick
TSIMARATOS Michel
TURRINI Olivier
VALERO René
VAROQUAUX Arthur Damien
VELLY Lionel
VEY Norbert
VIDAL Vincent
VIENS Patrice
VILLANI Patrick
VITON Jean-Michel
VITTON Véronique
VIEHWEGER Heide Elke
VIVIER Eric
XERRI Luc

PROFESSEUR DES UNIVERSITES

ADALIAN Pascal
AGHABABIAN Valérie
BELIN Pascal
CHABANNON Christian
CHABRIERE Eric
FERON François
LE COZ Pierre
LEVASSEUR Anthony
RANJEVA Jean-Philippe
SOBOL Hagay

PROFESSEUR CERTIFIE

BRANDENBURGER Chantal

PRAG

TANTI-HARDOUIN Nicolas

PROFESSEUR ASSOCIE DE MEDECINE GENERALE *A MI-TEMPS*

ADNOT Sébastien
FILIPPI Simon

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIEN HOSPITALIER

ACHARD Vincent (disponibilité)
AHERFI Sarah
ANGELAKIS Emmanouil (dispo oct 2018)
ATLAN Catherine (disponibilité)
BARTHELEMY Pierre
BEGE Thierry
BELIARD Sophie
BERBIS Julie
BERGE-LEFRANC Jean-Louis
BERTRAND Baptiste
BEYER-BERJOT Laura
BIRNBAUM David
BONINI Francesca
BOUCRAUT Joseph
BOULAMERY Audrey
BOULLU/CIOCCA Sandrine
BUFFAT Christophe
CAMILLERI Serge
CARRON Romain
CASSAGNE Carole
CHAUDET Hervé
CHRETIEN Anne-Sophie
COZE Carole
CUNY Thomas
DADOUN Frédéric (disponibilité)
DALES Jean-Philippe
DAUMAS Aurélie
DEGEORGES/VITTE Joëlle
DELLIAUX Stéphane
DESPLAT/JEGO Sophie
DEVILLIER Raynier
DUBOURG Grégory
DUFOUR Jean-Charles
EBBO Mikaël
FABRE Alexandre
FAURE Alice
FOLETTI Jean- Marc
FOUILLOUX Virginie
FROMONOT Julien
GASTALDI Marguerite
GELSI/BOYER Véronique
GIUSIANO Bernard
GIUSIANO COURCAMBECK Sophie
GONZALEZ Jean-Michel
GOURIET Frédérique
GRAILLON Thomas
GRISOLI Dominique
GUERIN Carole
GUENOUN MEYSSIGNAC Daphné
GUIDON Catherine
HAUTIER/KRAHN Aurélie
HRAIECH Sami
KASPI-PEZZOLI Elise
L'OLLIVIER Coralie
LABIT-BOUVIER Corinne
LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina
LAGIER Aude (disponibilité)
LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude
LEVY/MOZZICONACCI Annie
LOOSVELD Marie
MANCINI Julien
MARY Charles
MASCAUX Céline
MAUES DE PAULA André
MILLION Matthieu
MOTTOLA GHIGO Giovanna
NGUYEN PHONG Karine
NINOVE Laetitia
NOUGAIREDE Antoine
OLLIVIER Matthieu
OVAERT Caroline
PAULMYER/LACROIX Odile
PESENTI Sébastien
RESSEGUIER Noémie
REY Marc
ROBERT Philippe
SABATIER Renaud
SARI-MINODIER Irène
SAVEANU Alexandru
SECQ Véronique
SUCHON Pierre
TABOURET Emeline
TOGA Caroline
TOGA Isabelle
TOMASINI Pascale
TOSELLO Barthélémy
TROUSSE Delphine
TUCHTAN-TORRENTS Lucile
VELY Frédéric
VION-DURY Jean
ZATTARA/CANNONI Hélène

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

ABU ZAINEH Mohammad
BARBACARU/PERLES T. A.
BERLAND/BENHAIM Caroline
BOUCAULT/GARROUSTE Françoise
BOYER Sylvie
COLSON Sébastien
DEGIOANNI/SALLE Anna
DESNUES Benoît
MARANINCHI Marie
MERHEJ/CHAUVEAU Vicky
MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte
POGGI Marjorie
RUEL Jérôme
THOLLON Lionel
THIRION Sylvie
VERNA Emeline

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

CASANOVA Ludovic
GENTILE Gaëtan

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS

BARGIER Jacques
BONNET Pierre-André
CALVET-MONTREDON Céline
GUIDA Pierre
JANCZEWSKI Aurélie

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à MI-TEMPS

MATHIEU Marion
REVIS Joana

PROFESSEURS DES UNIVERSITES et MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS
PROFESSEURS ASSOCIES, MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES mono-appartenants

ANATOMIE *4201*

CHAMPSAUR Pierre (PU-PH)
LE CORROLLER Thomas (PU-PH)
PIRRO Nicolas (PU-PH)

GUENOUN-MEYSSIGNAC Daphné (MCU-PH)
LAGIER Aude (MCU-PH) disponibilité

THOLLON Lionel (MCF) (60ème section)

ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES *4203*

CHARAFE/JAUFFRET Emmanuelle (PU-PH)
DANIEL Laurent (PU-PH)
FIGARELLA/BRANGER Dominique (PU-PH)
GARCIA Stéphane (PU-PH)
XERRI Luc (PU-PH)

DALES Jean-Philippe (MCU-PH)
GIUSIANO COURCAMBECK Sophie (MCU PH)
LABIT/BOUVIER Corinne (MCU-PH)
MAUES DE PAULA André (MCU-PH)
SECQ Véronique (MCU-PH)

ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE ; MEDECINE URGENCE *4801*

ALBANESE Jacques (PU-PH)
BRUDER Nicolas (PU-PH)
LEONE Marc (PU-PH)
MICHEL Fabrice (PU-PH)
VELLY Lionel (PU-PH)

GUIDON Catherine (MCU-PH)

ANGLAIS *11*

BRANDENBURGER Chantal (PRCE)

BIOLOGIE ET MEDECINE DU DEVELOPPEMENT ET DE LA REPRODUCTION ; GYNECOLOGIE MEDICALE *5405*

METZLER/GUILLEMAIN Catherine (PU-PH)
PERRIN Jeanne (PU-PH)

BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE *4301*

GUEDJ Eric (PU-PH)
GUYE Maxime (PU-PH)
MUNDLER Olivier (PU-PH) Surnombre
TAIEB David (PU-PH)

BELIN Pascal (PR) (69ème section)
RANJEVA Jean-Philippe (PR) (69ème section)

CAMMILLERI Serge (MCU-PH)
VION-DURY Jean (MCU-PH)

BARBACARU/PERLES Téodora Adriana (MCF) (69ème section)

BIOSTATISTIQUES, INFORMATIQUE MEDICALE ET TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION *4604*

CLAVERIE Jean-Michel (PU-PH) Surnombre
GAUDART Jean (PU-PH)
GIORGI Roch (PU-PH)

CHAUDET Hervé (MCU-PH)
DUFOUR Jean-Charles (MCU-PH)
GIUSIANO Bernard (MCU-PH)
MANCINI Julien (MCU-PH)

ABU ZAINEH Mohammad (MCF) (5ème section)
BOYER Sylvie (MCF) (5ème section)

ANTHROPOLOGIE *20*

ADALIAN Pascal (PR)

DEGIOANNI/SALLE Anna (MCF)
VERNA Emeline (MCF)

BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE *4501*

CHARREL Rémi (PU PH)
DRANCOURT Michel (PU-PH)
FENOLLAR Florence (PU-PH)
FOURNIER Pierre-Edouard (PU-PH)
NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier (PU-PH)
LA SCOLA Bernard (PU-PH)
RAOULT Didier (PU-PH)

AHERFI Sarah (MCU-PH)
ANGELAKIS Emmanouil (MCU-PH) disponibilité octobre 2018
DUBOURG Grégory (MCU-PH)
GOURIET Frédérique (MCU-PH)
NOUGAIREDE Antoine (MCU-PH)
NINOVE Laetitia (MCU-PH)

CHABRIERE Eric (PR) (64ème section)
LEVASSEUR Anthony (PR) (64ème section)
DESNUES Benoit (MCF) (65ème section)
MERHEJ/CHAUVEAU Vicky (MCF) (87ème section)

BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE *4401*

BARLIER/SETTI Anne (PU-PH)
GABERT Jean (PU-PH)
GUIEU Régis (PU-PH)
OUAFIK L'Houcine (PU-PH)

BUFFAT Christophe (MCU-PH)
FROMONOT Julien (MCU-PH)
MOTTOLA GHIGO Giovanna (MCU-PH)
SAVEANU Alexandru (MCU-PH)

BIOLOGIE CELLULAIRE *4403*

ROLL Patrice (PU-PH)

GASTALDI Marguerite (MCU-PH)
KASPI-PEZZOLI Elise (MCU-PH)
LEVY-MOZZICONNACCI Annie (MCU-PH)

CARDIOLOGIE *5102*

AVIERINOS Jean-François (PU-PH)
BONELLO Laurent (PU PH)
BONNET Jean-Louis (PU-PH)
CUISSET Thomas (PU-PH)
DEHARO Jean-Claude (PU-PH)
FRANCESCHI Frédéric (PU-PH)
HABIB Gilbert (PU-PH)
PAGANELLI Franck (PU-PH)
THUNY Franck (PU-PH)

CHIRURGIE DIGESTIVE *5202*

BERDAH Stéphane (PU-PH)
HARDWIGSEN Jean (PU-PH)
SIELEZNEFF Igor (PU-PH)

BEYER-BERJOT Laura (MCU-PH)

CHIRURGIE GENERALE *5302*

DELPERO Jean-Robert (PU-PH)
MOUTARDIER Vincent (PU-PH)
SEBAG Frédéric (PU-PH)
TURRINI Olivier (PU-PH)

BEGE Thierry (MCU-PH)
BIRNBAUM David (MCU-PH)

CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE *5002*

ARGENSON Jean-Noël (PU-PH)
BLONDEL Benjamin (PU-PH)
CURVALE Georges (PU-PH)
FLECHER Xavier (PU PH)
PARRATTE Sébastien (PU-PH) Disponibilité
ROCHWERGER Richard (PU-PH)
TROPIANO Patrick (PU-PH)

OLLIVIER Matthieu (MCU-PH)

CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE *4702*

BERTUCCI François (PU-PH)
CHINOT Olivier (PU-PH)
COWEN Didier (PU-PH)
DUFFAUD Florence (PU-PH)
GONCALVES Anthony PU-PH)
HOUVENAEGHEL Gilles (PU-PH)
LAMBAUDIE Eric (PU-PH)
SALAS Sébastien (PU-PH)
VIENS Patrice (PU-PH)

SABATIER Renaud (MCU-PH)
TABOURET Emeline (MCU-PH)

CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE *5103*

COLLART Frédéric (PU-PH)
D'JOURNO Xavier (PU-PH)
DODDOLI Christophe (PU-PH)
GARIBOLDI Vlad (PU-PH)
MACE Loïc (PU-PH)
THOMAS Pascal (PU-PH)

FOUILLOUX Virginie (MCU-PH)
GRISOLI Dominique (MCU-PH)
TROUSSE Delphine (MCU-PH)

CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE *5104*

ALIMI Yves (PU-PH)
AMABILE Philippe (PU-PH)
BARTOLI Michel (PU-PH)
BOUFI Mourad (PU-PH)
MAGNAN Pierre-Edouard (PU-PH)
PIQUET Philippe (PU-PH)
SARLON-BARTOLI Gabrielle (PU PH)

HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE *4202*

LEPIDI Hubert (PU-PH)

ACHARD Vincent (MCU-PH) disponibilité
PAULMYER/LACROIX Odile (MCU-PH)

DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE *5003*

BERBIS Philippe (PU-PH)
GAUDY/MARQUESTE Caroline (PU-PH)
GROB Jean-Jacques (PU-PH)
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth (PU-PH)

DUSI

COLSON Sébastien (MCF)

ENDOCRINOLOGIE ,DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES ; GYNECOLOGIE MEDICALE *5404*

BRUE Thierry (PU-PH)
CASTINETTI Frédéric (PU-PH)
CUNY Thomas (MCU PH)

EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION *4601*

AUQUIER Pascal (PU-PH)
BOYER Laurent (PU-PH)
GENTILE Stéphanie (PU-PH)
SAMBUC Roland (PU-PH) Surnombre
THIRION Xavier (PU-PH)

BERBIS Julie (MCU-PH)
LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude (MCU-PH)
RESSEGUIER Noémie (MCU-PH)

MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte (MCF)(06ème section)
TANTI-HARDOUIN Nicolas (PRAG)

GUERIN Carole (MCU PH)

CHIRURGIE INFANTILE *5402*

GUYS Jean-Michel (PU-PH)
JOUVE Jean-Luc (PU-PH)
LAUNAY Franck (PU-PH)
MERROT Thierry (PU-PH)
VIEHWEGER Heide Elke (PU-PH)
FAURE Alice (MCU PH)
PESENTI Sébastien (MCU-PH)

CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE *5503*

CHOSSEGROS Cyrille (PU-PH)
GUYOT Laurent (PU-PH)

FOLETTI Jean-Marc (MCU-PH)

CHIRURGIE PLASTIQUE, RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE ; BRÛLOLOGIE *5004*

CASANOVA Dominique (PU-PH)
LEGRE Régis (PU-PH)

BERTRAND Baptiste (MCU-PH)
HAUTIER/KRAHN Aurélie (MCU-PH)

GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE *5201*

BARTHET Marc (PU-PH)
BERNARD Jean-Paul (PU-PH)
BOTTA-FRIDLUND Danielle (PU-PH) Surnombre
DAHAN-ALCARAZ Laetitia (PU-PH)
GEROLAMI-SANTANDREA René (PU-PH)
GRANDVAL Philippe (PU-PH)
GRIMAUD Jean-Charles (PU-PH)
SEITZ Jean-François (PU-PH)
VITTON Véronique (PU-PH)

GONZALEZ Jean-Michel (MCU-PH)

GENETIQUE *4704*

BEROUD Christophe (PU-PH)
KRAHN Martin (PU-PH)
LEVY Nicolas (PU-PH)
MONCLA Anne (PU-PH)
SARLES/PHILIP Nicole (PU-PH)

NGYUEN Karine (MCU-PH)
TOGA Caroline (MCU-PH)
ZATTARA/CANNONI Hélène (MCU-PH)

GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE *5403*

AGOSTINI Aubert (PU-PH)
BOUBLI Léon (PU-PH)
BRETELLE Florence (PU-PH)
CARCOPINO-TUSOLI Xavier (PU-PH)
COURBIERE Blandine (PU-PH)
CRAVELLO Ludovic (PU-PH)
D'ERCOLE Claude (PU-PH)

IMMUNOLOGIE *4703*

KAPLANSKI Gilles (PU-PH)
MEGE Jean-Louis (PU-PH)
OLIVE Daniel (PU-PH)
VIVIER Eric (PU-PH)

FERON François (PR) (69ème section)

BOUCRAUT Joseph (MCU-PH)
CHRETIEN Anne-Sophie (MCU PH)
DEGEORGES/VITTE Joëlle (MCU-PH)
DESPLAT/JEGO Sophie (MCU-PH)
ROBERT Philippe (MCU-PH)
VELY Frédéric (MCU-PH)

BOUCAULT/GARROUSTE Françoise (MCF) 65ème section)

MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES *4503*

BROUQUI Philippe (PU-PH)
LAGIER Jean-Christophe (PU-PH)
PAROLA Philippe (PU-PH)
STEIN Andréas (PU-PH)

MILLION Matthieu (MCU-PH)

MEDECINE D'URGENCE *4805*

KERBAUL François (PU-PH)
MICHELET Pierre (PU-PH)

MEDECINE INTERNE ; GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT ; MEDECINE GENERALE ; ADDICTOLOGIE *5301*

BONIN/GUILLAUME Sylvie (PU-PH)
DISDIER Patrick (PU-PH)
DURAND Jean-Marc (PU-PH)
FRANCES Yves (PU-PH) Surnombre
GRANEL/REY Brigitte (PU-PH)
HARLE Jean-Robert (PU-PH)
ROSSI Pascal (PU-PH)
SCHLEINITZ Nicolas (PU-PH)

EBBO Mikael (MCU-PH)

GENTILE Gaëtan (MCF Méd. Gén. Temps plein)

ADNOT Sébastien (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)
FILIPPI Simon (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)

BARGIER Jacques (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)
BONNET Pierre-André (MCF associé Méd. Gén à mi-temps)
CALVET-MONTREDON Céline (MCF associé Méd. Gén. à temps plein)
GUIDA Pierre (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)
JANCZEWSKI Aurélie (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

NUTRITION *4404*

DARMON Patrice (PU-PH)
RACCAH Denis (PU-PH)
VALERO René (PU-PH)

ATLAN Catherine (MCU-PH) disponibilité
BELIARD Sophie (MCU-PH)

MARANINCHI Marie (MCF) (66ème section)

ONCOLOGIE 65 (BIOLOGIE CELLULAIRE)

CHABANNON Christian (PR) (66ème section)
SOBOL Hagay (PR) (65ème section)

HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION *4701*

BLAISE Didier (PU-PH)
COSTELLO Régis (PU-PH)
CHIARONI Jacques (PU-PH)
GILBERT/ALESSI Marie-Christine (PU-PH)
MORANGE Pierre-Emmanuel (PU-PH)
VEY Norbert (PU-PH)

DEVILLIER Raynier (MCU PH)
GELSI/BOYER Véronique (MCU-PH)
LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina (MCU-PH)
LOOSVELD Marie (MCU-PH)
SUCHON Pierre (MCU-PH)

POGGI Marjorie (MCF) (64ème section)

MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE *4603*

BARTOLI Christophe (PU-PH)
LEONETTI Georges (PU-PH)
PELISSIER-ALICOT Anne-Laure (PU-PH)
PIERCECCHI-MARTI Marie-Dominique (PU-PH)

TUCHTAN-TORRENTS Lucile (MCU-PH)

BERLAND/BENHAIM Caroline (MCF) (1ère section)

MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION *4905*

BENSOUSSAN Laurent (PU-PH)
VITON Jean-Michel (PU-PH)

MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL *4602*

LEHUCHER/MICHEL Marie-Pascale (PU-PH)

BERGE-LEFRANC Jean-Louis (MCU-PH)
SARI/MINODIER Irène (MCU-PH)

NEPHROLOGIE *5203*

BERLAND Yvon (PU-PH) Surnombre
BRUNET Philippe (PU-PH)
BURTEY Stépahne (PU-PH)
DUSSOL Bertrand (PU-PH)
JOURDE CHICHE Noémie (PU PH)
MOAL Valérie (PU-PH)

NEUROCHIRURGIE *4902*

DUFOUR Henry (PU-PH)
FUENTES Stéphane (PU-PH)
REGIS Jean (PU-PH)
ROCHE Pierre-Hugues (PU-PH)
SCAVARDA Didier (PU-PH)

CARRON Romain (MCU PH)
GRAILLON Thomas (MCU PH)

NEUROLOGIE *4901*

ATTARIAN Sharham (PU PH)
AUDOIN Bertrand (PU-PH)
AZULAY Jean-Philippe (PU-PH)
CECCALDI Mathieu (PU-PH)
EUSEBIO Alexandre (PU-PH)
FELICIAN Olivier (PU-PH)
PELLETIER Jean (PU-PH)

OPHTALMOLOGIE *5502*

DENIS Danièle (PU-PH)
HOFFART Louis (PU-PH) *Disponibilité*
MATONTI Frédéric (PU-PH) Disponibilité

OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE *5501*

DESSI Patrick (PU-PH)
FAKHRY Nicolas (PU-PH)
GIOVANNI Antoine (PU-PH)
LAVIEILLE Jean-Pierre (PU-PH)
MICHEL Justin (PU-PH)
NICOLLAS Richard (PU-PH)
TRIGLIA Jean-Michel (PU-PH)
DEVEZE Arnaud (MCU-PH) Disponibilité
REVIS Joana (MAST) (Orthophonie) (7ème Section)

PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE *4502*

RANQUE Stéphane (PU-PH)

CASSAGNE Carole (MCU-PH)
L'OLLIVIER Coralie (MCU-PH)
MARY Charles (MCU-PH)
TOGA Isabelle (MCU-PH)

PEDIATRIE *5401*

ANDRE Nicolas (PU-PH)
CHAMBOST Hervé (PU-PH)
DUBUS Jean-Christophe (PU-PH)
GIRAUD/CHABROL Brigitte (PU-PH)
MICHEL Gérard (PU-PH)
MILH Mathieu (PU-PH)
REYNAUD Rachel (PU-PH)
SARLES Jacques (PU-PH)
TSIMARATOS Michel (PU-PH)

COZE Carole (MCU-PH)
FABRE Alexandre (MCU-PH)
OVAERT Caroline (MCU-PH)
TOSELLO Barthélémy (MCU-PH)

PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE *4903*

BAILLY Daniel (PU-PH)
LANCON Christophe (PU-PH)
NAUDIN Jean (PU-PH)

PSYCHOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PCYCHOLOGIE SOCIALE 16

AGHABABIAN Valérie (PR)

RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE *4302*

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)
CHAGNAUD Christophe (PU-PH)
CHAUMOITRE Kathia (PU-PH)
GIRARD Nadine (PU-PH)
GORINCOUR Guillaume (PU-PH)
JACQUIER Alexis (PU-PH)
MOULIN Guy (PU-PH)
PANUEL Michel (PU-PH)
PETIT Philippe (PU-PH)
VAROQUAUX Arthur Damien (PU-PH)
VIDAL Vincent (PU-PH)

REANIMATION MEDICALE ; MEDECINE URGENCE *4802*

GAINNIER Marc (PU-PH)
GERBEAUX Patrick (PU-PH)
PAPAZIAN Laurent (PU-PH)
ROCH Antoine (PU-PH)

HRAIECH Sami (MCU-PH)

RHUMATOLOGIE *5001*

GUIS Sandrine (PU-PH)
LAFFORGUE Pierre (PU-PH)
PHAM Thao (PU-PH)
ROUDIER Jean (PU-PH)

PEDOPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE *4904*

DA FONSECA David (PU-PH)
POINSO François (PU-PH)

PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE - PHARMACOLOGIE CLINIQUE; ADDICTOLOGIE *4803*

BLIN Olivier (PU-PH)
FAUGERE Gérard (PU-PH) Surnombre
MICALLEF/ROLL Joëlle (PU-PH)
SIMON Nicolas (PU-PH)
BOULAMERY Audrey (MCU-PH)

PHILOSPHIE *17*

LE COZ Pierre (PR) (17ème section)

MATHIEU Marion (MAST)

PHYSIOLOGIE *4402*

BARTOLOMEI Fabrice (PU-PH)
BREGEON Fabienne (PU-PH)
GABORIT Bénédicte (PU-PH)
MEYER/DUTOUR Anne (PU-PH)
TREBUCHON/DA FONSECA Agnès (PU-PH)

BARTHELEMY Pierre (MCU-PH)
BONINI Francesca (MCU-PH)
BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH)
DADOUN Frédéric (MCU-PH) (disponibilité)
DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)
REY Marc (MCU-PH)

RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)
THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE *5101*

ASTOUL Philippe (PU-PH)
BARLESI Fabrice (PU-PH)
CHANEZ Pascal (PU-PH)
CHARPIN Denis (PU-PH) Surnombre
GREILLIER Laurent (PU PH)
REYNAUD/GAUBERT Martine (PU-PH)

MASCAUX Céline (MCU-PH)
TOMASINI Pascale (MCU-PH)

THERAPEUTIQUE; MEDECINE D'URGENCE; ADDICTOLOGIE *4804*

AMBROSI Pierre (PU-PH)
VILLANI Patrick (PU-PH)

DAUMAS Aurélie (MCU-PH)

UROLOGIE *5204*

BASTIDE Cyrille (PU-PH)
KARSENTY Gilles (PU-PH)
LECHEVALLIER Eric (PU-PH)
ROSSI Dominique (PU-PH)

REMERCIEMENTS

Aux membres du Jury

A M le Professeur Patrick Dessi

Vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse. Opérateur hors pair, pionnier de la chirurgie naso-sinusienne vidéoendoscopique, vous êtes une référence dans le monde de l'ORL. La renommée de l'école marseillaise vous doit beaucoup. Le sens du travail et de la rigueur que vous nous transmettez avec pédagogie et bienveillance est une chance pour nous. C'est une fierté d'avoir été votre interne et de pouvoir continuer à travailler à vos côtés.

A M le Professeur Antoine Giovanni

Vous êtes la voix de cette équipe et son gardien, à la fois par votre rhétorique inégalée et par l'excellence de votre expertise dans ce domaine. Votre savoir-faire et votre culture semblent sans limite. Merci pour ces échanges toujours intéressants et enrichissants et pour votre investissement auprès de nous, notamment comme responsable du DES. Je vous remercie de me faire l'honneur de juger ce travail de thèse.

A M le Professeur Nicolas Fakhry

Ton expertise, à la fois médicale et chirurgicale, en cancérologie cervico-faciale force l'admiration. Je tiens à rendre hommage à l'enseignement que tu dispenses jour après jour avec gentillesse et disponibilité. Sous ta bienveillance, j'ai pu progresser afin d'acquérir les notions indispensables à la suite de mon parcours. Je te remercie d'avoir accepté de siéger dans ce jury et d'avoir pris le temps de juger cette thèse.

A M le Professeur Justin Michel

Tu as été, au cours des deux semestres passés avec toi et plus largement de mes 5 années d'internat, un modèle de travail et de rigueur pour moi. J'ai la chance de bénéficier de la pédagogie de tous les instants dont tu fais preuve. Tu es un chirurgien d'une rare qualité et tes connaissances dépassent allégrement les limites de notre spécialité. Je te remercie de ton soutien, ta disponibilité et ton aide dans ce travail. C'est un honneur de t'avoir dans ce jury.

A M le Docteur Thomas Radulesco

La boucle est bouclée ! J'ai commencé mon internat avec toi à Aix, où tu as su me mettre le pied à l'étrier et me montrer comment il fallait travailler (et nous savons bien à quel point un interne en premier semestre en a besoin). Je le termine avec toi comme chef, devenu habile chirurgien, où tes conseils précieux sont toujours avisés. Merci pour tout cela et surtout merci de m'avoir guidé au travers de ce travail de thèse.

A mes Maîtres dont j'ai eu l'honneur d'être l'interne
Dans l'ordre chronologique

A M le Professeur Frédéric Sebag

Merci pour votre enseignement chirurgical (et musical) lors de ces heures passées ensemble au bloc opératoire. Votre bienveillance et votre patience m'auront permis de progresser.

A M le Professeur Jean Pierre Lavieille

Vous êtes une référence en otologie et oto-neurochirurgie. Votre enseignement m'a permis d'acquérir une connaissance plus précise de cette spécialité. Permettez-moi de vous exprimer toute mon estime.

A M le Professeur Jean Michel Triglia

Votre enseignement de la pédiatrie et plus particulièrement de l'otologie au cours de l'année passée dans votre service a été une chance pour moi. Je vous en remercie et veuillez croire en mes sentiments les plus respectueux.

A M le Professeur Richard Nicollas

J'ai pu bénéficier de la richesse de votre connaissance en ORL pédiatrique lors de mon passage dans le service. Votre disponibilité, votre bienveillance et votre grande humanité m'ont permis de progresser en confiance à vos côtés. Je vous

remercie pour tous ces moments échangés dans le service, au bloc et ailleurs. J'espère à l'avenir pouvoir être à la hauteur de votre enseignement.

A M le Professeur Stéphane Roman

Ton expertise dans la surdité notamment lors des staffs hebdomadaires et ton enseignement chirurgical furent très enrichissants pour moi lors de mon passage. Je t'en remercie sincèrement.

A M le Professeur Cyrille Chossegros

Je vous remercie pour votre bienveillance et votre enseignement lors des six mois passés dans votre service.

A mes chefs (PH et assistants)

Au Dr Laure Santini

Merci à toi, ma première assistante au CHU (eh oui !), pour avoir su me conseiller et m'aider dès que j'en avais besoin depuis 5 ans maintenant. Partager tous ces moments a toujours été un bonheur. Je suis très heureux de continuer à travailler avec toi ☺

Au Dr Martin Penicaud

Mon cœur saigne comme une épistaxis sous AVK de ne pas te voir à notre soutenance ;) Merci pour ces moments partagés ensemble dans le service, au bloc, en dermato et au fil des astreintes. Tu es toujours d'un avis précieux pour moi et je me réjouis de pouvoir continuer à échanger avec toi.

Au Dr Carole Boulze

Tout d'abord, félicitations pour l'arrivée de la petite Mathilde !

J'ai beaucoup appris à tes côtés pendant mon semestre dans le service et j'espère pouvoir être à ta hauteur pour la suite. Tes conseils pendant les quelques mois de ton retour seront les bienvenus j'en suis sûr.

Au Dr Djamel Hazbri

D'abord...j'aurais tellement de choses à te dire : ta bonne humeur, ton humour et ton comique de répétition me feront toujours rire ! Travailler avec toi pendant ces 6 derniers mois aura été vraiment sympa ! Ne change pas, tu es un super assistant et je suis sûr que la suite sera pleine de réussite ;)

Au Dr Marion Montava
Merci pour ton apport à l'otologie et tes conseils précieux. Je me réjouis de pouvoir continuer à bénéficier de ton expertise.

Au Dr Pauline Barry
Merci pour ta bonne humeur communicante malgré tous ces avis demandés au fil des urgences du Box 2. Ne change rien !

Au Dr Renaud Meller
Merci de ton amitié et de ton aide.

Au Dr Anne Farinetti
J'associerai toujours les implants cochléaires à ces moments de pédagogie passés au bloc ensemble. Tu fais preuve d'un attachement remarquable aux petits patients dont tu t'occupes et je te remercie de m'en avoir donné l'exemple.

Au Dr Eric Morredu et au Dr Marie Eva Rossi
Vous m'avez régalé lors de mon passage en pédiatrie ! Vous avez été de supers assistants et j'espère être à la hauteur de votre enseignement. Vos conseils pour les astreintes à venir seront les bienvenus ;)

Au Dr Laura Lo Mone
Co-interne puis chef, merci pour ces moments passés ensemble. Je te souhaite le meilleur pour la suite.

Aux Dr Mathilde Serra, Florent Salburgo et Laurent Jaloux.
Les 6 mois d'otologie ont été un bonheur à vos côtés. Vous êtes un peu éparpillés maintenant (surtout Laurent) mais j'aurai toujours plaisir à vous revoir et à travailler ensemble.

Au Dr Aude Lagier
Je te remercie de ton investissement et de ta patience lors de mon premier semestre au CHU. L'enseignement d'anatomie que tu nous dispensais était génial !

Au Dr Francois Cheynet
Merci pour ce staff du lundi soir toujours plein d'enseignement et de pédagogie. Grace à lui, ma connaissance en chirurgie maxillo faciale n'en a été qu'améliorée.

Au Dr Audrey Gallucci
Merci pour ta bonne humeur, ton sourire et ton aide apportée à chaque fois que nécessaire. Félicitations pour l'arrivée de Jeanne !

Au Dr Nicolas Graillon
Tu as su supporter la fine équipe pendant 6 mois et, pour ça, félicitations ! Tu es toujours de très bon conseil et j'espère qu'on aura l'occasion, à l'avenir, de travailler ensemble.

Au Dr Pauline Pouzoulet
Merci pour ces moments partagés au bloc le vendredi pendant 6 mois.

Aux Dr Carole Guerin et Cinzia Paladino
Grazie mille ! Grace à vous, les méandres du métabolisme phosphocalcique n'ont plus de secrets pour moi. Merci pour votre présence et votre soutien au cours de mon semestre dans le service.

Aux Dr Evelyne Slotema, Pierre Campan et Bruno Berthet
Merci pour ce que vous m'avez apporté au cours de mon passage chez vous.

Aux Dr De Cuttoli, Francois Antonini et Marina Cihanek

Vous avez toujours été à l'écoute et prompts à m'aider lors des 6 premiers mois de mon internat. Je vous en remercie pour cela car je sais que ça n'a pas du toujours être facile. J'espère que nous pourrons toujours continuer à échanger.

Aux internes

A ma promo :

Justine : Merci la Bordelaise pour ces semestres passés ensemble où tu as toujours su allier bonne humeur et sérieux. Travailler avec toi est un bonheur ! Mais maintenant tu vas être notre interne donc il va falloir bien nous écouter :D

Jade : j'ai adoré passer ce dernier semestre d'interne à tes côtés et je suis heureux de pouvoir débuter l'assistanat avec toi. Une belle aventure commence pour nous deux !

Franck : bienvenue dans le club des papas avec ta petite Adélaïde ! Merci pour ce semestre en pédiatrie (grâce à toi j'ai mon petit niveau en fléchettes)

A mes co-internes :

Laura et Marine : ne changez pas les filles, vous êtes top niveau ! Laura bon courage pour ton M2 aux matières imprononçables et Marine n'arrête JAMAIS tes cannelés...

A l'équipe d'otologie Laetitia, Abdy, Charles

Partager ces 6 mois avec vous aura été un bonheur. Laetitia continue comme tu le fais et profite du bon air lyonnais. Abdy, you're gonna be a great otologist! Un seul échec subsistera : Charles va quand même devenir ophtalmo...

A la jeune équipe du 5^{e} Nord : Jawadiii, Guillame et Yoran

J'espère que vos débuts à mes côtés n'auront pas été trop durs et que vous êtes maintenant prêts à vous lancer dans la grande aventure de l'internat. A Jawadi merci encore pour ton joli tableau et j'attends toujours une raclette, à Guillaume change tes crocs ! et à Yoran mazeltov pour le mariage à venir !

Alexia et Julie : vous êtes un peu comme des grandes sœurs pour moi et je suis très heureux de pouvoir continuer à travailler à vos côtés.

Aux autres internes : Antoine, Celine, Amine, Clémence, Johanna, Marie, Mehdi, Leo, Eugénie
Je n'ai pas eu la chance d'être votre co-interne durant ces 5 années mais je ne garde que de bons souvenir de nos échanges. Continuez comme vous le faites, restez sérieux et l'avenir ne pourra que vous sourire. Mention spéciale à Antoine qui va nous quitter et laisser un grand vide...et pas juste parce qu'il est costaud ;)
A Vincent Rossi : merci pour tes conseils avisés lors de mes premiers semestres et pour ton soutien et ta bienveillance lors de ces remplacements en altitude.

A l'équipe de Maxillo (Simon, Mehdi, MK et Michael) :
Merci à vous les gars ! Ces 6 mois d'internat ensemble auront été de loin les plus chargés en fous rires. Certains photos montages (dont MK est passé maitre en l'art de les réaliser) resteront dans la légende... A cette Audi vendue sur le bon coin (hein Simon) et à Miss Provence ;) @Michel : j'espère que tu as écouté un peu Queen depuis...

A l'équipe de Chir endoc (Andrea, Suzanne et Meghane) :
Merci d'avoir partagé ces 6 mois avec moi. J'aurais toujours plaisir à vous revoir au détour des couloirs

A l’équipe paramédicale

Je remercie les cadres des services et les secrétaires que j’ai côtoyé tout au long de mon parcours.
Mention spéciale à Me Desbois dont l’énergie et l’investissement pour l’unité d’ORL sont sans égal.

Aux infirmières et aide-soignant(e)s des unités du 5e Nord et du 5e Est
Vous êtes des équipes formidables et je vous remercie pour tout ce que vous m’avez apporté et votre soutien. J’ai grand plaisir à continuer de travailler avec vous.

Merci aux infirmières du 4e Ouest et du service d’ORL d’Aix en Provence.

Merci également aux équipes du bloc opératoire pour leur bienveillance et leur gentillesse, depuis mes débuts jusqu’à aujourd’hui.

Aux amis

L'équipe de la P1 : merci pour cette super P1 passée ensemble et pour votre amitié depuis des années !!
Hugo : félicitations pour l'arrivée du petit Loann ! Tu seras un papa formidable !! A ces parties de baby-foot endiablées, à ces matchs de fifa à l'appart parfois serrés et à ta bonne humeur éternelle
Nico : à ton sens de la fête jamais usé et à ces soirées innombrables (et parfois oubliées...)
Martin : à ton amitié précieuse et bravo d'avoir pu accomplir tes objectifs.
Sof : depuis notre adolescence lycéenne jusqu'à aujourd'hui, je suis heureux de t'avoir vu devenir ce que tu es maintenant. Ne change pas !
Kevin : le psychiatre de la bande (on peut toujours en avoir besoin...), merci pour tous ces moments partagés
Ade et Lily : aux soirées à Sénas ou au Final à Gap, je garderai tous ces supers souvenirs en tête (n'oublions pas Palavas !)

Chris
Merci mon pote d'être présent à mes côtés depuis toutes ces années. Qui aurait pu imaginer que ce gars en débardeur en P1 (même si tu ne l'assumes plus maintenant) puisse arriver où tu en es aujourd'hui ?! Radiologue, Globe-Trotter, heureux en amour avec Marion ! Je suis fier de toi et j'espère continuer à naviguer avec toi pour longtemps. Et au fait j'ai toujours un truc à t'annoncer... (souviens toi je n'ai pas pu avant ton départ)

Fofo

Mon partenaire de l'été de la P1 ! Mon sous-colleur ! Mon confère maintenant ! Depuis cet été chez Paganelli où tu avais débarqué avec « P2 » rasé sur le crâne, nous avons tracé notre route ensemble (en cours ou en sous colle) pour réussir à devenir tous les deux ORL.

Ton départ à Nice n'a rien enlevé à notre amitié et je suis toujours heureux de te retrouver à chaque fois (malgré quelques points de vie perdus parfois).

Félicitations pour ta thèse (le jour où j'écris ces lignes tu ne l'as pas encore passée mais je ne me fais pas trop de soucis) et j'espère continuer à te voir pour un paquet d'années encore !

Le Zoo

A Ju et Rom : Rom t'avais raison c'est le plus dur à écrire ces remerciements... Vous êtes tous les deux un couple d'amis en or auxquels je tiens beaucoup. Tous ces moments partagés ensemble sont des tranches de bonne rigolade et de partage...l'amitié tout simplement...pour longtemps encore j'espère !

A Milou et Jé : Oh peter tu deviens quoi mon beau ? tu vas bien ? Avec Milou vous êtes des amis précieux et je suis heureux de vous avoir à mes côtés

A Tiff et Jo : Bravo pour cette belle petite fille, vous avez très bien bossé ! Vous êtes un couple formidable et déjà de très bons parents. Je suis fier de vous compter parmi mes amis. (Marissa : tu as des parents au top et d'ailleurs j'espère qu'ils te feront lire ma thèse dans quelques années...)

A Elsa et Thib : je suis tellement heureux pour vous de l'arrivée prochaine d'un petit bébé, vous allez être de merveilleux parents ! Vous êtes déjà de merveilleux amis donc ça devrait aller... Elsa je te rejoins maintenant dans le club des thésés ;) Thib, j'espère que j'aurais au moins le droit à un tour de magie (et tu sais qu'il y a un grand magicien dans mon jury...)

A Alicia et Beubeu : malgré le fait qu'on se voit moins souvent, j'aurais toujours plaisir à passer de bons moments avec vous. Ne changez pas et venez plus souvent ;)

A Bastien, Mathieu et Simon (les anciens !)
Cela fait maintenant un paquet d'années que l'on se connait et se retrouver, après tout ce temps, est toujours un plaisir. Du collège Mignet pour Bastou et Mathieu, en passant par les salles de Vauvenargues jusqu'à nos parcours professionnels respectifs et nos retrouvailles aixoises, vous êtes à mes yeux des vrais fratés comme dirait certains marseillais !

A l'équipe de la D4 (Ian, Narek, Serob)
Les babs ! Ces années d'externat sans vous n'auraient jamais eu la même saveur... Merci d'avoir été à mes côtés et même si on se voit plus rarement maintenant, j'aurai toujours plaisir à vous retrouver ! Genatz !

A l'équipe du Dynamo Oreille (Amau, Yannick, Micka...)
Merci les gars pour ces escapades du lundi soir et ce jeu léché ;) N'oublions jamais qu'actuellement nous sommes premiers !! (Cela aura peut-être changé d'ici là...)

A ma famille

A Camille, la femme de ma vie.
Tu partages ma vie depuis 8 belles années et tu m'as fait le plus beau cadeau possible avec la naissance de Gaspard. Tu t'apprêtes à récidiver bientôt avec (prénom). Merci de m'accompagner et de me soutenir au quotidien. Je t'aime. Je vous dédie cette thèse à toi et nos enfants.

A mes parents
Sans vous, ce travail n'aurait jamais existé. Vous êtes la pierre angulaire de cette réussite par votre amour, votre soutien et votre confiance permanents. Onze ans après m'avoir déposé à Marseille pour débuter la P1, nous sommes aujourd'hui réunis pour fêter la fin de cette aventure. L'attente a été longue mais l'investissement a porté ses fruits. Je n'aurai jamais assez de mots pour vous remercier…

A Marie, ma petite sœur
Grandir avec toi aura été un bonheur ! Ton cœur XXL et ta bienveillance sont des qualités rares et malgré ton mauvais caractère (parfois !) on te pardonne tout... Je suis chanceux de t'avoir comme sœur et Gaspard de t'avoir comme tata. Ne change pas, je suis fier de toi !

A Margot, ma petite petite sœur
Tu es maintenant une étudiante accomplie et j'en suis très fier. Ta joie de vivre et ta gentillesse font de toi une personne très attachante et je connais un petit garçon qui ne dira pas le contraire (« Tata aho ») ... Merci pour tous ces moments partagés ensemble ma Margot. La bise à Tim

A mes grands-parents, dont l'amour et le soutien indéfectible ont toujours été un moteur pour moi.

A la famille Eymeoud, ma seconde famille,
A Chantal et Pierre,
Je mesure la chance que j'ai de vous avoir dans ma vie. Votre gentillesse et votre bienveillance à mon égard est sans égale. Nos séjours Embrunais sont toujours de vrais bols d'air frais (avec le classique TDPE !) et de vrais moments de partage en famille. Merci à vous deux.

A mes deux frères de cœur,
A Jean-Sé le Picard
Quel changement de décor tu viens de vivre ! J'espère que les chtis sauront être aussi accueillants qu'on le prétend. T'avoir à mes côtés pour nos sorties sportives, nos planchas/barbecues/pizzas et bien d'autres choses encore est toujours un bonheur (heureusement qu'il y en a un qui aime la viande...) Merci pour tout

A Jean-Benoît le Parisien
Merci mon statisticien perso ;) Tu es brillant et pouvoir échanger avec toi est toujours très enrichissant. Tu es une personne formidable et je suis heureux de t'avoir dans ma vie. Fais attention à ne pas trop virer parisien quand même... (n'oublie pas que ton cœur est bleu et blanc).

Plan

Introduction générale 4
- I - 5
Le concept de morphométrie géométrique (MG) et son application 5
1. Origine de la MG 6
1.1. Morphométrie traditionnelle 6
1.2. MG 6
2. Principes de la MG 7
2.1. La notion de conformation géométrique 7
2.2. Points repères ou landmarks 7
2.3. Analyse par superposition procuste 8
2.4. Espaces de conformation 13
2.5. Analyse en composante principale (ACP) 13
2.6 Partitionnement de la population (clusterisation) 14
3. Reconstruction 3D : segmentation semi-automatique avec itk-SNAP® 14
- II - 16
Étude préliminaire : Application à l'analyse des dysmorphoses nasales et recherche de corrélation entre landmarks osseux et cutanés 16
1. Introduction 17
2. Matériel et Méthode 19
2.1. Population de l'étude 19
2.2. Reconstruction 3D : segmentation semi-automatique avec itk-SNAP® 20
2.2.1. Reconstruction 3D de l'orifice piriforme 20
2.2.2. Reconstruction 3D de la pyramide nasale 22
2.3. Sélection des landmarks 24
2.3.1. Sélection et définition des landmarks osseux 24
2.3.2. Sélection et définition des landmarks cutanés 25
2.4. Analyses statistiques 28
2.4.1. Validation des landmarks 28
2.4.2. ACP 28
2.4.3. Partitionnement de la population d'étude (clustering) 29
2.4.4. Recherche d'une corrélation entre landmarks osseux et cutanés 29
3. Résultats 32
3.1. Population de l'étude 32
3.2. Validation des landmarks 32
3.3. Superposition procuste généralisée et ACP 32
3.3.1. Landmarks osseux 32

3.3.2. Landmarks cutanés 36
3.4. Partitionnement de la population (clusterisation) 42
3.4.1 Nombre de clusters 42
3.4.2. ACP et conformations 3D 43
3.5. Recherche d'une corrélation entre landmarks osseux et cutanés 52
3.6. Synthèse des résultats 53
4. Discussion 54
5. Conclusion 57
Bibliographie 58
-III- 59
Application à l'analyse de la pyramide nasale : à propos de 100 cas 59
1. Introduction 60
2. Matériel et Méthodes 62
2.1. Population d'étude 62
2.2. Reconstruction 3D de la pyramide nasale 63
2.3. Sélection et définition des landmarks 66
2.4. Analyses statistiques 70
2.4.1. Validité des landmarks 70
2.4.2. Partitionnement de la population d'étude (clustering) 71
2.4.3 ACP et analyse visuelle 72
3. Résultats 73
3.1. Population de l'étude 73
3.2. Validité des landmarks 73
3.3. Analyses statistiques et visuelles des conformations 73
3.3.1. Population totale (n=100) 73
3.3.2. Groupe « Rhinoplastie » (n=50) 85
3.3.3. Groupe « Contrôle » (n=50) 98
3.4. Synthèse des résultats 108
4. Discussion 109
5. Conclusion 116
Bibliographie 117
Conclusion générale 119
Liste des Abréviations 120
Liste des Figures 121
Liste des Tableaux 125

Introduction générale

La complexité de l'analyse esthétique de la pyramide nasale est liée à son caractère subjectif qui doit, également, s'intégrer dans celle du visage en globalité et au contexte culturel et ethnique du patient. L'évaluation de la pyramide nasale a fait l'objet de nombreuses publications scientifiques proposant des méthodes d'analyses différentes, basées sur la céphalométrie ou sur des analyses exhaustives systématisées[1]. De nouveaux outils bio-statistiques ont vu le jour ces dernières années et semblent offrir des perspectives intéressantes dans l'étude de la conformation des objets complexes[2]. La morphométrie géométrique (MG), méthode statistique d'analyse basée sur la mise en place de points repères (ou landmarks), a déjà été utilisée pour étudier la conformation de structures anatomiques[3].

Nous souhaitions, dans ce travail de thèse, étudier l'applicabilité et l'apport de la MG à l'analyse de la pyramide nasale.

Notre travail est divisé en 3 chapitres :

- Le premier chapitre présente la méthodologie de MG utilisée et les différentes analyses statistiques nécessaires à l'étude des conformations.
- Le deuxième chapitre est une étude préliminaire permettant d'évaluer la faisabilité de la MG sur l'analyse des dysmorphoses nasales et la corrélation entre landmarks cutanés et osseux de la pyramide nasale.
- Le troisième chapitre, cœur de ce travail de thèse, est une étude en MG conduite sur 100 patients pris en charge dans notre centre. Elle a pour but d'analyser les variations de conformations des pyramides nasales au sein de cette population et de proposer une classification.

- I -

Le concept de morphométrie géométrique (MG) et son application

1. Origine de la MG

1.1. Morphométrie traditionnelle

Le terme de « morphométrie » vient du grec « morphê » qui signifie la forme, et « metron », la mesure. La morphométrie est une partie de la biométrie (étude quantitative du vivant) qui a pour but d'étudier la variation de la géométrie des formes biologiques et ses co-variations avec d'autres variables ou des facteurs biologiques potentiellement explicatifs[4,5]. La forme se détermine par deux notions qui sont la taille et la conformation (disposition des différentes parties). On établit ainsi leur relation sous la forme d'une équation :

« Forme = Taille + Conformation ».

La morphométrie « traditionnelle » se base sur l'analyse des mesures de distances, de ratios et d'angles pour étudier les variations entre différents objets. Les inconvénients rencontrés sont justement liés aux mesures des distances linéaires. En effet, ces distances sont fortement corrélées à la taille des individus et il convient d'appliquer des outils de correction afin de pouvoir les comparer. De plus, deux objets de formes complètement différentes, peuvent présenter des mesures identiques (hauteur, largeur, ...). Ainsi, la morphométrie traditionnelle ne permet pas une représentation de la forme de l'objet.

1.2. MG

L'évolution va alors se faire vers la notion de MG qui va naître dans les années 1980 sous l'influence de statisticiens tels que Kendall et Bookstein[6].

Ce dernier la définit comme la fusion entre la géométrie et la biologie : la MG va s'attacher à étudier la forme des objets en deux ou trois dimensions (3D)[7]. Elle va permettre de substituer les coordonnées de points biologiques aux distances dont l'utilisation se fera avec des méthodes spécifiques et notamment de superposition[8].

Ainsi, on va considérer la forme de l'objet, hors effets de sa taille, de sa position et de son orientation et s'attacher à la conformation géométrique d'un objet.

2. Principes de la MG

2.1. La notion de conformation géométrique

Comme on l'a vu précédemment, la forme d'un objet se définit par sa taille et sa conformation telle que « Forme = Taille + Conformation ». La taille caractérise les dimensions de l'objet. La conformation caractérise la répartition des différentes parties d'un objet. La conformation géométrique va donc correspondre à la forme de l'objet, lorsqu'on a supprimé les informations relatives à sa dimension (ou sa taille).

2.2. Points repères ou landmarks

Un point repère ou landmark est un point dans un espace à deux ou 3D qui correspond à la position d'un trait particulier sur un objet[9]. Le choix des sites dépend de la question biologique. Sur un individu, ils vont correspondre à des loci anatomiques. Les repères du même nom, homologues au sens sémantique du terme, sont supposés correspondre de la même manière à tous les objets de l'échantillon étudié. Ainsi, les points repère peuvent être des points spécifiques sur l'objet montrant une signification phylogénétique, structurelle, fonctionnelle ou de développement[10].

Sur le critère de l'homologie, Bookstein distingue trois types de points repères nommés type I, type II, et type III :

- Point repère de type I : point situé à l'intersection de différents tissus ou éléments architecturaux ; l'homologie est certaine. Exemple : le bregma, qui est un point du crâne situé à l'intersection de l'os frontal, et des deux os pariétaux.

- Point repère de type II : point situé à l'extrémité d'un même tissu ou d'une structure (ex : maximum de courbure) ; l'homologie qui repose seulement sur la géométrie de l'environnement anatomique est discutable. Exemple : le basion, qui est un point crânien situé dans la région bordant le foramen magnum.

- Point repère de type III : point construit par l'expérimentateur, situé à distance d'un élément anatomique repérable ; l'homologie est très incertaine. Exemple : la glabelle qui est définie comme le point le plus antérieur, passant par la ligne médiane de l'os frontal (lorsque le crâne est orienté selon le plan de Francfort).

2.3. Analyse par superposition procuste

La superposition Procuste permet de placer tous les individus dans un même espace morphologique. Le terme provient de la Mythologie grecque et désignait le brigand Procuste qui, étendant les voyageurs sur un lit trop court, leur coupait la partie du corps qui dépassait du lit. Cette superposition a pour but de s'affranchir des contraintes de taille, de position et d'orientation. Soit deux objets tels que deux triangles de taille et de conformation différentes définis par leurs points repères homologues (*Figure 1*).

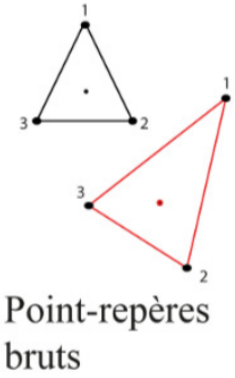


Figure 1. Deux triangles définis par leurs points repères homologues

On définit également les deux matrices des coordonnées bidimensionnelles.

Elles permettent de définir l'espace de configuration qui correspond à l'ensemble des K (nombre de points repères) x M (dimension) matrices décrivant toutes les combinaisons possibles de configuration (dans ce cas : 3x2=6 dimensions), cet espace pouvant être assimilé à une hypersphère.

$$M_1 = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 \\ X_2 & Y_2 \\ X_3 & Y_3 \end{bmatrix} \qquad M_2 = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 \\ X_2 & Y_2 \\ X_3 & Y_3 \end{bmatrix}$$

La superposition se déroule en 3 étapes[11].

- Le centrage sur une origine commune

On détermine le centre de gravité ou point centroïde de chaque objet. Le point centroïde correspond à la moyenne des coordonnées des points repères des différents objets.

$$M_1 = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 \\ X_2 & Y_2 \\ X_3 & Y_3 \end{bmatrix}$$
$$X_C \quad Y_C$$

Une fois, le point centroïde déterminé pour chaque objet, on réalise une translation afin de tous les faire converger (*Figure 2*). Cette étape permet de de supprimer les effets de position. Cela consiste à retirer à chaque coordonnée la valeur du point centroïde. Au cours de la translation, l'espace de configuration passe à 4 dimensions.

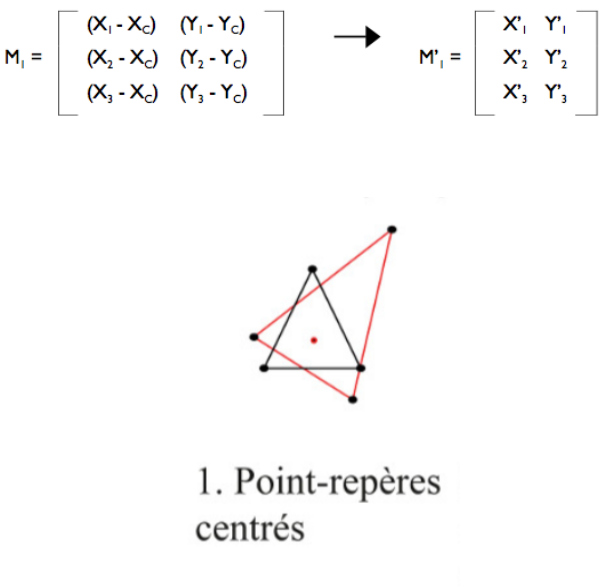


Figure 2. Centrage des triangles sur leur point centroïde

- La normalisation

La normalisation des configurations de points homologues consiste à leur faire partager la même taille centroïde (CS). La taille centroïde est obtenue par le calcul de la racine carrée des distances séparant chaque point repère de l'objet par rapport à son point centroïde (*Figure 3*).

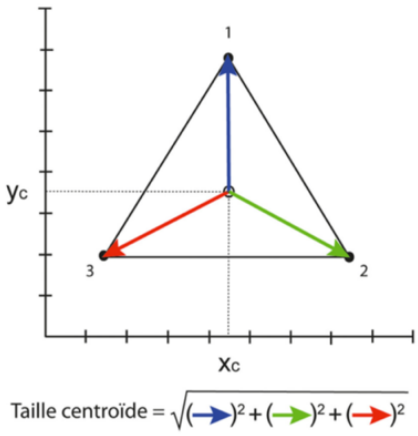
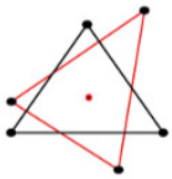


Figure 3. Calcul de la taille centroïde d'un triangle équilatéral dans un plan bidimensionnel

Une fois la taille centroïde normalisée, les effets liés à la taille de l'objet sont supprimés en conservant les différences de conformation (*Figure 4*).



2. Point-repères centrés et normalisés

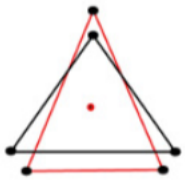
Figure 4. Normalisation de la taille centroïde des triangles

On divise alors chaque coordonnée par la taille centroïde afin d'obtenir les matrices M''$_1$ et M''$_2$. L'espace de configuration passe alors à 3 dimensions.

$$M'_1 = \frac{1}{CS}\begin{bmatrix} X'_1 & Y'_1 \\ X'_2 & Y'_2 \\ X'_3 & Y'_3 \end{bmatrix} \longrightarrow M''_1 = \begin{bmatrix} X''_1 & Y''_1 \\ X''_2 & Y''_2 \\ X''_3 & Y''_3 \end{bmatrix}$$

- La rotation

La rotation des configurations sur le point centroïde vise à réduire au minimum la distance séparant deux points homologues (*Figure 5*). Cela permet de supprimer les effets d'orientation des objets.



3. Point-repères
centrés, normalisés
et orientés

Figure 5. Rotation des triangles autour du point centroïde

Pour plus de deux formes, il convient d'appliquer la méthode de l'analyse procuste généralisée. Les configurations sont pivotées dans l'espace de conformation en décrivant chacune un arc de cercle à la surface de la sphère : on l'appelle la fibre. La rotation est calculée de façon à ce que la somme des carrés des distances séparant chaque fibre soit minimale : on parle de distance procuste partielle dp (*Figure 6*). Les distances procustes totales df sont déterminées lorsque les configurations sont déplacées le long du rayon de l'hypersphère afin de réduire les différences entre les points repères.

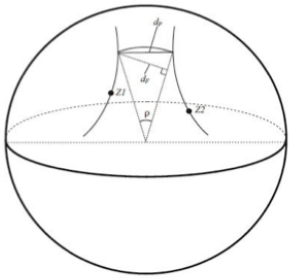


Figure 6. Espace de pré-conformation avec les distances procustes partielles dp et totales df

2.4. Espaces de conformation

Comme on l'a dit, les différentes configurations sont situées dans un espace de conformation correspondant à un espace sphérique (espace de Kendall). Dans un espace non linéaire, les analyses statistiques euclidiennes ne sont plus possibles. Il convient alors de projeter les différentes configurations sur un espace tangent au point correspondant à la conformation moyenne (*Figure 7*).

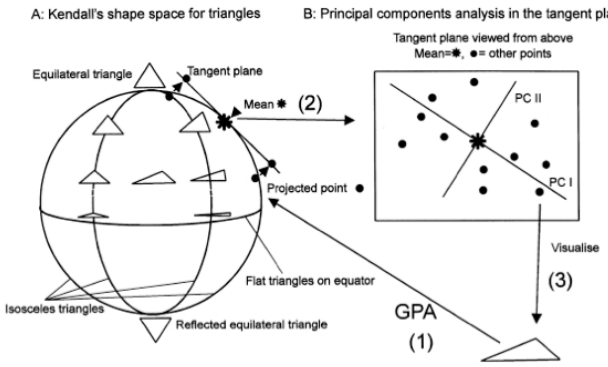


Figure 7. A. Espace de conformation sphérique de Kendall
B. Projection des points sur le plan tangent à la conformation moyenne

Les méthodes euclidiennes deviennent alors utilisables sur les configurations projetées sur un plan orthogonal.

2.5. Analyse en composante principale (ACP)

L'ACP permet d'étudier les variations de forme entre les individus en estimant les principaux axes de variation au sein de cet espace orthogonal. Il s'agit d'une approche à la fois géométrique (les variables étant représentées dans un nouvel espace, selon des directions d'inertie maximale) et statistique (la recherche portant sur des axes indépendants expliquant au mieux la variance des données). A partir des résidus procustes d'un individu (distance entre chaque point repère et son point homologue de la forme consensuelle) qui définissent sa conformation, l'ACP va déterminer les axes qui expliquent au mieux la variance des coordonnées, interprétée comme

un nuage de points. Chaque axe possède une valeur propre correspondant au pourcentage de variance expliquée. Le premier axe est donc celui qui représente le maximum de variance. Elle va aussi les ordonner par inertie expliquée, le second axe étant perpendiculaire au premier. Le calcul des différents axes est arrêté lorsque 100% de la variance est expliquée.

2.6 Partitionnement de la population (clusterisation)

Le partitionnement des données ou « data clustering » en anglais consiste à répartir les différents sujets au sein de groupes ou « clusters » homogènes. Il s'agit d'une méthode statistique d'analyse des données. A partir d'une matrice de distances exprimant la distance entre chaque individu, il est ainsi possible de rassembler les individus selon leur ressemblance. Plus deux individus sont dissemblables, plus la distance sera longue et inversement. Cet outil permet de créer un dendrogramme rassemblant des groupes de façon ascendante (en partant des données individuelles) et hiérarchique (création de groupes de plus en plus importants). En choisissant le niveau de coupe, nous obtenons des classes présentant une ressemblance intra-classe importante et une ressemblance inter-classe la plus faible possible. : c'est le procédé de clusterisation ou partitionnement. Le partitionnement est de la classification non supervisée. Les groupes ne sont donc pas prédéfinis.

3. Reconstruction 3D : segmentation semi-automatique avec itk-SNAP®

Le logiciel itk-SNAP® est un outil interactif permettant aux utilisateurs de naviguer dans des images médicales tridimensionnelles, de délimiter manuellement des régions anatomiques d'intérêt et d'effectuer une segmentation automatique de l'image. Il est le plus souvent utilisé pour travailler avec des ensembles de données d'imagerie par résonance magnétique (IRM) et

de tomodensitométrie (CT). Il est important de déterminer le seuil permettant de différencier les structures osseuses, cartilagineuses, cutanées et aériennes. Ce seuil est déterminé de façon plus précise lorsque l'examen présente des images bien contrastées et aux contours nets. C'est pourquoi la présence d'artéfacts dentaires ou métalliques n'est pas envisageable. Les étapes de la segmentation sont les suivantes :

- Définition d'une ROI (region of interest) : elle se définit dans les 3 plans de coupe de l'examen (transversal, coronal et sagittal) et va permettre de limiter la région anatomique dans laquelle le contour actif va se distribuer.
- Pré-segmentation par seuillage (Threshold) : elle permet de régler les paramètres du seuil en visualisant l'histogramme de l'image. La zone à extraire va apparaître en blanc et le reste en bleu. Le but est d'obtenir un seuillage différenciant les structures molles et l'air pour la reconstruction des tissus mous.
- Placement des contours actifs : on insère à l'intérieur du volume à extraire (zone blanche) notre contour actif sous la forme d'une bulle ou plusieurs bulles qui vont progressivement se distribuer à l'ensemble du volume sous l'effet de contrainte et vont s'arrêter aux zones de plus faible gradient (zone bleue).
- Finalisation de la segmentation : on obtient à la fin de la segmentation un volume 3D représentant la zone d'intérêt extraite dont les limites sont les zones de plus faible gradient.

A partir de la reconstruction 3D obtenue par l'utilisation de ce logiciel, il sera possible de positionner les landmarks ou points repères à la surface de cette dernière à l'aide du logiciel Avizo®. Après avoir relié entre eux les points repères entre eux selon un protocole prédéfini, on pourra alors obtenir une conformation 3D sur laquelle la superposition procuste et les analyses statistiques pourront être appliquées.

- II -

Étude préliminaire : Application à l'analyse des dysmorphoses nasales et recherche de corrélation entre landmarks osseux et cutanés

1. Introduction

La rhinoplastie est une intervention chirurgicale qui engendre des modifications architecturales de la pyramide nasale, à des fins esthétiques et/ou fonctionnelles. Les dysmorphoses nasales sont définies comme une ou des anomalie(s) de forme de la pyramide nasale, entrainant un retentissement esthétique et/ou fonctionnel.

L'analyse des dysmorphoses nasales a déjà fait l'objet de nombreuses publications dans la littérature[1,2,3]. L'utilisation de mesure anthropométriques est fréquente pour proposer une classification des conformations de la pyramide nasale au sein d'un même groupe ethnique[4-9]. Cependant, il n'existe aucun travail ayant appliqué la méthode de la MG à cette analyse.

La MG est une méthode utilisée en biologie comparative. Elle va considérer la conformation, après avoir éliminé les informations relatives à la taille, la position et l'orientation. Pour cela, elle utilise des points repères ou landmarks définis par des coordonnées dans les 3 plans de l'espace. Elle permet d'étudier les variations morphologiques entre les individus.

La pyramide nasale se décompose en nez osseux (os propres du nez) et nez cartilagineux, composé des cartilages latéraux supérieurs et inférieurs, ainsi que du cartilage quandrangulaire. D'un point de vue anthropologique, le nez cartilagineux, absent chez un individu squelettisé, est un frein dans l'analyse du visage post-mortem. Des études pilotes ont cherché à déterminer la position de la pointe du nez à partir de repères osseux sur le crâne, ce qui pourrait avoir un intérêt en sciences médico-légales, notamment pour l'identification post-mortem[10,11].

Notre étude s'organisait autour de deux axes :

- L'objectif principal était de proposer une analyse conformationelle objective des dysmorphoses de la pyramide nasale à l'aide de la méthode de MG.
- L'objectif secondaire était de rechercher une corrélation entre landmarks osseux (orifice piriforme) et landmarks cutanés de la pointe du nez.

Ainsi ce travail s'est déroulé comme suit :

- Définition de landmarks osseux et cutanés de la pyramide nasale
- Validation des landmarks
- Analyses statistiques sur les conformations tridimensionnelles obtenues (analyses en composante principale et clusterisation)
- Recherche de corrélation entre landmarks osseux et cutanés

2. Matériel et Méthode

2.1. Population de l'étude

Notre population d'étude était une cohorte rétrospective, de novembre 2009 à avril 2018, comprenant les individus majeurs ayant bénéficié d'un geste de rhinoplastie primaire avec scanner préopératoire dans le service d'oto-rhino-laryngologie et de chirurgie cervico-faciale de CHU de la Conception à Marseille (Assistance Publique des Hôpitaux de Marseille).

Les critères d'inclusion étaient les suivants :

- Individus majeurs (>18 ans)
- Geste chirurgical de rhinoplastie primaire
- Demande esthétique ou esthético-fonctionnelle
- Réalisation d'un scanner préopératoire selon différents critères :
    - Réalisé dans notre centre
    - Réalisé selon le protocole : scanner hélicoïdal multibarettes Siemens Somatom Définition (Siemens Healthcare) ou General Electric Light speed LS 16 Pro (GE) en utilisant les paramètres suivants : 120-Kv, 130 mAs, coupes de 0.6 mm chaque 0.3 mm.
    - Permettant la visualisation complète du massif facial depuis l'extrémité de la pyramide nasale en avant jusqu'au tronc cérébral en arrière et d'une oreille à l'autre latéralement
    - Ne présentant pas d'artefact métallique ni dentaire
    - Ne présentant pas d'importante déminéralisation de l'orifice piriforme.

Étaient exclus les individus mineurs au moment de l'intervention, les individus n'ayant pas réalisé un scanner préopératoire et les individus qui bénéficiaient d'un deuxième ou troisième temps chirurgical de rhinoplastie.

2.2. Reconstruction 3D : segmentation semi-automatique avec itk-SNAP®

2.2.1. Reconstruction 3D de l'orifice piriforme

Les limites de la ROI étaient les suivantes (*Figure 8*) :

- Sur une coupe sagittale :
    - En haut : une coupe passant par la paroi supérieure du sinus frontal
    - En bas : une coupe passant par le bord inférieur des incisives centrales maxillaires
    - En avant : une coupe passant par le bord antérieur du rhinion
    - En arrière : une coupe passant par la paroi antérieure du sinus sphénoïdal
- Sur une coupe transversale :
    - Latéralement : une coupe passant par les foramens des nerfs infra orbitaires

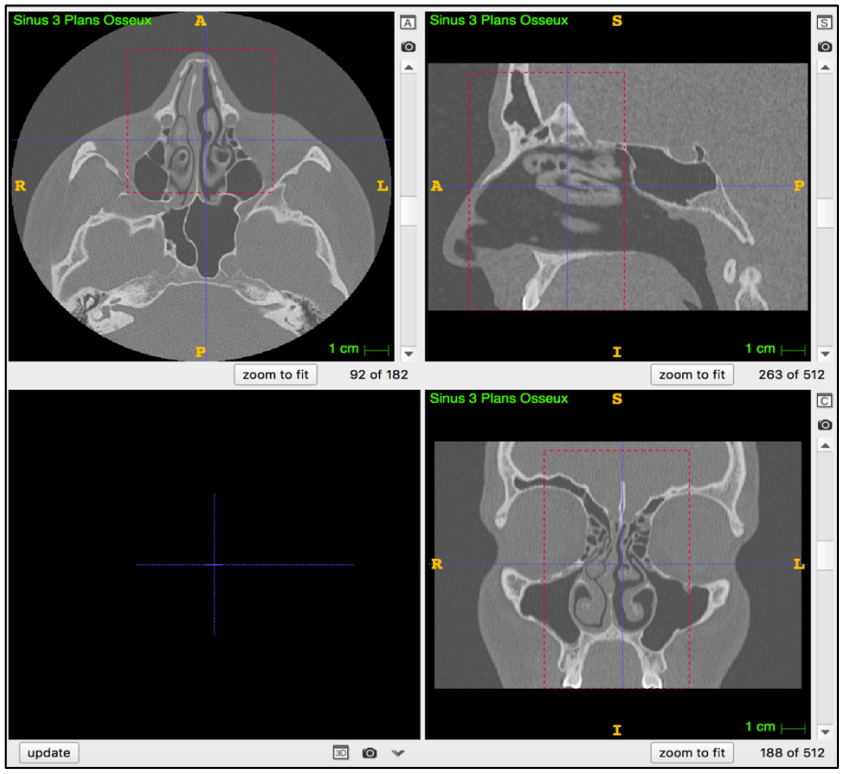


Figure 8 : Region of interest (ROI) de la reconstruction 3D de l'orifice piriforme

Le seuillage était mesuré sur l'histogramme de l'image afin d'obtenir la meilleure différenciation entre les structures osseuses (zone blanche) et les structures molles et aériennes (zone bleue) (*Figures 9 et 10*).

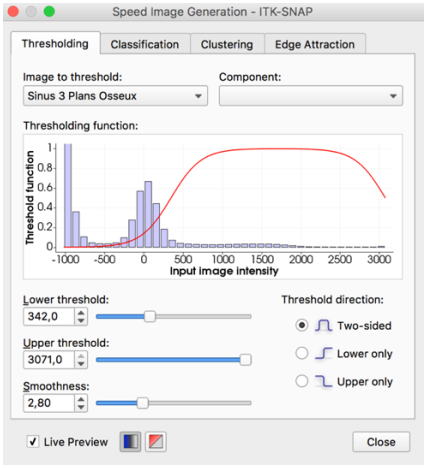


Figure 9 : Histogramme de l'image permettant de déterminer le seuil

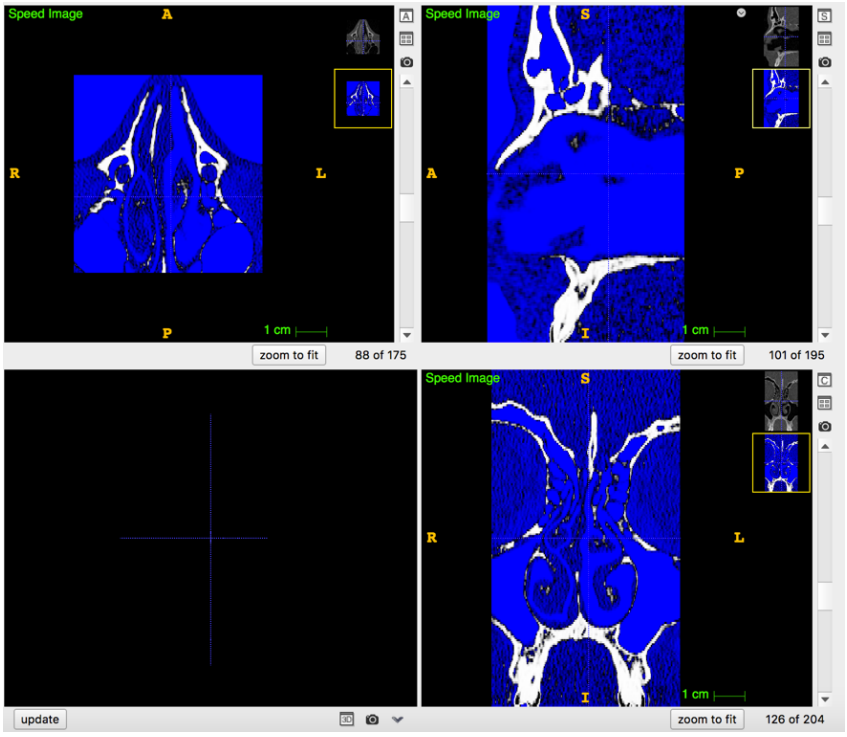


Figure 10 : Seuil mettant en évidence la différence entre structures osseuses et structures molles/aériennes

Ainsi le contour actif se distribuait aux structures osseuses et s'arrêtait au niveau des zones de tissus mous et des zones aériques (de plus faible gradient) (*Figure 11*).

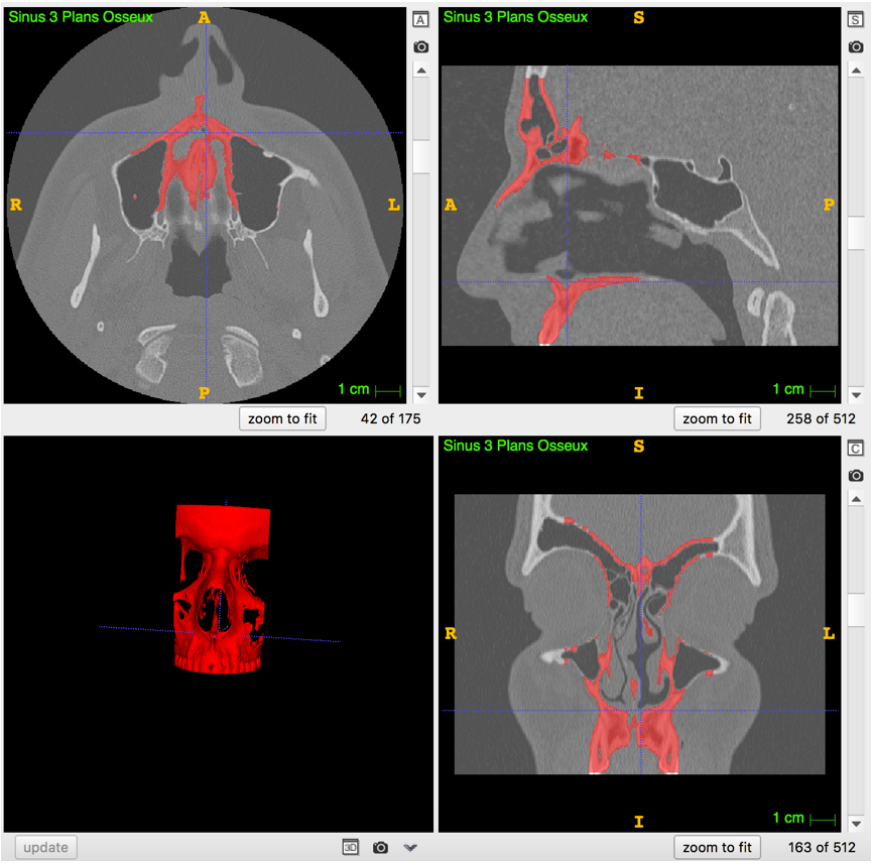


Figure 11 : Reconstruction 3D de l'orifice piriforme

2.2.2. Reconstruction 3D de la pyramide nasale

Les limites de la ROI étaient les suivantes (*Figure 12*) :

- Sur une coupe sagittale :
    - En haut : une coupe passant par la paroi supérieure du sinus frontal
    - En bas : une coupe passant par le bord inférieur des incisives centrales maxillaires
    - En avant : une coupe passant en avant de la pointe du nez
    - En arrière : une coupe passant par la paroi antérieure du sinus sphénoïdal
- Sur une coupe transversale :
    - Latéralement : une coupe passant par les foramens des nerfs infra orbitaires

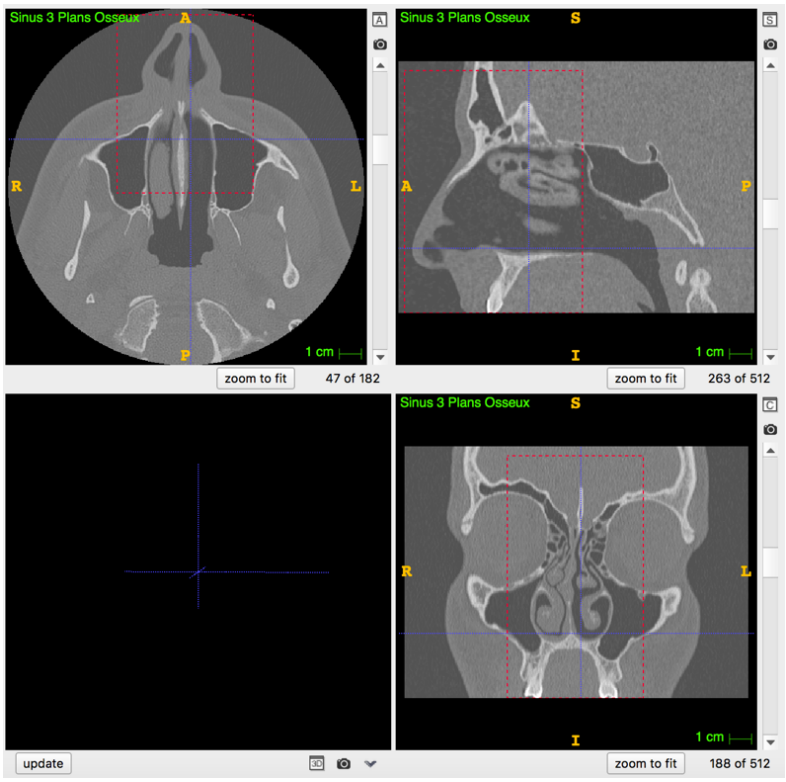


Figure 12 : Region of interest (ROI) de la reconstruction 3D de la pyramide nasale

Le même protocole était appliqué, permettant d'obtenir un seuil différenciant la surface cutanée des structures aériennes (*Figure 13*).

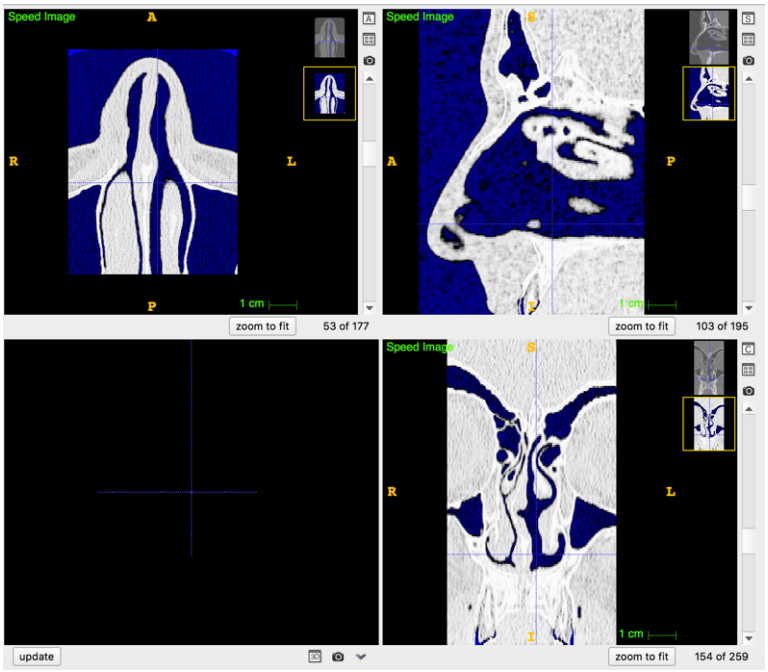


Figure 13 : Seuil mettant en évidence la différence entre revêtement cutané et structures aériennes

Nous obtenions ensuite la reconstruction 3D de la pyramide nasale (*Figure 14*).

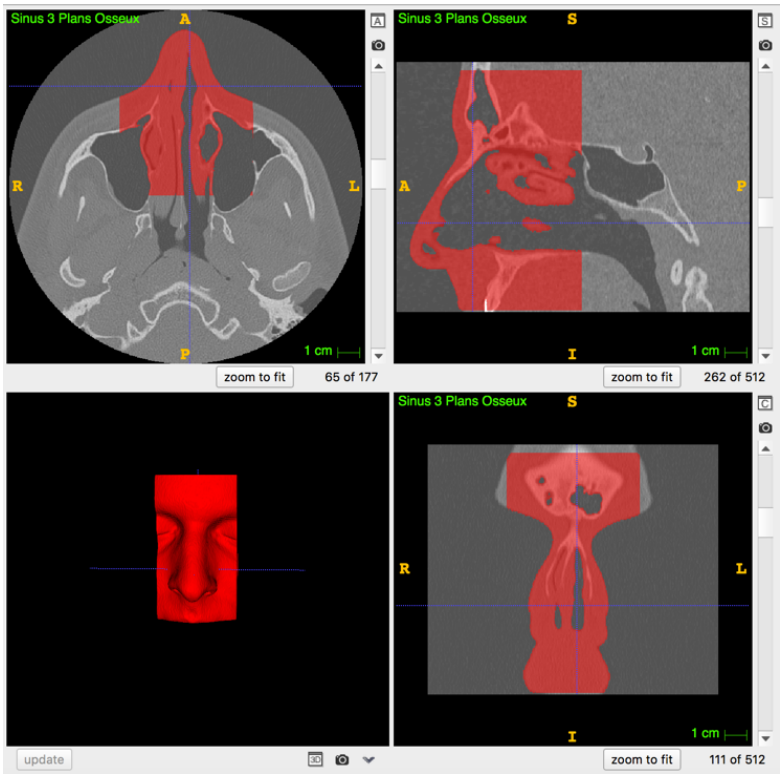


Figure 14 : Reconstruction 3D de la pyramide nasale

Une fois la segmentation réalisée, aucun algorithme de lissage n'a été appliqué afin de ne pas modifier la réalité anatomique de chaque individu. Le fichier contenant ce maillage surfacique 3D est alors enregistré au format « .stl » (surface triangularisée, utilisée dans le domaine de la stéréolithographie).

2.3. Sélection des landmarks

2.3.1. Sélection et définition des landmarks osseux

La sélection et la définition des landmarks osseux de l'orifice piriforme a déjà été décrite dans la littérature[12]. Nous avons défini 10 landmarks au niveau de l'orifice piriforme (*Tableau I* et *Figure 15*).

Landmark	Définition
1	Nasion
2	Rhinion
3	Jonction naso-maxillaire droite
4	Jonction naso-maxillaire gauche
5	Point latéral droit de l'orifice piriforme
6	Point latéral gauche de l'orifice piriforme
7	Base droite de l'orifice piriforme
8	Base gauche de l'orifice piriforme
9	Epine nasale
10	Prosthion

Tableau I : Définition des landmarks osseux

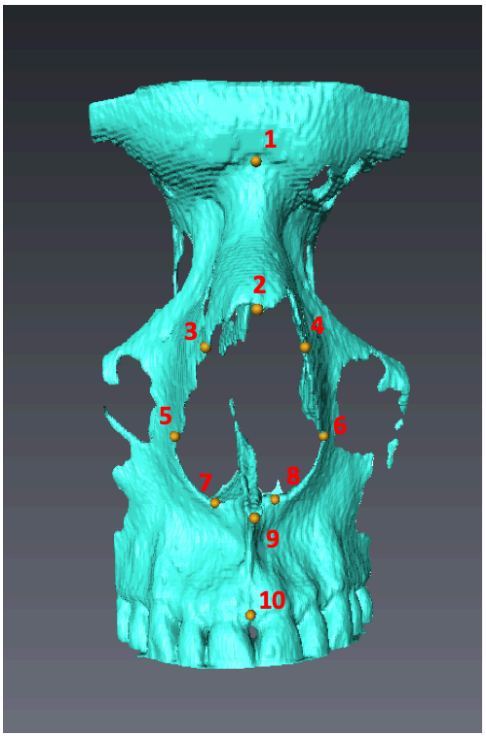


Figure 15 : Positionnement des 10 landmarks osseux sur les reconstructions 3D

2.3.2. Sélection et définition des landmarks cutanés

Il existe dans la littérature plusieurs articles proposant une définition des landmarks cutanés de la pyramide nasale[13,14]. Pour notre étude, nous avions décidé de définir des points repères selon

3 axes principaux : vue de face de la pyramide nasale, vue de profil droit et gauche de la pyramide nasale, vue inférieure de la base du nez. Nous avons ainsi défini 27 landmarks cutanés (*Figure 16* et *Tableau II*)

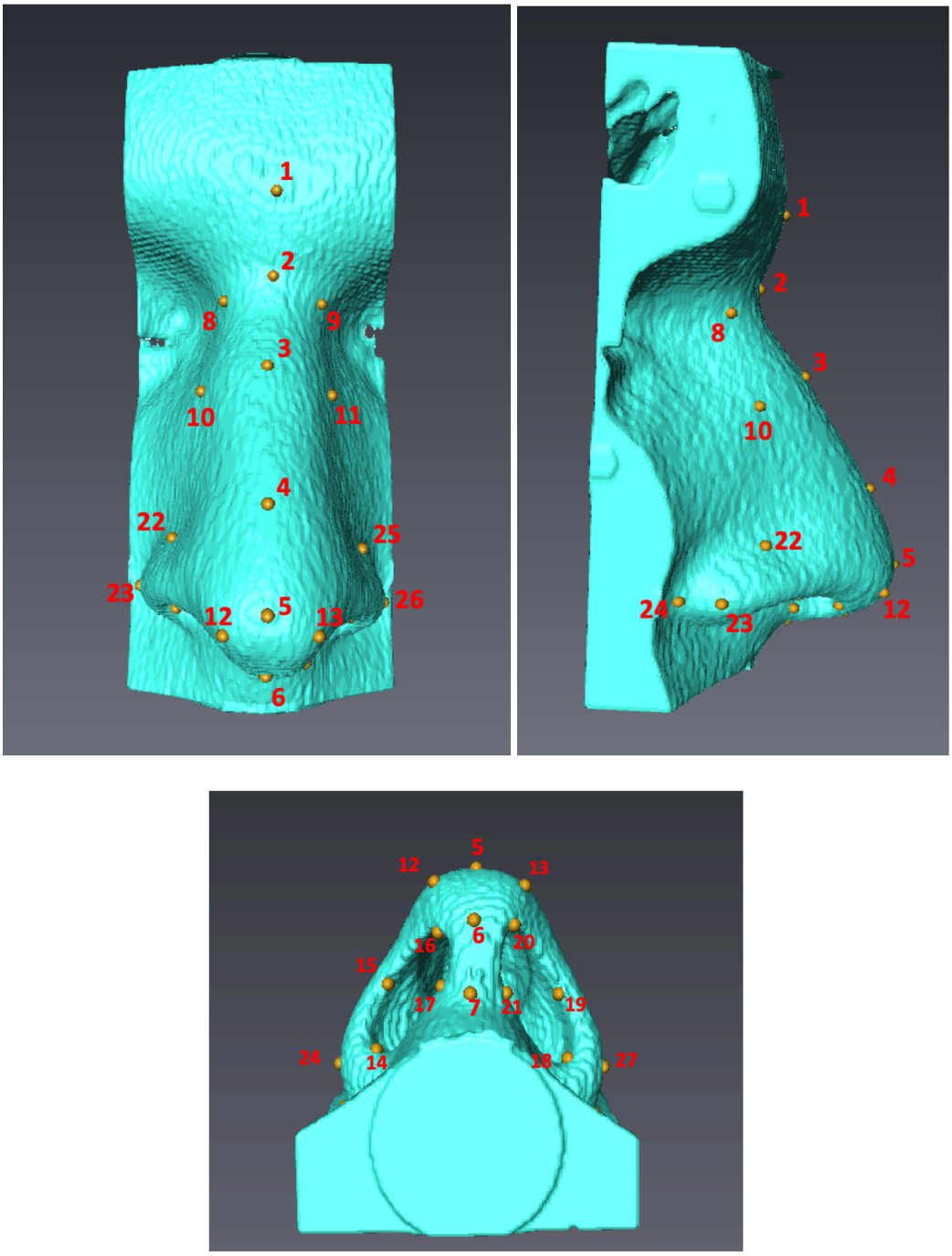


Figure 16 : Positionnement des 27 landmarks cutanés sur les reconstructions 3D

1	Glabelle
2	Nasion
3	Rhinion
4	Supra-pointe (Supra-tip)
5	Pointe du nez
6	Double-break
7	Base de la columelle
8	Angle naso-facial droit tiers supérieur
9	Angle naso-facial gauche tiers supérieur
10	Angle naso-facial droit tiers moyen
11	Angle naso-facial gauche tiers moyen
12	Dôme du cartilage latéral inférieur droit
13	Dôme du cartilage latéral inférieur gauche
14	Point postérieur de l'orifice narinaire droit
15	Point latéral de l'orifice narinaire droit
16	Point antérieur de l'orifice narinaire droit
17	Point médial de l'orifice narinaire droit
18	Point postérieur de l'orifice narinaire gauche
19	Point latéral de l'orifice narinaire gauche
20	Point antérieur de l'orifice narinaire gauche
21	Point médial de l'orifice narinaire gauche
22	Point supérieur du relief de la crus latérale du cartilage latéral inférieur droit
23	Point latéral du relief de la crus latérale du cartilage latéral inférieur droit
24	Sillon alo-génien droit
25	Point supérieur du relief de la crus latérale du cartilage latéral inférieur gauche
26	Point latéral du relief de la crus latérale du cartilage latéral inférieur gauche
27	Sillon alo-génien gauche

Tableau II : Définition des landmarks cutanés

Les reconstructions 3D obtenues dans le logiciel itk-SNAP® ont été importées au format « .stl » dans le logiciel Avizo®. Grâce à ce logiciel, nous avons pu placer pour chaque individu les points repères osseux et cutanés de façon séparée et toujours dans le même ordre. Chaque point repère était défini par ses trois coordonnées : x, y et z. Les deux ensembles de coordonnées

obtenues pour chaque patient ont été enregistrés au format « .landmark.ascii » afin de réaliser les analyses statistiques.

2.4. Analyses statistiques

2.4.1. Validation des landmarks

Afin de s'assurer de la validation de nos landmarks, il était nécessaire de réaliser une étude de la répétabilité et de la reproductibilité de ces points repères :

- Répétabilité : part de variabilité due au dispositif de mesure dans le système de mesure.
- Reproductibilité : part de variabilité due aux différences entre les opérateurs dans le système de mesure.

Landmarks cutanés

Afin de réaliser ces mesures, nous avions appliqué la méthode des MANOVA Procuste qui détermine la différence entre les observations faites à deux temps séparés. Concernant le calcul de la répétabilité, nous avions tiré au sort 10 patients et recommencé la pose des 27 landmarks à 1 mois d'intervalle. Concernant le calcul de la reproductibilité, nous avions tiré au sort 5 patients et demandé à un observateur extérieur, qui maîtrisait l'objet de mesure, de réaliser la pose des 27 landmarks. L'outil MANOVA Procuste permet à partir des coordonnées obtenues de mesurer la variabilité liée à la pose des landmarks et ainsi obtenir le pourcentage d'erreur.

Landmarks osseux

Les études de répétabilité et de reproductibilité ont déjà été réalisées pour les 10 landmarks osseux[12]. Nous avions cependant appliqué la méthode des MANOVA Procuste afin de s'assurer de la validation des landmarks décrits.

2.4.2. ACP

Pour chaque individu de l'étude, nous avions réalisé une superposition procuste généralisée et une ACP à partir des coordonnées (x, y et z) de chaque point repère osseux et cutané.

2.4.3. Partitionnement de la population d'étude (clustering)

Il a été possible dans notre étude de réaliser un partitionnement de la population en fonction des pyramides nasales présentant des caractéristiques morphologiques similaires. Les résidus procustes obtenus après superposition ont été utilisés. Il s'agissait uniquement des données issues des 27 landmarks cutanés et permettant d'obtenir une conformation de la pyramide nasale. A l'aide du logiciel R® et de la fonction HCPC du package FactomineR, nos individus ont pu être classé en fonction de leur distance statistique matérialisant leur différence morphologique au sein d'un arbre appelé dendrogramme. Le nombre de clusters a été déterminé par la règle du coude. Une fois les clusters définis, nous avons réalisé une ACP au sein de chaque groupe afin d'explorer les différences morphologiques entre les individus considérés comme homogènes. Les conformations de l'individu consensus et des maximums de variation le long de l'axe de la composante principale 1 ont été calculées sur le logiciel R®. Elles permettent ainsi d'obtenir une représentation de la pyramide nasale au sein de chaque cluster.

2.4.4. Recherche d'une corrélation entre landmarks osseux et cutanés

Le dernier objectif de notre étude était de rechercher une corrélation entre les points repères osseux et cutanés. Chaque point repère est défini par des coordonnées cartésiennes (x, y et z) dans un plan tridimensionnel. Afin de réaliser l'analyse statistique de corrélation, il était nécessaire de réduire l'information de chaque landmark en une mesure unique. On ne peut établir statistiquement un tableau de corrélation à partir des seules coordonnées de chaque point. Les études récentes ont montré que l'estimation de la projection des points cutanés à partir des

points osseux pouvait se résumer à l'analyse de trois points repères principaux (*Figure 17*) : deux au niveau osseux : le rhinion et le prosthion ; un au niveau cutané : la pointe du nez.

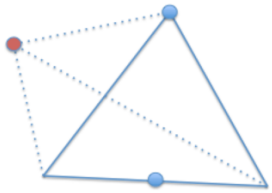


Figure 1 : Les deux points bleus représentent le rhinion et le prosthion (positionnés sur une représentation triangulaire de l'orifice piriforme). Le point rouge représente la pointe du nez.

Pour réaliser notre analyse, nous avions défini deux distances (*Figure 18*) :

- la distance séparant les deux points osseux

- la distance séparant le centroïde des deux points osseux et le point cutané.

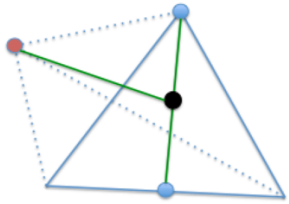


Figure 2 : Les lignes vertes représentent les distances séparant respectivement les deux points bleus et le point rouge du centroïde des deux points bleus

Soient (x1, y1, z1) et (x2, y2, z2) les coordonnées respectives des landmarks rhinion et prosthion. Soient (x3, y3, z3) les coordonnées du landmark pointe du nez. Les coordonnées du point centroïde (N) correspondaient à la moyenne des coordonnées des deux points osseux telles que :

$$xN = (x1 + x2) / 2$$

$$yN = (y1 + y2) / 2$$

$$zN = (z1 + z2) / 2$$

Le calcul des distances euclidiennes entre les différents points consistait aux mesures suivantes :

- Distance entre rhinion et prosthion
- Distance entre point centroïde et pointe du nez

L'analyse des résultats a été réalisée avec le logiciel R®. Une étude de corrélation a pu être menée à partir des distances obtenues avec chaque patient de notre échantillon et répondre ainsi à l'objectif de notre travail.

3. Résultats

3.1. Population de l'étude

Nous avions inclus dans notre étude 40 patients qui répondaient aux critères d'inclusion. Tous les examens avaient été anonymisés. L'âge moyen de notre échantillon était de 25,4 ± 5,2 ans.

3.2. Validation des landmarks

A l'aide de l'outil MANOVA Procuste, nous avions estimé les pourcentages d'erreur liés à la pose des landmarks osseux et cutanés. La variabilité intra-observateur s'élevait à 9% pour les landmarks osseux et à 10% pour les landmarks cutanés. La variabilité inter-observateur s'élevait à 13% pour les landmarks osseux et à 24% pour les landmarks cutanés.

3.3. Superposition procuste généralisée et ACP

3.3.1. Landmarks osseux

Après superposition procuste généralisée, nous avions obtenu dans un premier temps une superposition des 10 landmarks osseux de chaque patient en vue de face. (*Figure 19*)

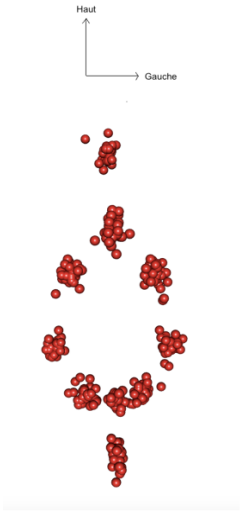


Figure 3 : Superposition procuste généralisée des 10 landmarks osseux

Dans un second temps, après avoir relié les points repères entre eux, nous obtenions les conformations 3D moyennes superposées de l'orifice piriforme en vue de face et de profil droit et gauche. (*Figure 20*)

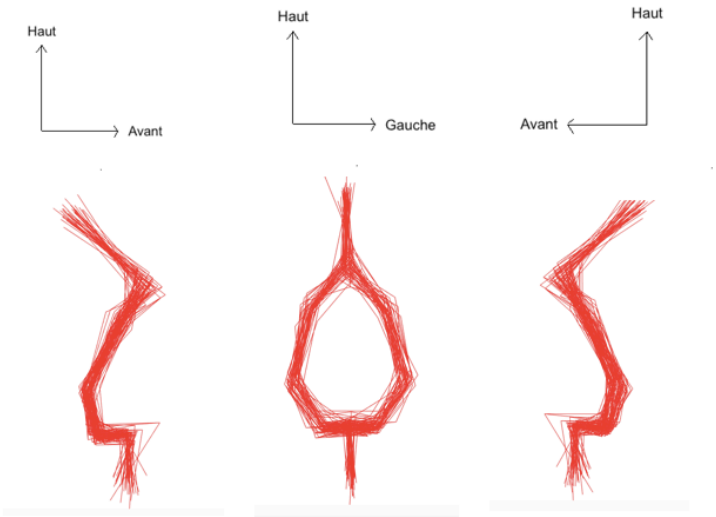


Figure 4 : Conformation moyenne de l'orifice piriforme après superposition procuste généralisée

L'ACP a été réalisée et nous avions obtenu le pourcentage de variance pour chaque composante (*Figure 21*). La composante principale n°1 (CP1) et la composante principale n°2 (CP2) avaient été retenues et correspondaient à 32,25 % de la variabilité.

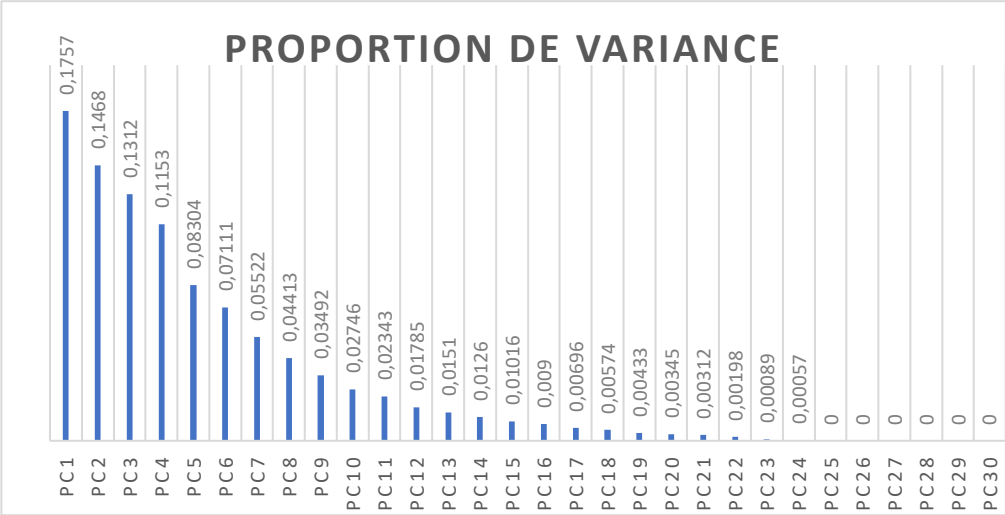


Figure 5 : Proportion de variance de l'ACP des landmarks osseux

Une représentation orthogonale de la répartition des conformations des 40 reconstructions le long de CP1 et CP2 a été réalisée (*Figure 22*).

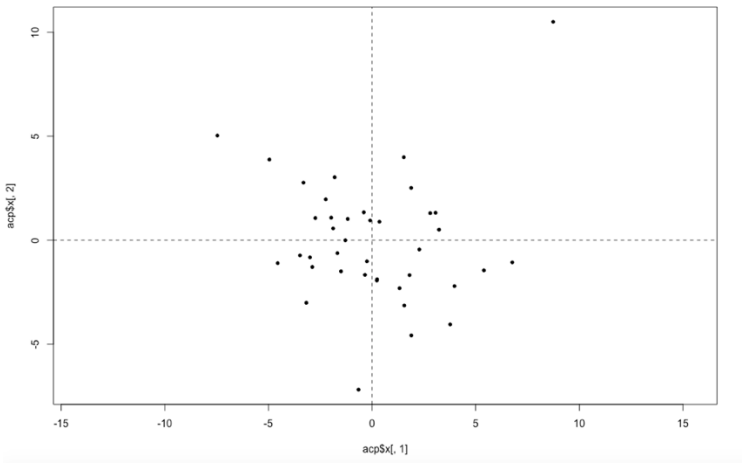


Figure 6 : Représentation des 40 conformations le long de CP1 et CP2

Grâce au logiciel R®, nous avions modélisé une représentation 3D des conformations consensuelles et maximales le long de chaque composante principale. Cette modélisation n'a

été faite que pour la CP1 qui est suffisante, selon la règle du coude, pour expliquer les variations morphologiques entre les individus. L'individu consensus le long de l'axe de la CP1 était représenté par la *Figure 23*.

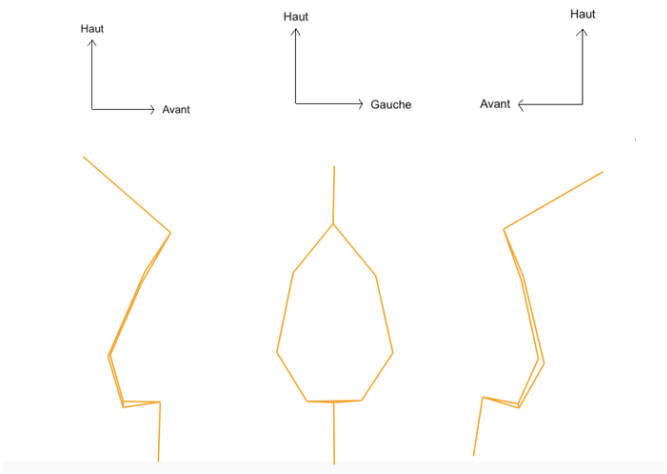


Figure 7 : Représentation 3D de l'individu consensus le long de l'axe CP1

L'individu avec le maximum de variation le long de l'axe de la CP1 était représenté par la *Figure 24*.

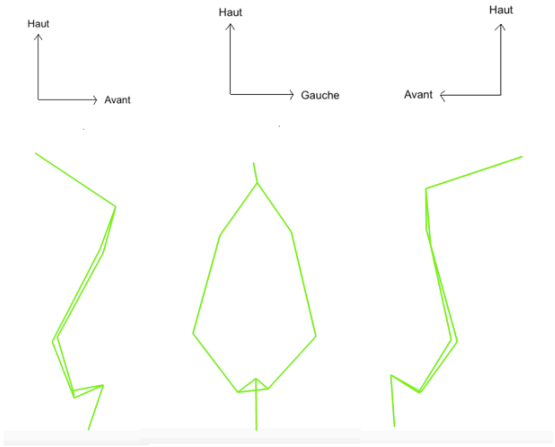


Figure 8 : Représentation 3D de l'individu avec le maximum de variation le long de l'axe CP1

L'individu avec le minimum de variation le long de l'axe de la CP1 était représenté par la *Figure 25*.

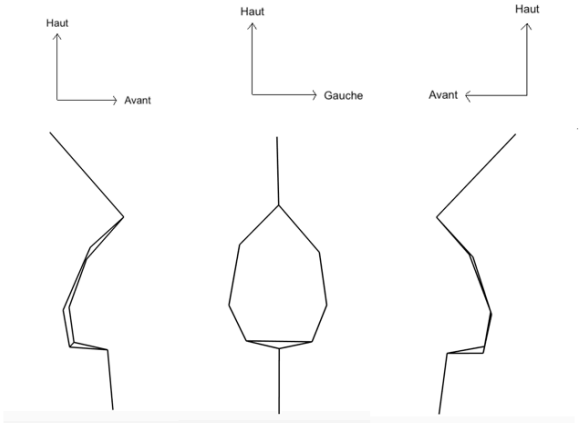


Figure 9 : Représentation 3D de l'individu avec le minimum de variation le long de l'axe CP1

3.3.2. Landmarks cutanés

Après superposition procuste généralisée, nous avions obtenu dans un premier temps une superposition des 27 landmarks cutanés de chaque patient en vue de face (*Figure 26*).

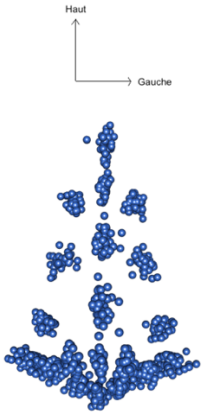


Figure 10 : Superposition procuste généralisée des 27 landmarks cutanés

Dans un second temps, après avoir relié les points repères entre eux, nous obtenions les conformations 3D moyennes superposées de la pyramide nasale en vue de face, de profil droit et gauche et de face basse (*Figure 27*).

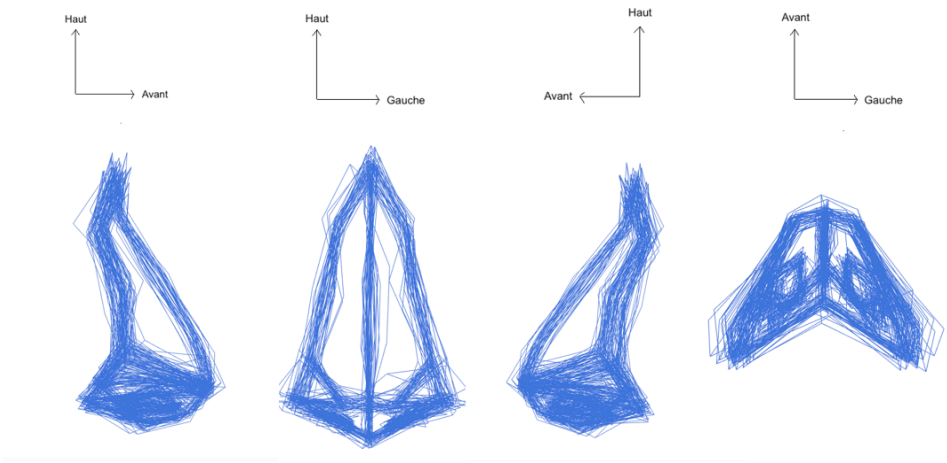


Figure 11: Conformation moyenne de la pyramide nasale après superposition procuste généralisée

L'ACP a été réalisée et nous avions obtenu le pourcentage de variance pour chaque composante (Figure 28). Les CP1 et CP2 correspondaient à 34,90% de la variabilité.

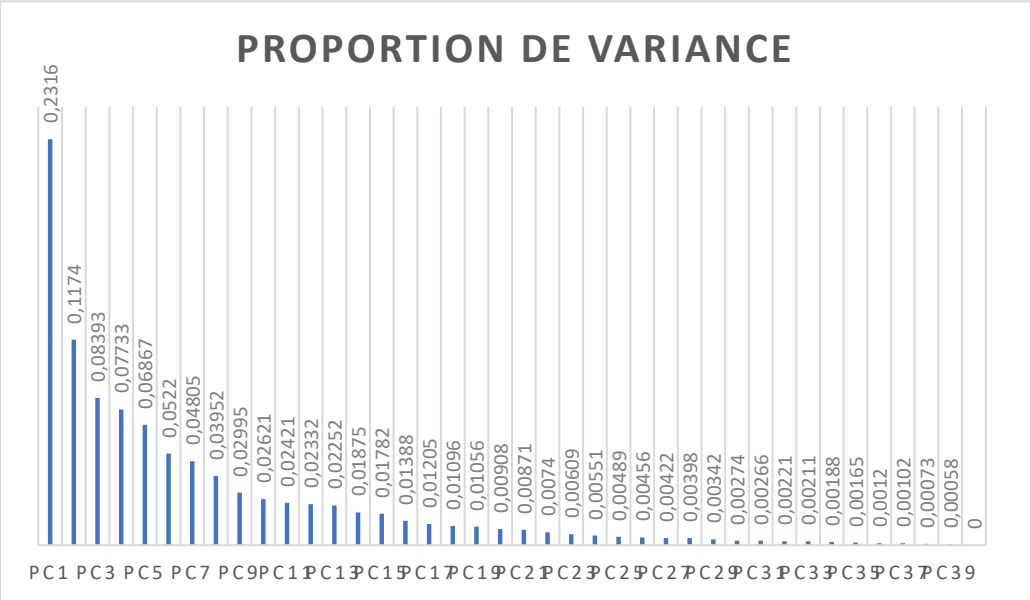


Figure 12 : Proportion de variance de l'ACP des landmarks cutanés

Une représentation orthogonale de la répartition des conformations des 40 reconstructions le long de CP1 et CP2 a été réalisée (*Figure 29*).

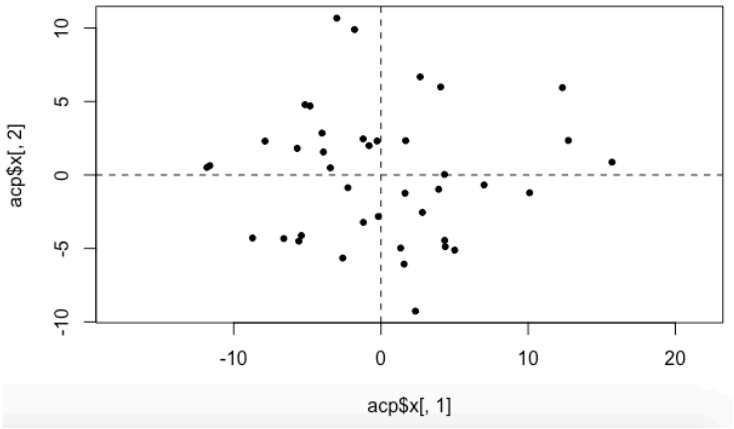


Figure 13 : Représentation des 40 conformations le long de CP1 et CP2

Grâce au logiciel R®, nous avions modélisé une représentation 3D des conformations consensuelles et maximales le long de chaque composante principale. Cette modélisation a été

faite pour les CP1 et CP2 qui étaient suffisantes, selon la règle du coude, pour expliquer les variations morphologiques entre les individus.

- CP1

L'individu consensus le long de la CP1 était représenté par la *Figure 30*.

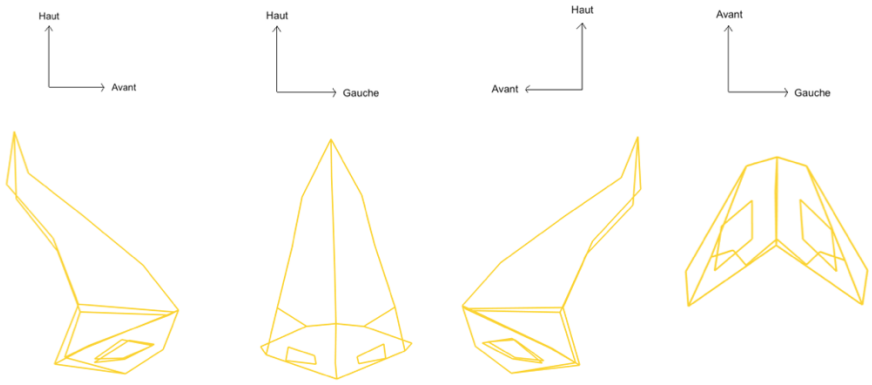


Figure 14 : Représentation 3D de l'individu consensus le long de l'axe CP1

L'individu avec le maximum de variation le long de l'axe de la CP1 était représenté par la *Figure 31*.

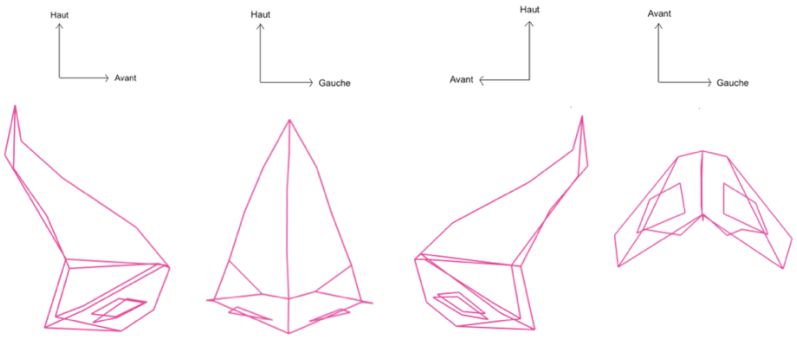


Figure 15 : Représentation 3D de l'individu avec le maximum de variation le long de l'axe CP1

L’individu avec le minimum de variation le long de l’axe de la CP1 était représenté par la *Figure 32.*

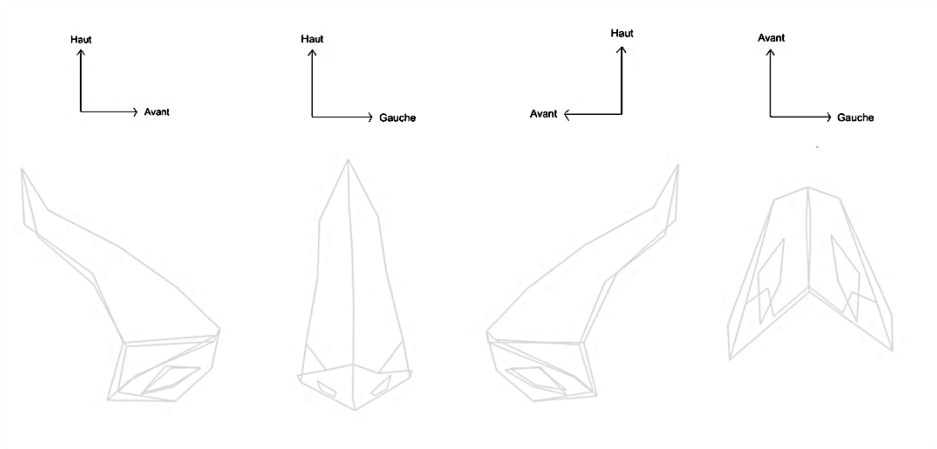


Figure 16 : Représentation 3D de l'individu avec le minimum de variation le long de l'axe CP1

- CP2

L’individu consensus le long de la CP2 était représenté par la *Figure 33*.

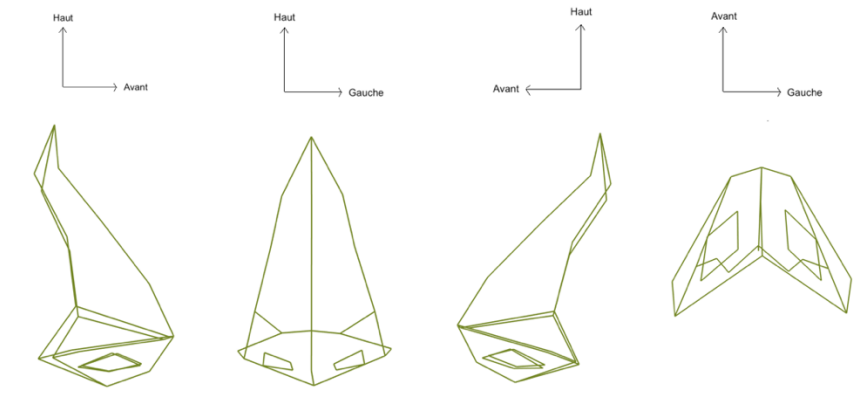


Figure 17 : Représentation 3D de l'individu consensus le long de l'axe de la CP2

L'individu avec le maximum de variation le long de l'axe de la CP2 était représenté par la *Figure 34*.

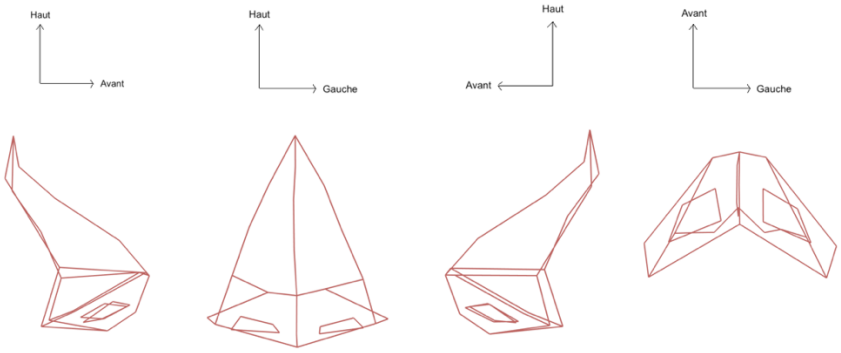


Figure 18 : Représentation 3D de l'individu avec le maximum de variation le long de l'axe CP2

L'individu avec le minimum de variation le long de l'axe de la CP2 était représenté par la *Figure 35.*

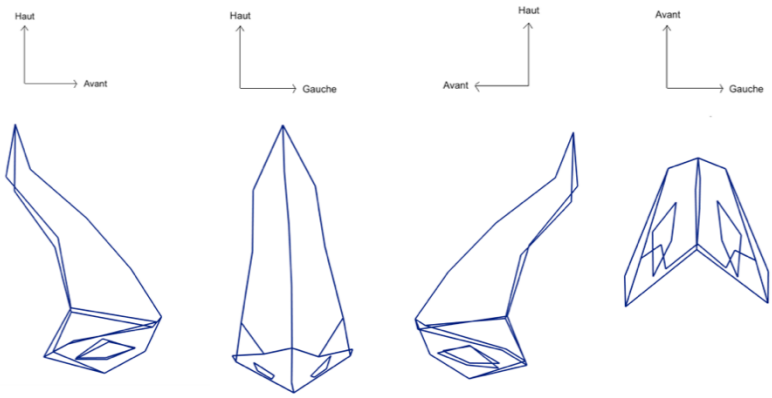


Figure 19 : Représentation 3D de l'individu avec le minimum de variation le long de l'axe CP2

3.4. Partitionnement de la population (clusterisation)

3.4.1 Nombre de clusters

Afin de proposer une classification des dysmorphoses nasales au sein de notre population, nous avions déterminé des groupes homogènes de patients : les clusters. Les groupes sont constitués à partir des coordonnées issues de la superposition procuste généralisée des points repères cutanés (résidus procustes de chaque patient). Le nombre de clusters a été défini d'après la règle du coude et représente le maximum de variabilité, ici représenté par le gain d'inertie entre chaque groupe (*Figure 36*).

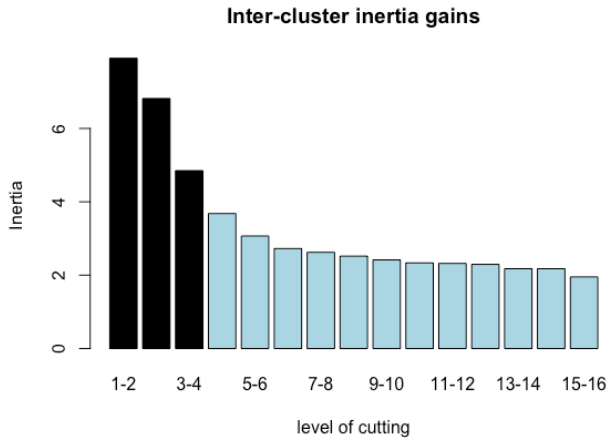


Figure 20 : Nombre de clusters déterminé par la règle du coude. On retient 4 clusters dans notre étude.

Nous avions retenu le nombre de 4 clusters pour notre étude.

Le niveau de coupe définissant les 4 groupes pouvait être illustré sous la forme d'un dendrogramme qui montrait les relations existantes entre chaque individu (*Figure 37*).

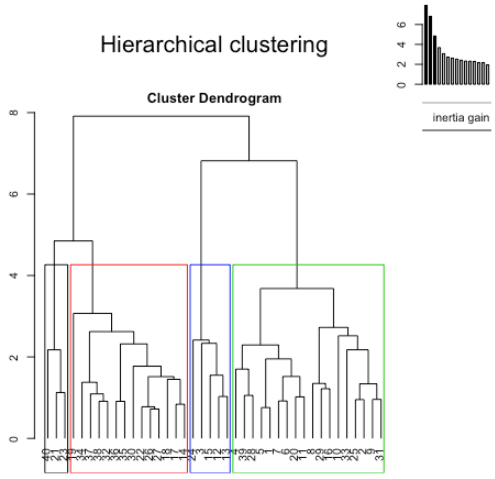


Figure 21 : Dendrogramme avec le niveau de coupe définissant les 4 clusters

Le cluster 1 était représenté en noir, le cluster 2 en rouge, le cluster 3 en bleu et le cluster 4 en vert.

Une représentation orthogonale de la répartition des conformations pour chaque cluster était illustrée par la *Figure 38*.

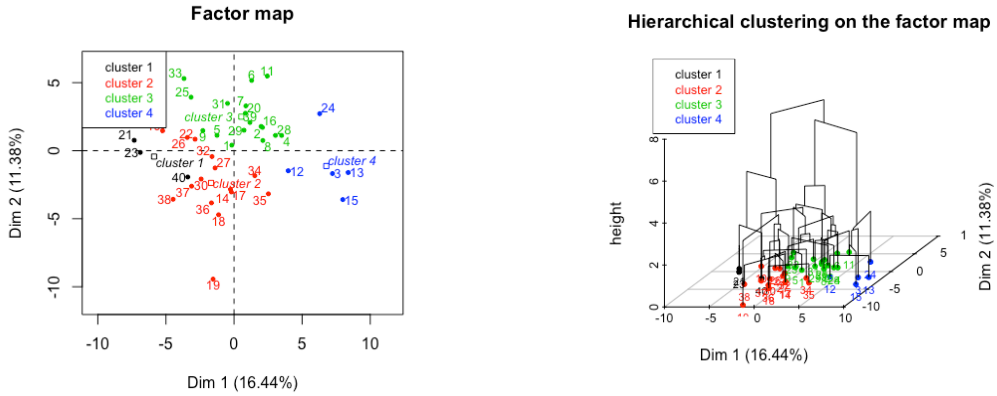


Figure 22 : Répartition des conformations pour chaque cluster
Cluster 1 : noir ; Cluster 2 : rouge ; Cluster 3 : bleu ; Cluster 4 : vert

3.4.2. ACP et conformations 3D

Pour chaque cluster, nous avions réalisé une ACP et nous avions modélisé les conformations 3D des pyramides nasales le long de l'axe de la première composante pour les individus consensus et les individus représentant le maximum et le minimum de variance.

- Cluster 1

Le cluster 1 contenait 3 individus.

La superposition procuste des conformations de chaque individu était illustré par la *Figure 39.*

Figure 23 : Superposition procuste des conformations du cluster 1

La composante principale 1 représentait 70% de la variabilité (*Figure 40*).

Importance of components:

	PC1	PC2	PC3
Standard deviation	10.0403	6.5644	7.597e-15
Proportion of Variance	0.7005	0.2995	0.000e+00
Cumulative Proportion	0.7005	1.0000	1.000e+00

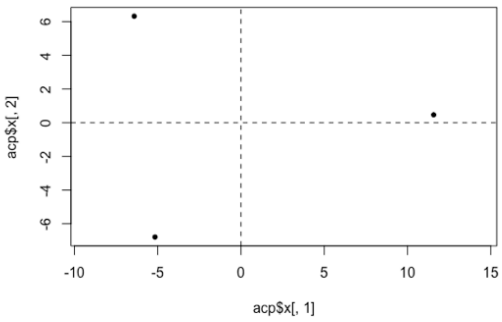


Figure 24 : Proportion de variance pour chaque composante principale et représentation orthogonale des individus du cluster 1 en fonction de CP1 et CP2

Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 étaient illustrées dans les *Figures 41, 42* et *43*.

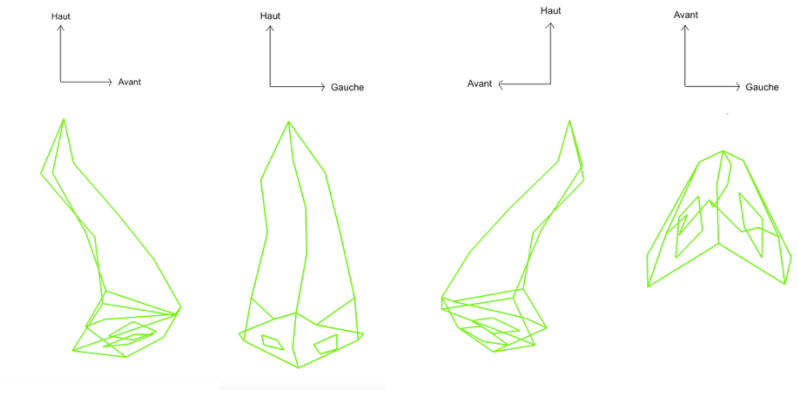


Figure 25 : Conformation 3D consensus du cluster 1

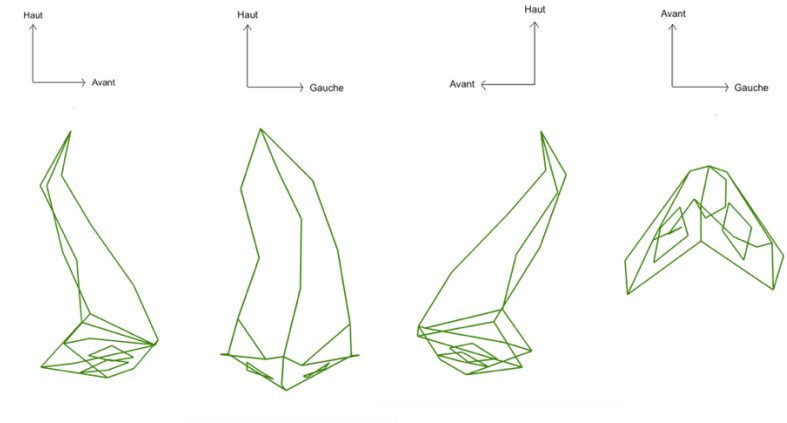


Figure 26 : Conformation 3D maximum du cluster 1

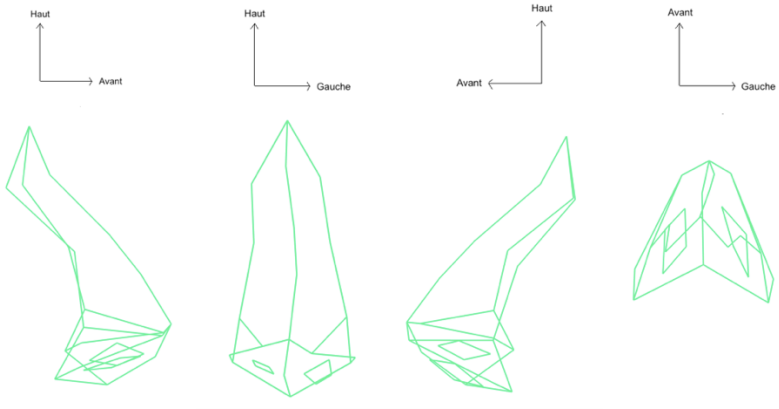


Figure 27 : Conformation 3D minimum du cluster 1

- Cluster 2

Le cluster 2 contenait 14 individus.

La superposition procuste des conformations de chaque individu était illustré par la *Figure 44*.

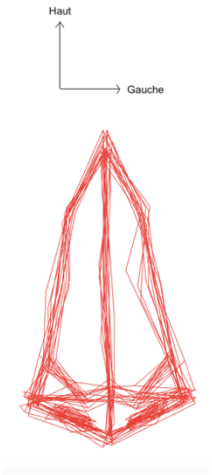


Figure 28 : Superposition procuste des conformations du cluster 2

La composante principale 1 représentait 22% de la variabilité (*Figure 45*).

```
Importance of components:
                          PC1    PC2    PC3    PC4    PC5    PC6    PC7    PC8    PC9
Standard deviation     5.2890 4.6917 3.8106 3.6831 3.43136 2.86704 2.62165 2.36524 1.99219
Proportion of Variance 0.2224 0.1750 0.1154 0.1079 0.09361 0.06535 0.05464 0.04448 0.03155
Cumulative Proportion  0.2224 0.3974 0.5129 0.6207 0.71430 0.77966 0.83430 0.87878 0.91033
                          PC10    PC11    PC12    PC13      PC14
Standard deviation     1.88516 1.74882 1.60240 1.44870 5.066e-15
Proportion of Variance 0.02825 0.02432 0.02041 0.01669 0.000e+00
Cumulative Proportion  0.93859 0.96290 0.98331 1.00000 1.000e+00
```

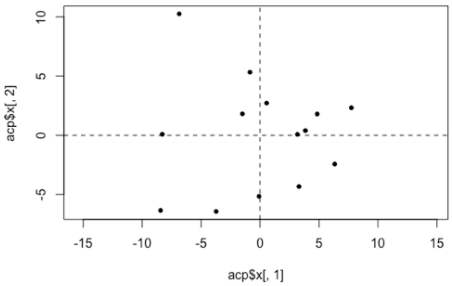


Figure 29 : Proportion de variance pour chaque composante principale et représentation orthogonale des individus du cluster 2 en fonction de CP1 et CP2

Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 étaient illustrées dans les *Figures 46, 47* et *48*.

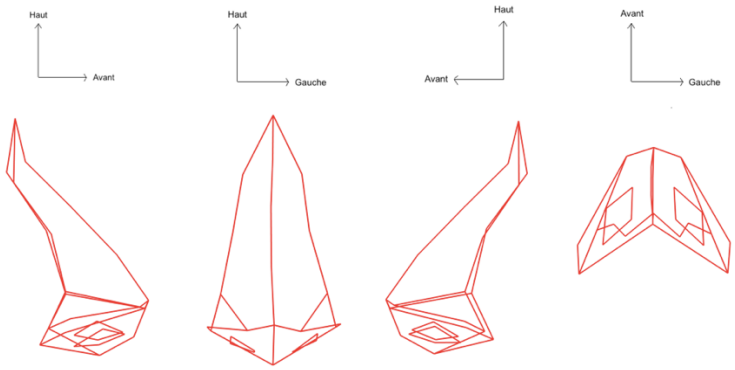


Figure 30 : Conformation 3D consensus du cluster 2

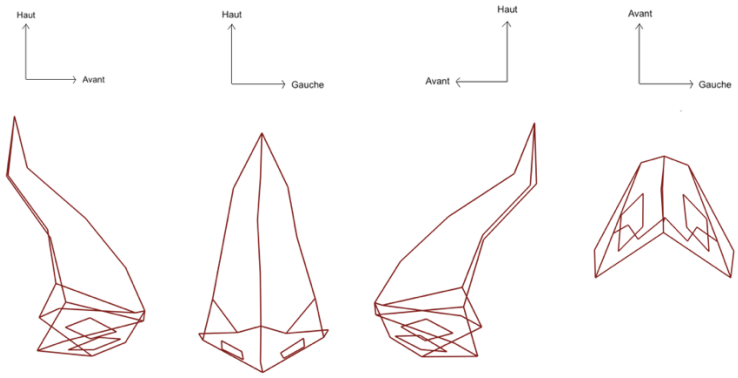


Figure 31 : Conformation 3D maximum du cluster 2

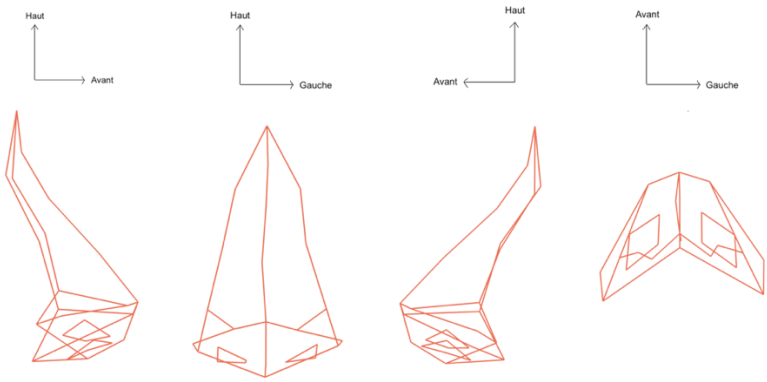


Figure 32 : Conformation 3D minimum du cluster 2

- Cluster 3

Le cluster 3 contenait 5 individus.

La superposition procuste des conformations de chaque individu était illustrée par la *Figure 49*.

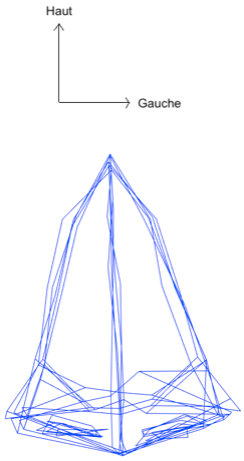


Figure 33 : Superposition procuste des conformations du cluster 3

La composante principale 1 représentait 35% de la variabilité (*Figure 50*)

```
Importance of components:
                          PC1    PC2    PC3   PC4       PC5
Standard deviation     6.8498 6.5713 5.1099 4.277 5.803e-15
Proportion of Variance 0.3488 0.3211 0.1941 0.136 0.000e+00
Cumulative Proportion  0.3488 0.6699 0.8640 1.000 1.000e+00
```

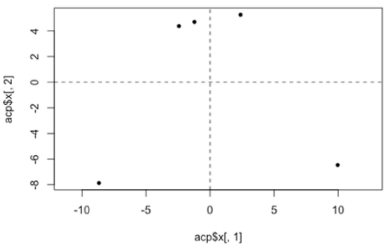


Figure 34 : Proportion de variance pour chaque composante principale et représentation orthogonale des individus du cluster 3 en fonction de CP1 et CP2

Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 étaient illustrées dans les *Figures 51, 52* et *53*.

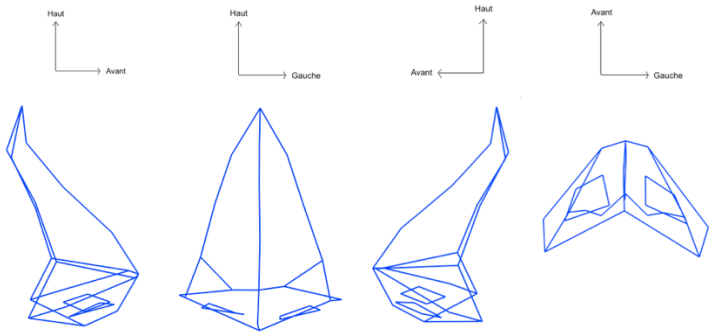


Figure 35 : Conformation 3D consensus du cluster 3

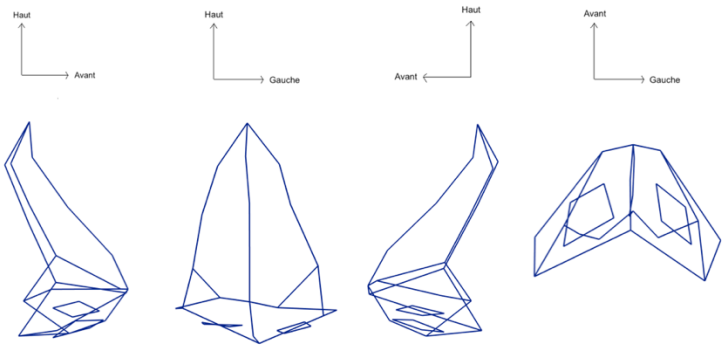


Figure 36 : Conformation 3D maximum du cluster 3

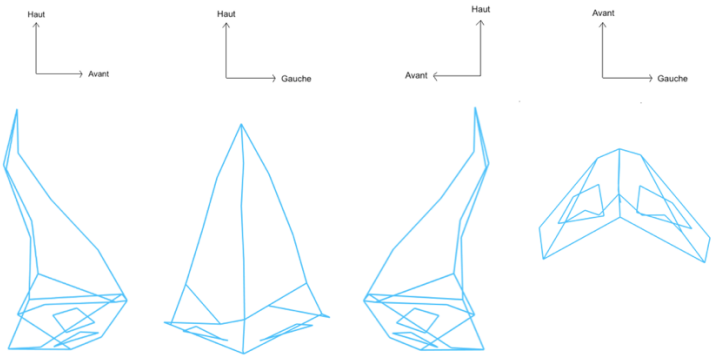


Figure 37 : Conformation 3D minimum du cluster 3

- Cluster 4

Le cluster 4 contenait 18 individus.

La superposition procuste des conformations de chaque individu était illustré par la *Figure 54*.

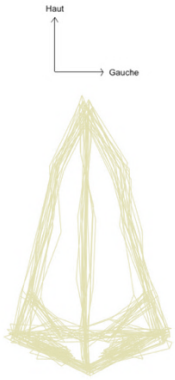


Figure 38 : Superposition procuste des conformations du cluster 4

La composante principale 1 représentait 18% de la variabilité (*Figure 55*).

```
Importance of components:
                          PC1    PC2    PC3     PC4     PC5     PC6     PC7     PC8
Standard deviation     4.9625 4.5668 4.2872 3.57866 3.45028 2.94404 2.62831 2.46062
Proportion of Variance 0.1795 0.1520 0.1340 0.09336 0.08678 0.06319 0.05036 0.04414
Cumulative Proportion  0.1795 0.3316 0.4656 0.55893 0.64572 0.70890 0.75926 0.80340
                          PC9    PC10    PC11    PC12    PC13    PC14    PC15    PC16
Standard deviation     2.29886 2.19354 2.05944 1.8776 1.67848 1.55552 1.36691 1.12819
Proportion of Variance 0.03853 0.03508 0.03092 0.0257 0.02054 0.01764 0.01362 0.00928
Cumulative Proportion  0.84193 0.87701 0.90793 0.9336 0.95417 0.97181 0.98543 0.99471
                          PC17          PC18
Standard deviation     0.85222 4.529e-15
Proportion of Variance 0.00529 0.000e+00
Cumulative Proportion  1.00000 1.000e+00
```

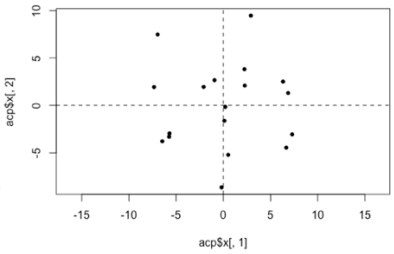


Figure 39 : Proportion de variance pour chaque composante principale et représentation orthogonale des individus du cluster 4 en fonction de CP1 et CP2

Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 étaient illustrées dans les *Figures 56, 57* et *58*.

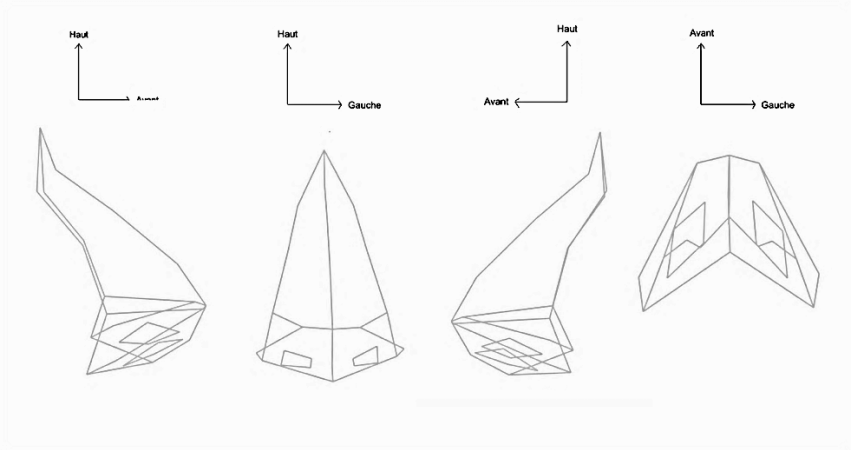


Figure 40 : Conformation 3D consensus du cluster 4

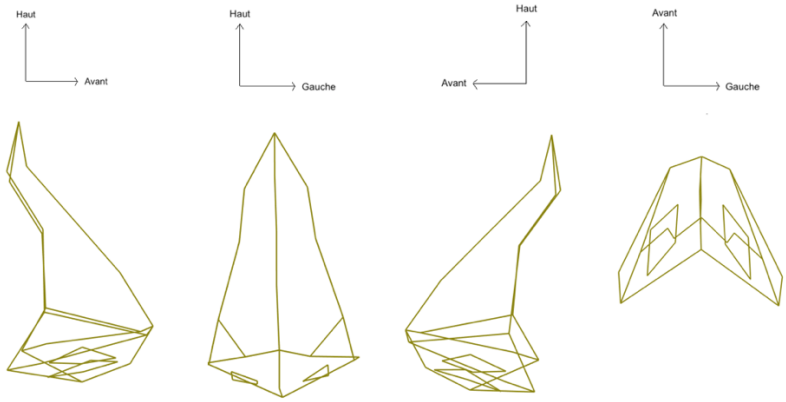


Figure 41 : Conformation 3D maximum du cluster 4

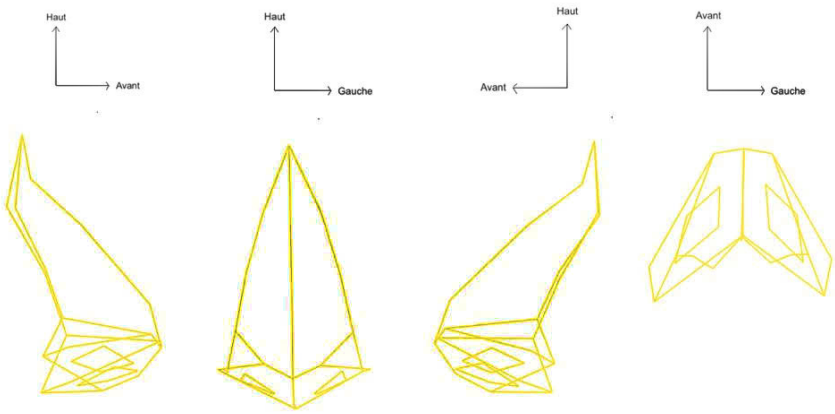


Figure 42 : Conformation 3D minimum du cluster 4

3.5. Recherche d'une corrélation entre landmarks osseux et cutanés

La mesure des distances a été réalisée pour chaque patient et une étude de corrélation a été réalisée avec le logiciel R® (*Figure 59*).

```
Call:
lm(formula = df$Distance.entre.1.et.2 ~ df$Distance.entre.3.et.barycentre)

Residuals:
     Min       1Q   Median       3Q      Max
-5.6006 -1.7778  0.4377  1.1122  6.1872

Coefficients:
                                 Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)                       38.8056     2.8886  13.434  5.2e-16 ***
df$Distance.entre.3.et.barycentre  0.6901     0.2384   2.895  0.00625 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.522 on 38 degrees of freedom
  (3 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.1807,  Adjusted R-squared:  0.1592
F-statistic: 8.382 on 1 and 38 DF,  p-value: 0.006248
```

Figure 43 : Étude de corrélation des distances rhinion-prosthion et point centroïde-pointe du nez sous R®

Nous avions mis en évidence que la distance entre le point centroïde du rhinion et du prosthion et la pointe du nez était statistiquement corrélée ($p<0,05$) de façon positive à la distance entre le rhinion et le prosthion. Le coefficient de corrélation était de 0,6901. Il existait donc une corrélation entre la position des 2 points repères osseux de l'orifice piriforme et la position de la pointe du nez : plus la hauteur de l'orifice piriforme était grande et plus la projection de la pointe du nez était augmentée. Nous avions visualisé cette corrélation sous la forme d'une droite de régression linéaire illustrant la relation positive entre les deux distances (*Figure 60*).

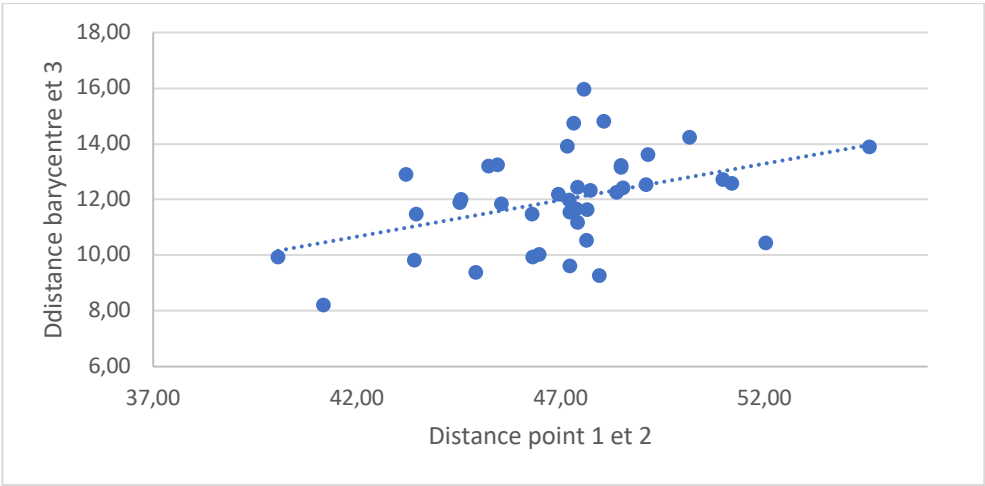


Figure 60 : Droite de régression linéaire illustrant la corrélation positive entre les deux distances

3.6. Synthèse des résultats

Validation des landmarks

La variabilité intra-observateur s'élevait à 9% pour les landmarks osseux et à 10% pour les landmarks cutanés.

La variabilité inter-observateur s'élevait à 13% pour les landmarks osseux et à 24% pour les landmarks cutanés.

Application de la MG à l'analyse de la pyramide nasale

Nous avions mis en évidence 4 clusters présentant des conformations similaires de la pyramide nasale au sein de notre population de 40 patients opérés de rhinoplastie.

Recherche de corrélation entre landmarks osseux et cutanés

Il existait une corrélation positive statistiquement positive entre les landmarks de l'orifice piriforme et les landmarks de ma pointe du nez :

Plus la hauteur de l'orifice piriforme était grande, plus la projection de la pointe était augmentée.

4. Discussion

Cette étude a permis de répondre aux deux objectifs principaux fixés en introduction : proposer une application de la MG à l'analyse des dysmorphoses nasales et rechercher une corrélation entre des points osseux et cutanés au niveau de la pyramide nasale.

La difficulté d'analyse de la pyramide nasale réside dans son côté subjectif. Notre étude était la première à proposer une analyse objective de la conformation de la pyramide nasale à l'aide de la MG et des analyses statistiques qui lui sont appliquées.

A partir des 40 patients inclus dans cette étude, nous avions défini 10 landmarks osseux et 27 landmarks cutanés. Les landmarks osseux avaient été validés dans la littérature et les résultats de notre étude étaient concordants. Les landmarks cutanés ont été validés au cours de notre travail.

Par l'utilisation de la superposition procuste, de l'ACP et de la clusterisation des individus de notre étude, nous avions été en mesure de déterminer les conformations des pyramide nasales et de les classer en 4 clusters distincts.

Le cluster1 représentait les nez présentant une déviation frontale importante, le cluster 2 les nez présentant une déviation frontale plus légère, le cluster 3 les nez larges avec asymétrie de la pointe et le cluster 4 les nez avec cyphose dorsale. Ces dysmorphoses sont rencontrées en pratique clinique et correspondent aux demandes les plus fréquentes des patients en pratique clinique[15].

Les résultats de cette étude étaient à mettre en balance avec plusieurs éléments.

La puissance de l'étude était limitée du fait du nombre de patients inclus. On se rend compte que pour certains clusters le nombre de patients représentatifs du groupe était faible. On peut estimer qu'un échantillon plus important permettrait d'obtenir une robustesse statistique et de confirmer les résultats de cette étude.

Le nombre de landmarks définis au niveau de la pyramide nasale pouvait-être insuffisant si l'on souhaite obtenir une conformation plus anatomique de la région de la pointe. Cette sous-unité esthétique du nez présente des variations dont l'illustration à travers des points repères devra probablement faire appel au concept de semi-landmarks ou « points repères glissants »[16]. Ainsi, la classification des dysmorphoses pourrait être plus précise concernant cette région.

Une utilisation possible des résultats serait de les corréler avec les échelles d'évaluation des dysmorphoses nasales existantes dans la littérature et avec les principales techniques chirurgicales de correction en rhinoplastie[17]. On pourrait ainsi déterminer une prise en charge de la correction esthétique du patient à partir des données issues de la classification qu'on a établi et les données des échelles d'hétéro-évaluation.

Malgré cela, les résultats de notre étude étaient encourageants et nous ont poussé à réitérer la méthode sur un échantillon plus important afin d'affiner notre classification.

L'autre objectif de notre étude était de rechercher une corrélation entre les points osseux de l'orifice piriforme et les points cutanés de la pyramide nasale.

Cet objectif prend naissance dans une interrogation anthropologique : peut-on estimer à partir d'un crâne humain la conformation qu'avait le nez de son vivant ?

Des études récentes ont montré l'intérêt d'estimer la position de la pointe du nez par rapport à l'orifice piriforme. Leurs résultats étaient concluants avec une estimation très proche de la réalité. Les auteurs utilisaient des techniques de morphométrie traditionnelle avec mesures d'angles. Nous sommes partis de ce constat pour essayer de prouver de façon statistique et à partir des données procustes, que ce postulat était vrai.

Nos résultats montraient qu'il existe effectivement une corrélation positive entre la position de ces points. Plus l'orifice piriforme était grand (en hauteur) et plus la pointe du nez était projetée en avant. Cette relation était statistiquement significative ($p<0,05$) pour les 40 individus de l'étude. Cependant, si on soustrait les patients qui présentent les données les plus extrêmes (4

individus au total), nos résultats montraient toujours une corrélation positive qui devenait statistiquement non significative. Cela était probablement dû au manque de puissance de l'étude. Une autre limite pouvait être la modification de la conformation du nez au cours de la vie et notamment au niveau des cartilages qui pourrait être un facteur de confusion[18]. Si la position de ces points est corrélée, on est donc capable de prévoir en fonction des coordonnées des points osseux, la position des points cutanés. Une étude plus poussée sur le sujet pourrait être intéressante pour étudier ce postulat sur d'autres points cutanés que la pointe du nez et proposer un vrai algorithme d'estimation de la conformation du nez à partir des restes osseux. Ce type d'étude pourrait trouver sa place dans le cadre de l'anthropologie médico-légale comme outil supplémentaire à l'identification d'un individu à partir de ses restes osseux.

5. Conclusion

L'application de la MG nous a permis, à partir des reconstructions tridimensionnelles issues de la pyramide nasale des 40 patients de notre population, de définir 4 clusters ou groupes de patients présentant des conformations homogènes. Une étude comportant un nombre plus important de patients permettrait de confirmer les résultats de ce travail et de proposer une classification des dysmorphoses de la pyramide nasale.

D'un point de vue anthropologique, la recherche d'une corrélation entre les points repères osseux et cutanés de la pointe du nez a mis en évidence une relation statistiquement significative : plus la hauteur de l'orifice piriforme est grande et plus la projection de la pointe du nez est augmentée.

Bibliographie

1. Jang, Y. J., Wang, J. H. & Lee, B.-J. Classification of the deviated nose and its treatment. *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg.* **134**, 311–315 (2008).
2. Pribitkin, E. A. & Ezzat, W. H. Classification and treatment of the saddle nose deformity. *Otolaryngol. Clin. North Am.* **42**, 437–461 (2009).
3. Guyuron, B. & Behmand, R. A. Alar base abnormalities. Classification and correction. *Clin. Plast. Surg.* **23**, 263–270 (1996).
4. Aung, S. C., Foo, C. L. & Lee, S. T. Three-dimensional laser scan assessment of the Oriental nose with a new classification of Oriental nasal types. *Br. J. Plast. Surg.* **53**, 109–116 (2000).
5. Farkas, L. G. *et al.* International anthropometric study of facial morphology in various ethnic groups/races. *J. Craniofac. Surg.* **16**, 615–646 (2005).
6. Li, K. *et al.* Anthropometric nasal analysis of Han Chinese young adults. *J. Cranio-Maxillo-fac. Surg. Off. Publ. Eur. Assoc. Cranio-Maxillo-fac. Surg.* **42**, 153–158 (2014).
7. Mehta, N. & Srivastava, R. K. The Indian nose: An anthropometric analysis. *J. Plast. Reconstr. Aesthetic Surg. JPRAS* **70**, 1472–1482 (2017).
8. Dong, Y., Zhao, Y., Bai, S., Wu, G. & Wang, B. Three-dimensional anthropometric analysis of the Chinese nose. *J. Plast. Reconstr. Aesthetic Surg. JPRAS* **63**, 1832–1839 (2010).
9. Tuncel, U., Turan, A. & Kostakoğlu, N. Digital anthropometric shape analysis of 110 rhinoplasty patients in the Black Sea Region in Turkey. *J. Cranio-Maxillo-fac. Surg. Off. Publ. Eur. Assoc. Cranio-Maxillo-fac. Surg.* **41**, 98–102 (2013).
10. Utsuno, H. *et al.* Pilot study to establish a nasal tip prediction method from unknown human skeletal remains for facial reconstruction and skull photo superimposition as applied to a Japanese male population. *J. Forensic Leg. Med.* **38**, 75–80 (2016).
11. Tedeschi-Oliveira, S. V., Beaini, T. L. & Melani, R. F. H. Forensic facial reconstruction: Nasal projection in Brazilian adults. *Forensic Sci. Int.* **266**, 123–129 (2016).
12. Moreddu, E. *et al.* Morphometric measurements and sexual dimorphism of the piriform aperture in adults. *Surg. Radiol. Anat. SRA* **35**, 917–924 (2013).
13. Bookstein, F. L. Foundation of Morphometrics. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 451–70 (1982).
14. Bookstein, F. L. The Measurement of Biological Shape and Shape Change. *Lect. Notes Biomath.* **24**, (1978).
15. Constantian, M. B. Four common anatomic variants that predispose to unfavorable rhinoplasty results: a study based on 150 consecutive secondary rhinoplasties. *Plast. Reconstr. Surg.* **105**, 316–331; discussion 332-333 (2000).
16. Gunz, P., Mitteroecker, P. & Bookstein, F. Semilandmarks in Three Dimensions. in *Modern Morphometrics in Physical Anthropology* 73–98 (2005). doi:10.1007/0-387-27614-9_3
17. Radulesco, T. *et al.* The MiRa scale, a new standardised scale for evaluating nasal deformities before and after septorhinoplasty: A prospective study comparing patient satisfaction and the surgeon's assessment. *Clin. Otolaryngol. Off. J. ENT-UK Off. J. Neth. Soc. Oto-Rhino-Laryngol. Cervico-Facial Surg.* **42**, 1350–1357 (2017).
18. Sforza, C., Grandi, G., De Menezes, M., Tartaglia, G. M. & Ferrario, V. F. Age- and sex-related changes in the normal human external nose. *Forensic Sci. Int.* **204**, 205.e1–9

-III-

Application à l'analyse de la pyramide nasale : à propos de 100 cas

1. Introduction

L'analyse de la pyramide nasale est une étape clé avant toute chirurgie esthétique ou esthético-fonctionnelle nasale. Elle guidera la stratégie chirurgicale, en accord avec les attentes du patient. On compte environ 15 000 chirurgies de ce type en France chaque année et elle se situe au 4ème rang mondial des interventions de chirurgie esthétique[13].

Différentes méthodologies d'analyse esthétique de la pyramide nasale existent déjà. L'analyse céphalométrique, à partir de repères cutanés, est un concept, utilisé depuis longtemps, qui permet d'apprécier les proportions et les angles de la ligne de profil [1]. Cependant, selon l'HAS, la céphalométrie ne reste que le « fruit d'un consensus a minima et doit être utilisée avec l'œil critique du scientifique » [14]. Notre équipe a aussi proposé une analyse sur photographie avec analyse systématisée et exhaustive, selon une échelle d'évaluation validée.[15] Cette méthode, rapide, fiable et facile à utiliser, reste cependant subjective.

Nous souhaitions proposer une autre méthode d'analyse de la pyramide nasale totalement objective, par la MG. Cette dernière permet d'étudier les variations morphologiques au sein d'une population par représentation simultanée de tous les spécimens après élimination des facteurs taille, position et d'orientation dans l'espace. Elle a permis la classification phylogénétique des espèces, l'étude du dimorphisme sexuel ou encore l'influence de l'âge et de l'origine biodémographique sur la conformation d'un organe au sein d'une même espèce[16,17]. Pour cela, elle utilise des points repères ou landmarks (x ; y ; z) qui sont placés sur des structures anatomiques osseuses ou cutanées. Par des analyses statistiques (analyses en composantes principales et clusterisation) portant sur les coordonnées 3D de ces points repères il est possible de classer les objets étudiés en fonction de leurs caractéristiques morphologiques communes. Notre équipe a déjà utilisé la MG afin d'étudier la morphologie du septum nasal ou du larynx, avec des résultats concordants avec les données de la littérature utilisant d'autres

méthodologies[3,18]. Aucune étude, à ce jour, n'a utilisé la MG afin d'étudier les conformations de la pyramide nasale.

Le but de ce travail était d'étudier, à l'aide de la méthode de MG, les variations de conformations de la pyramide nasale chez des patients opérés ou non de rhinoseptoplastie. Cette analyse cherchait à obtenir une classification statistique des conformations nasales des patients pris en charge dans notre centre.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Population d'étude

Notre étude a porté sur une population répartie en deux groupes de patients :

- Un groupe « Rhinoplastie » comprenant des individus ayant bénéficié d'un geste de rhinoplastie primaire entre novembre 2009 et aout 2019
- Un groupe « Contrôle »

Les critères d'inclusion étaient les suivants :

- Individus majeurs (>18 ans)
- Geste chirurgical de rhinoplastie primaire (demande esthétique ou esthético-fonctionnelle) pour le Groupe « Rhinoplastie »
- Sélection au sein d'une série consécutive de scanners des troncs supra-aortiques réalisés entre avril et novembre 2013 et anonymisés de façon préalable pour le groupe « Contrôle »
- Réalisation d'un scanner préopératoire dans notre centre pour les patients du groupe « Rhinoplastie » :
    - Réalisé selon le protocole : scanner hélicoïdal multibarettes Siemens Somatom Définition (Siemens Healthcare) ou General Electric Light speed LS 16 Pro (GE) en utilisant les paramètres suivants : 120-Kv, 130 mAs, coupes de 0.6 mm chaque 0.3 mm.
    - Permettant la visualisation complète du massif facial depuis l'extrémité de la pyramide nasale en avant jusqu'au tronc cérébral en arrière et d'une oreille à l'autre latéralement
    - Ne présentant pas d'artefact métallique ni dentaire

Les critères d'exclusion étaient les suivants : individus mineurs, sans scanner préopératoire correspondant au protocole ci-dessus et les individus qui bénéficiaient d'une rhinoplastie secondaire ou tertiaire.

Nous avons pu ainsi réaliser des analyses sur l'ensemble de la population, puis sur les 2 groupes de patients.

2.2. Reconstruction 3D de la pyramide nasale

A partir des données scannographiques du patient (DICOM data), une reconstruction 3D était réalisée grâce au logiciel ITK-Snap®. Les limites de la « Region Of Interest » étaient les suivantes (*Figure 61*) :

- Sur une coupe sagittale :
    - En haut : une coupe passant par la paroi supérieure du sinus frontal
    - En bas : une coupe passant par le bord inférieur des incisives centrales maxillaires
    - En avant : une coupe passant en avant de la pointe du nez
    - En arrière : une coupe passant par la paroi antérieure du sinus sphénoïdal
- Sur une coupe transversale :
    - Latéralement : une coupe passant par les foramens des nerfs infra orbitaires

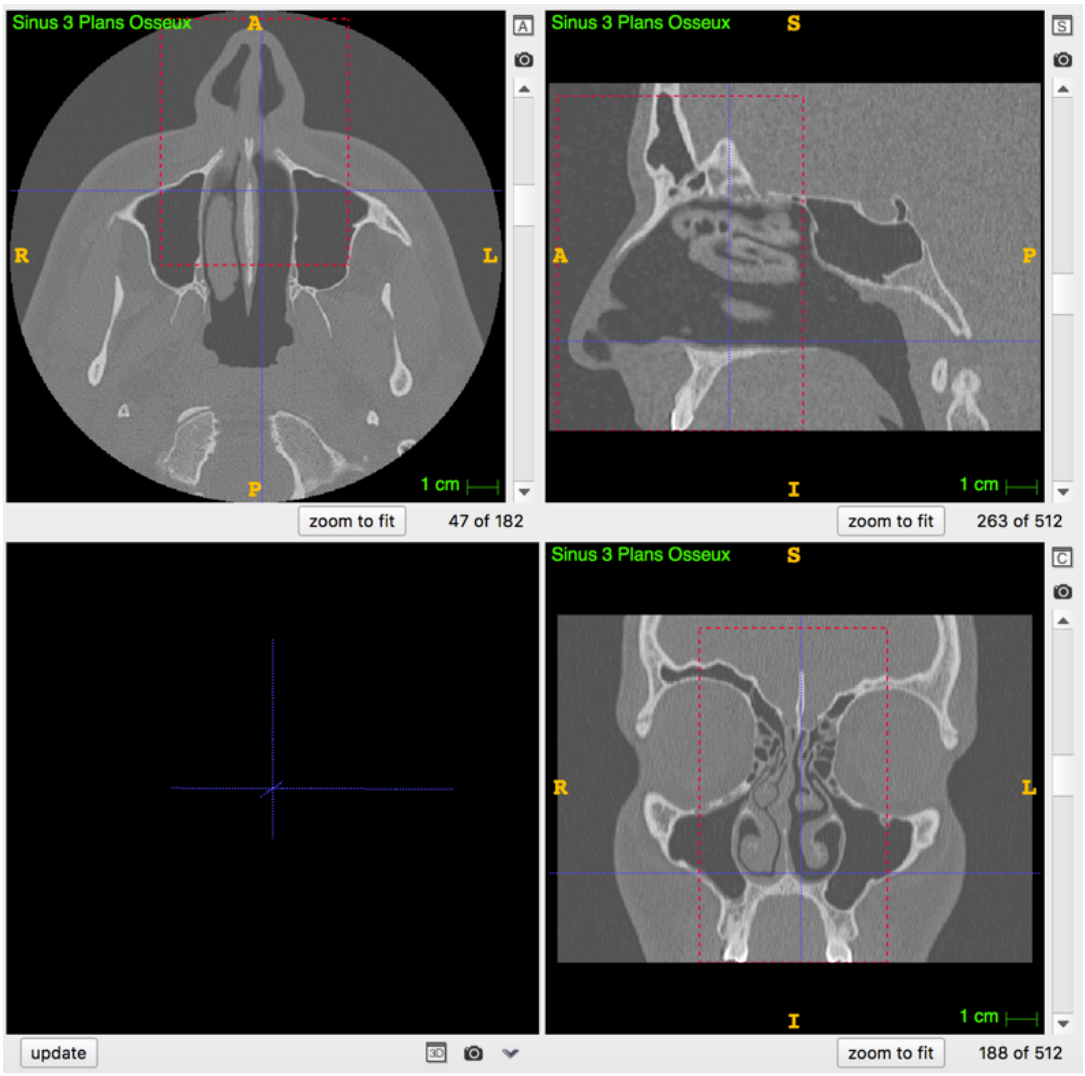


Figure 61. Region of interest (ROI) délimitant la pyramide nasale sur des images scannographiques au format DICOM

Le seuillage était mesuré sur l'histogramme de l'image afin d'obtenir la meilleure différenciation entre les structures des tissus mous (zone blanche) et les structures aériennes (zone bleue) (*Figure 62* et *Figure 63*).

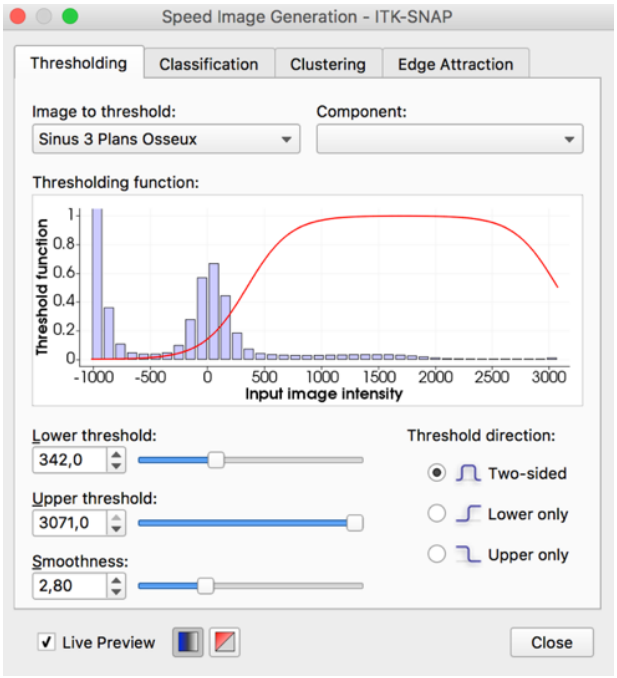


Figure 62. Histogramme de l'image permettant de déterminer le seuil

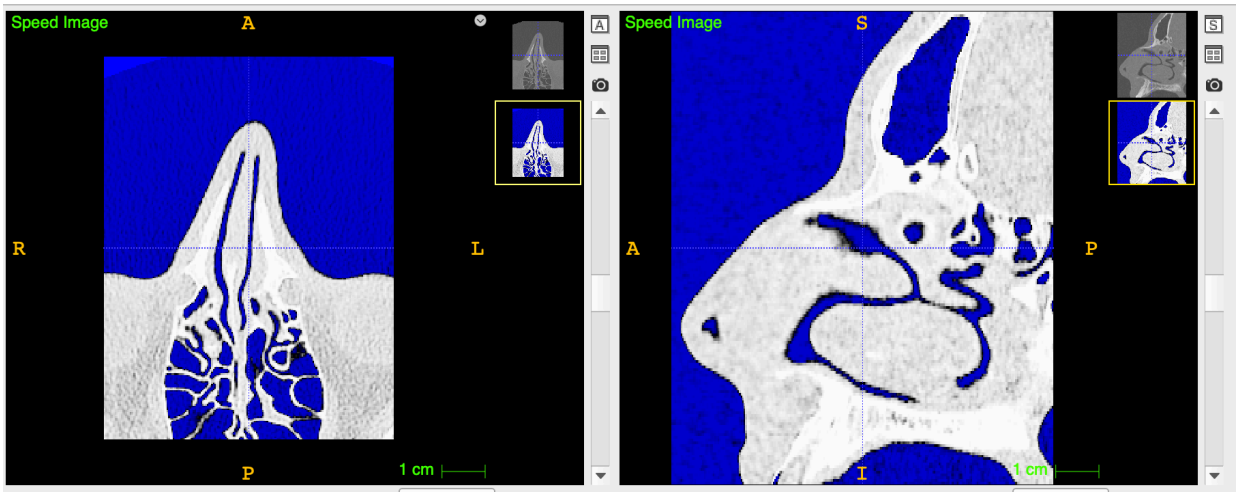


Figure 63. Seuil mettant en évidence la différence entre structures molles (en blanc) et structures aériennes (en bleu)

Ainsi le contour actif se distribuait aux tissus mous cutanés et sous-cutanés et s'arrêtait au niveau des zones aériques (de plus faible gradient). On obtenait ainsi une interface parfaite venant reconstruire le visage du patient (*Figure 64*).

Figure 64. Reconstruction 3D de la pyramide nasale après distribution des contours actifs au sein de la Region Of Interest

Une fois la segmentation réalisée, aucun algorithme de lissage n'a été appliqué afin de respecter la réalité anatomique de chaque individu. Le fichier contenant ce maillage surfacique 3D est alors enregistré au format « .stl » (surface triangularisée, utilisée dans le domaine de la stéréolithographie).

2.3. Sélection et définition des landmarks

Il existe dans la littérature plusieurs articles proposant une définition des landmarks cutanés de la pyramide nasale[19,20]. Nous avions défini au cours de notre étude préliminaire 27 landmarks

cutanés. Ces landmarks avaient été validés par des études de répétabilité et de reproductibilité. Ils sont rappelés dans le *Tableau III*, associés à leur classification selon Bookstein, selon l'ordre dans lequel ils étaient placés sur la reconstruction tridimensionnelle. Certains correspondaient au « nez osseux » : glabelle, nasion, rhinion, angles naso-faciaux du tiers supérieur et du tiers moyen. D'autres, notamment ceux de la pointe du nez, correspondaient au « nez cartilagineux » : supra-pointe, pointe, double-break, base de la columelle, dômes des cartilages latéraux inférieurs, orifices narinaires, points supérieurs et latéraux des crus latérales des cartilages latéraux inférieurs et sillons alo-géniens.

1	Glabelle	III
2	Nasion	II
3	Rhinion	II
4	Supra-pointe (Supra-tip)	II
5	Pointe du nez	II
6	Double-break	II
7	Base de la columelle	II
8	Angle naso-facial droit tiers supérieur	II
9	Angle naso-facial gauche tiers supérieur	II
10	Angle naso-facial droit tiers moyen	II
11	Angle naso-facial gauche tiers moyen	II
12	Dôme du cartilage latéral inférieur droit	II
13	Dôme du cartilage latéral inférieur gauche	II
14	Point postérieur de l'orifice narinaire droit	II
15	Point latéral de l'orifice narinaire droit	II
16	Point antérieur de l'orifice narinaire droit	II

17	Point médial de l'orifice narinaire droit	II
18	Point postérieur de l'orifice narinaire gauche	II
19	Point latéral de l'orifice narinaire gauche	II
20	Point antérieur de l'orifice narinaire gauche	II
21	Point médial de l'orifice narinaire gauche	II
22	Point supérieur du relief de la crus latérale du cartilage latéral inférieur droit	II
23	Point latéral du relief de la crus latérale du cartilage latéral inférieur droit	II
24	Sillon alo-génien droit	II
25	Point supérieur du relief de la crus latérale du cartilage latéral inférieur gauche	II
26	Point latéral du relief de la crus latérale du cartilage latéral inférieur gauche	II
27	Sillon alo-génien gauche	II

Tableau III. Définition des landmarks cutanés. En gris, landmarks du « nez osseux ». Les landmarks sont listés dans l'ordre de pose sur les reconstructions tridimensionnelles.

Les 3 axes principaux d'analyse de la pyramide nasale sont : vue frontale, vues latérales (droite et gauche) et vue basale (*Figure 12*).

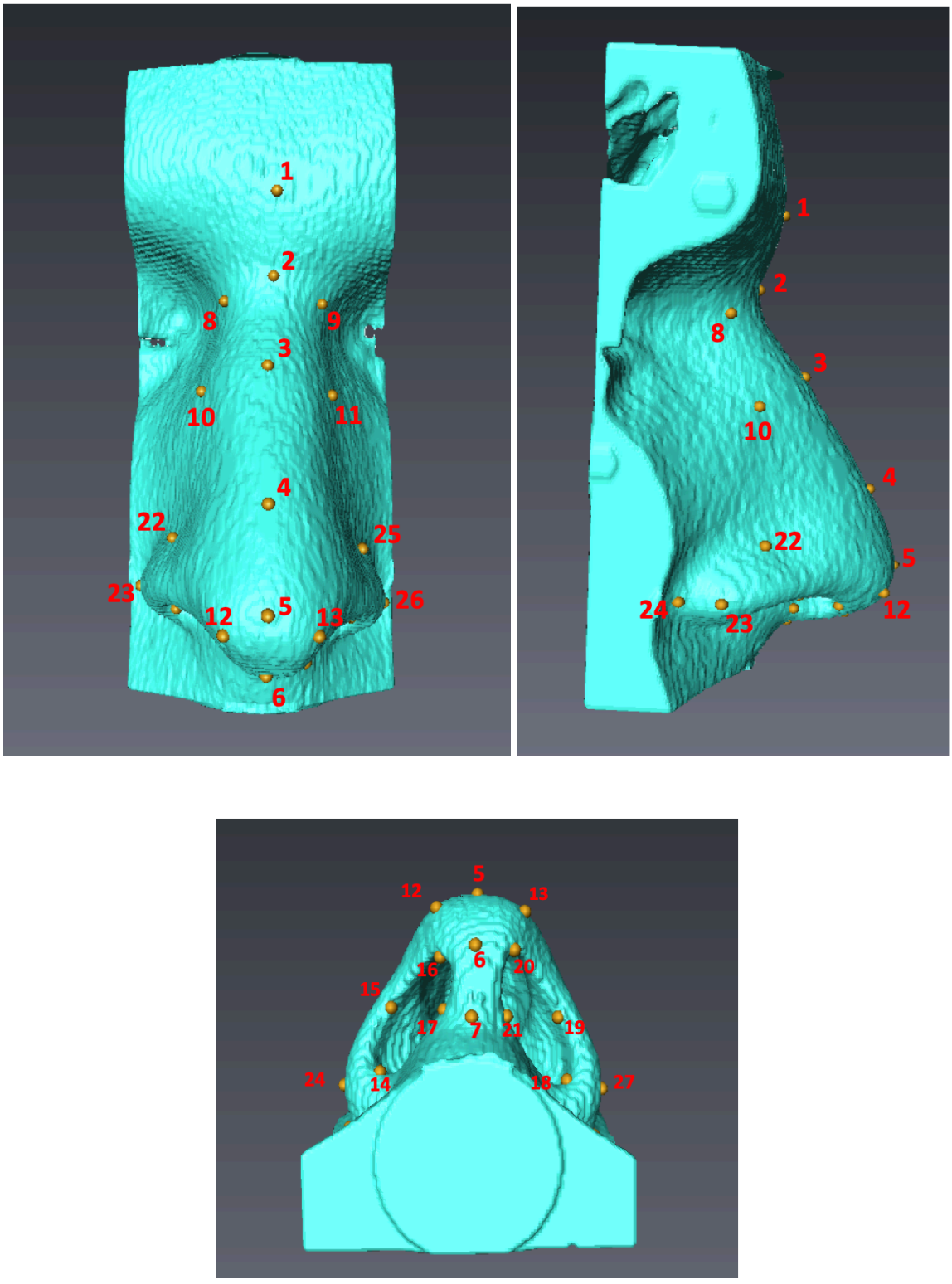


Figure 65. Positionnement des 27 landmarks cutanés sur les reconstructions 3D sur une vue frontale, de latérale droite et une vue basale

Les reconstructions 3D obtenues dans le logiciel itk-SNAP® ont été importées au format «.stl » dans le logiciel Avizo®. Grâce à ce logiciel, nous avons pu placer pour chaque individu les points repères cutanés, toujours dans le même ordre. Chaque point repère est défini par ses trois coordonnées : x, y et z. L'ensemble de coordonnées obtenues pour chaque patient a été enregistrée au format «.landmark.ascii» pour les analyses statistiques.

2.4. Analyses statistiques

2.4.1. Validité des landmarks

Les 27 landmarks ont été validés dans le second chapitre. Nous avons, toutefois, décider de contrôler ces résultats. Pour rappel :

- Répétabilité : part de variabilité due au dispositif de mesure dans le système de mesure.
- Reproductibilité : part de variabilité due aux différences entre les opérateurs dans le système de mesure.

Afin de réaliser ces mesures, nous avons utilisé la méthode des MANOVA Procuste qui détermine la différence entre les observations faites à deux temps séparés. Concernant le calcul de la répétabilité, nous avons tiré au sort 10 patients et recommencé la pose des 27 landmarks à 1 mois d'intervalle. Nous avons appliqué ce protocole de façon plus localisé au niveau des landmarks de la pointe du nez et sur les landmarks du nez osseux. Concernant le calcul de la reproductibilité, nous avons tiré au sort 10 patients et demandé à un observateur extérieur, qui maîtrisait l'objet de mesure, de réaliser la pose des 27 landmarks. L'outil MANOVA Procuste permet à partir des coordonnées obtenues de mesurer la variabilité liée à la pose des landmarks et ainsi obtenir le pourcentage d'erreur.

2.4.2. Partitionnement de la population d'étude (clustering)

Il a été possible dans notre étude de réaliser un partitionnement de la population au sein de chaque groupe, regroupant les pyramides nasales présentant des caractéristiques morphologiques similaires. Les résidus procustes obtenus après superposition ont été utilisés. Il s'agissait des données issues des 27 landmarks cutanés et permettant d'obtenir une conformation de la pyramide nasale. A l'aide du logiciel R® et de la fonction HCPC du package FactomineR, nos individus ont pu être classés en fonction de leur distance statistique, matérialisant leur différence morphologique au sein d'un arbre appelé dendrogramme. Le nombre de clusters a été déterminé par la règle du coude : sur l'éboulis des valeurs propres, on observe un décrochement (coude) suivi d'une décroissance régulière. On sélectionne les axes avant le décrochement. (*Figure 13*)

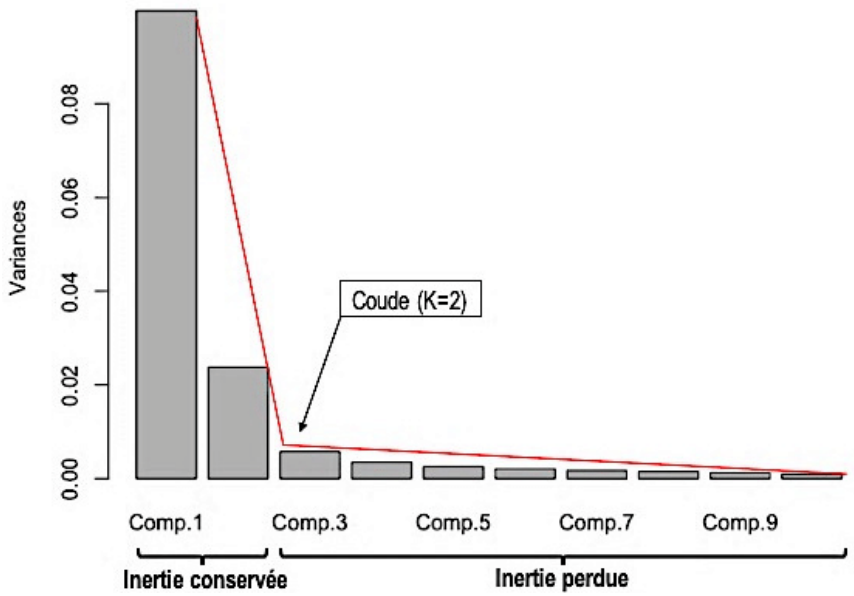


Figure 66. Illustration du coude sur l'éboulis des valeurs. Ici on sélectionne les 2 premiers axes dont l'inertie est conservée.

2.4.3 ACP et analyse visuelle

Une ACP a été réalisée dans chaque cluster. Elle a permis d'identifier les axes expliquant le maximum de variance. Nous avons sélectionné la composante principale n°1 (CP1) et nous avons reconstruit en 3D les conformations des pyramides nasales des sujets consensus et de ceux représentant les maximums et minimums de variation le long de cet axe. Nous avons ensuite pratiqué une analyse visuelle descriptive sur ces conformations afin de déterminer les dysmorphoses mises en évidence dans chaque cluster. Afin d'illustrer nos résultats, nous avons associé des photos d'individus correspondant aux dysmorphoses retrouvées.

3. Résultats

3.1. Population de l'étude

Nous avons inclus dans notre étude 100 patients qui répondaient aux critères d'inclusion. Cinquante patients ont été inclus dans chacun des groupes. Tous les examens étaient anonymisés. L'âge moyen de la population globale était de 38 ± 18,6 ans. L'âge moyen du groupe « Rhinoplastie » était de 26 ± 6,2 ans et l'âge moyen du groupe « Contrôle » était de 49,9 ± 19,2 ans. La différence entre les âges des deux groupes était statistiquement significative ($p<0.01$). Le sex-ratio de la population globale était de 0,78. Le sex-ratio du groupe « Rhinoplastie » était de 0,56. Le sex-ratio du groupe « Contrôle » était de 1,08.

3.2. Validité des landmarks

A l'aide de l'outil MANOVA Procuste, nous avons estimé les pourcentages d'erreur liés à la pose des landmarks cutanés.

La variabilité intra-observateur sur l'ensemble des landmarks était de à 10% (16% pour le nez cartilagineux, 6% pour le nez osseux).

La variabilité inter-observateur s'élevait à 24% pour l'ensemble des landmarks.

3.3. Analyses statistiques et visuelles des conformations

3.3.1. Population totale (n=100)

Nombre de clusters

Nous avons retrouvé 4 clusters d'après la règle du coude (*Figure 67*). Le niveau de coupe définissant les 4 groupes peut être illustré sous la forme d'un dendrogramme qui montre les relations existantes entre chaque individu (*Figure 68*).

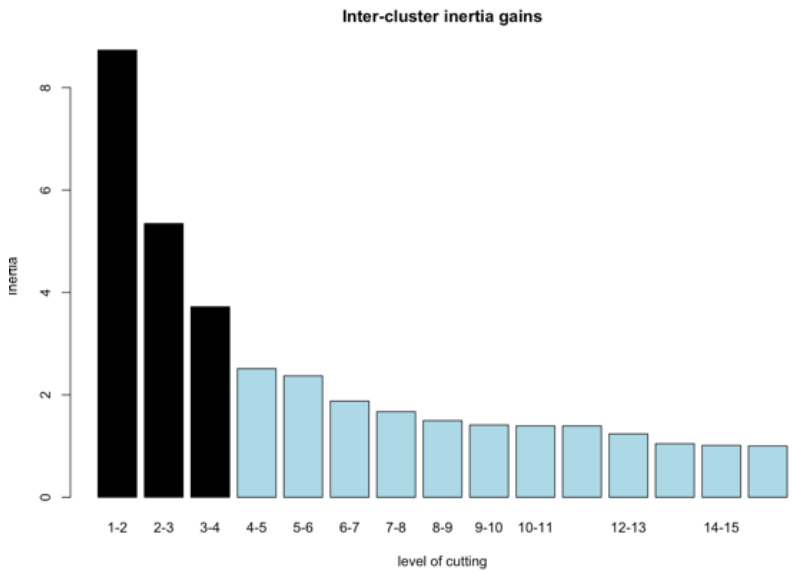


Figure 67. Gain d'inertie des valeurs retrouvant, selon la règle du coude, 4 clusters dans la population totale

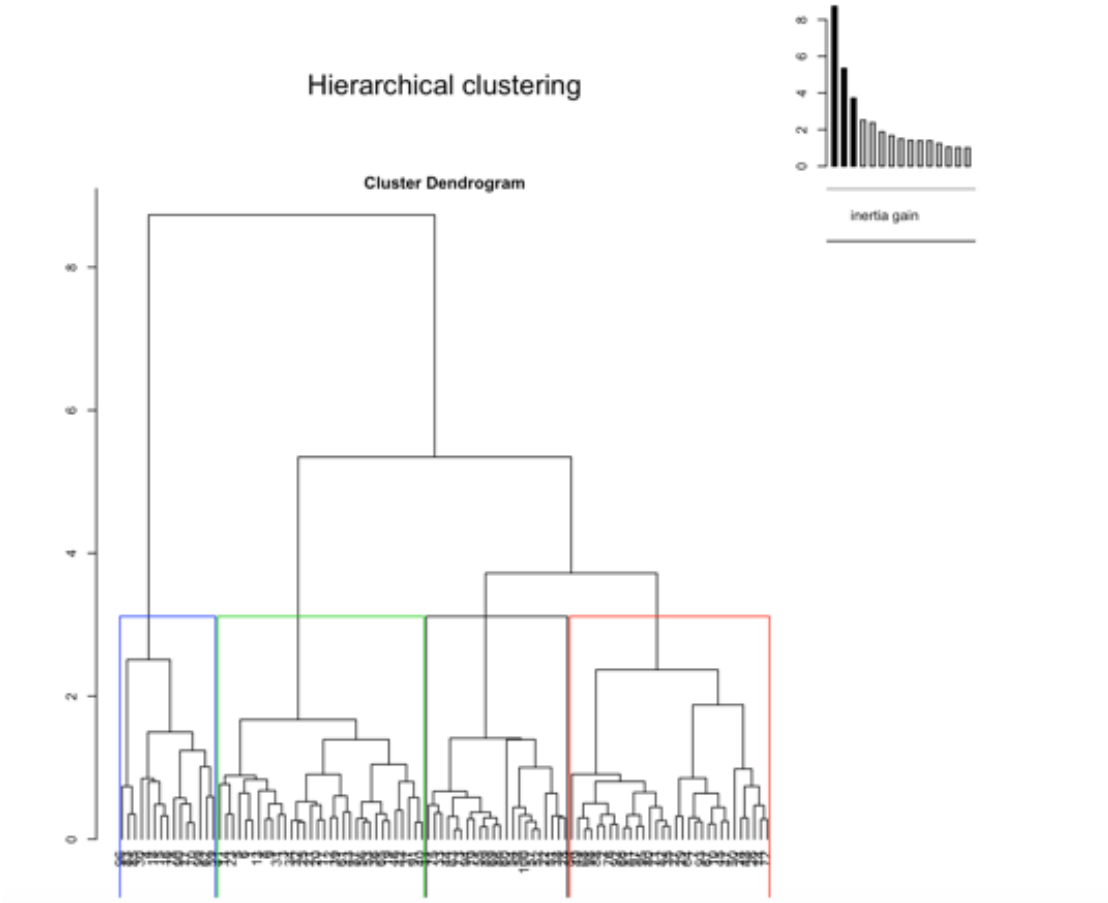


Figure 68. Dendrogramme illustrant le niveau de coupe et sélectionnant les individus dans 4 clusters 1 : noir ; 2 : rouge ; 3 : vert ; 4 ; bleu

Le cluster 1 est représenté en noir, le cluster 2 en rouge, le cluster 3 en vert et le cluster 4 en bleu. Une représentation orthogonale de la répartition des conformations pour chaque cluster est illustrée par la *Figure 69*.

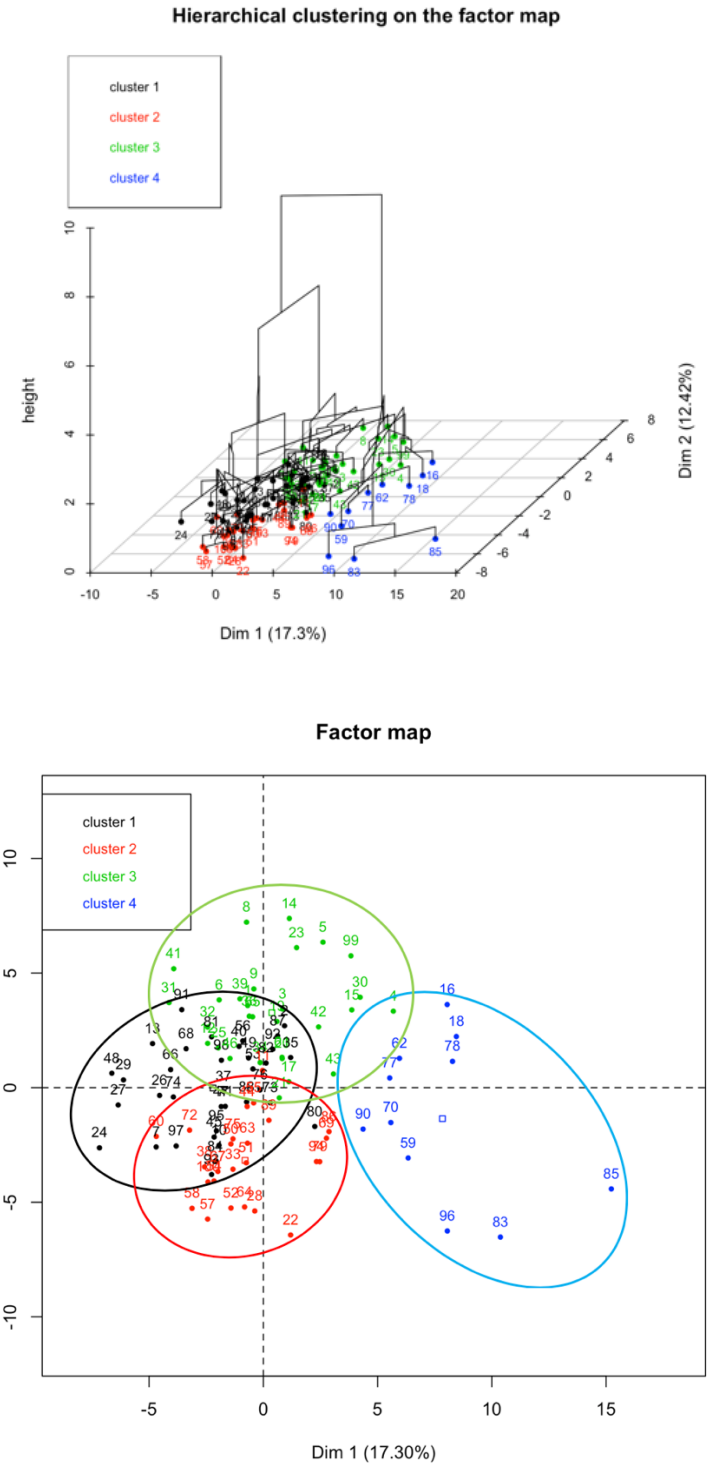


Figure 69. Répartition des conformations de chaque individu dans chaque cluster
1 : noir ; 2 : rouge ; 3 : vert ; 4 ; bleu

ACP et analyse visuelle des conformations 3D

Le cluster 1 comprenait 35 individus. (35%) La CP1 représentait 22% de la variance. Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 sont illustrées dans la *Figure 70* et la *Figure 71*.

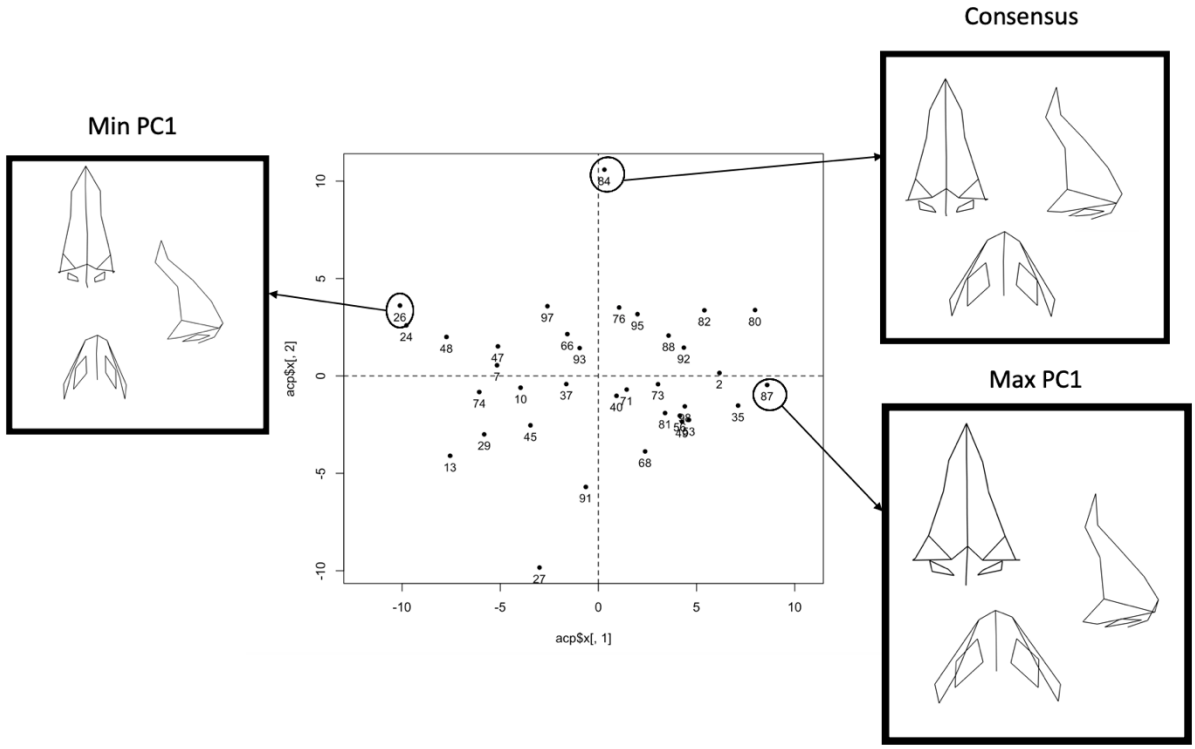


Figure 70 : Répartition des individus du cluster 1 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale

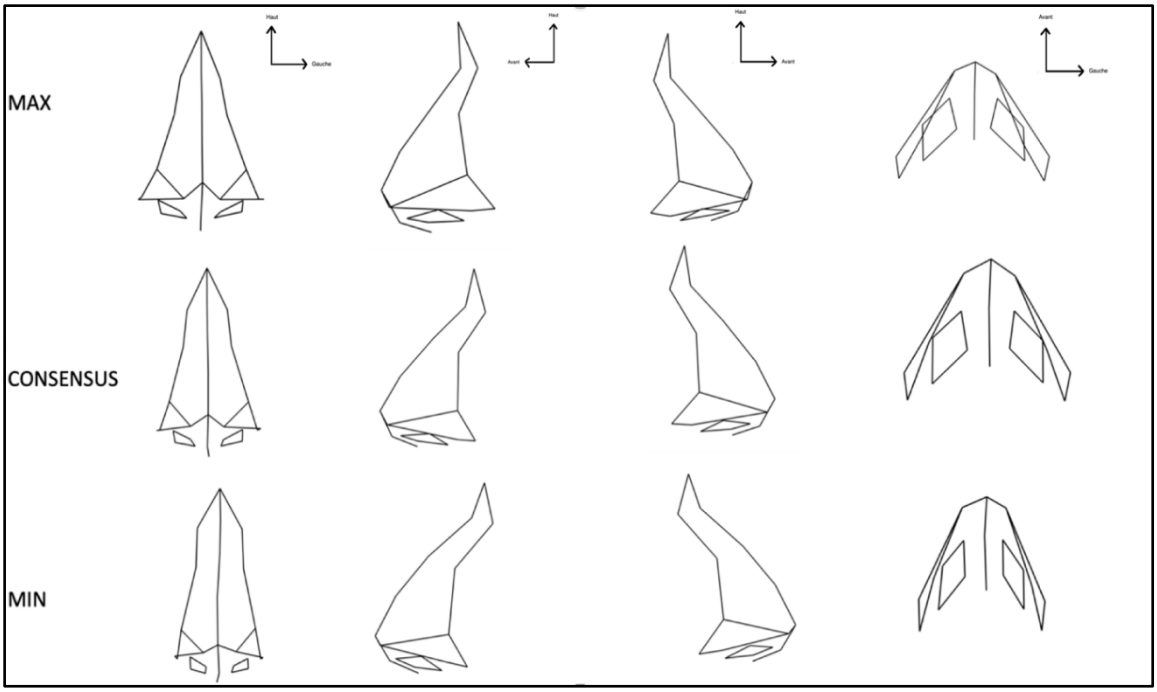


Figure 71. Conformations 3D du cluster 1 de la population totale : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Cyphose ostéocartilagineuse légère et projection variable de la pointe

Le cluster 1 correspondait à un nez avec cyphose ostéocartilagineuse légère, sans déviation frontale et de projection variable en fonction de la variance le long de la CP1. Il peut être illustré par la *Figure 72*.

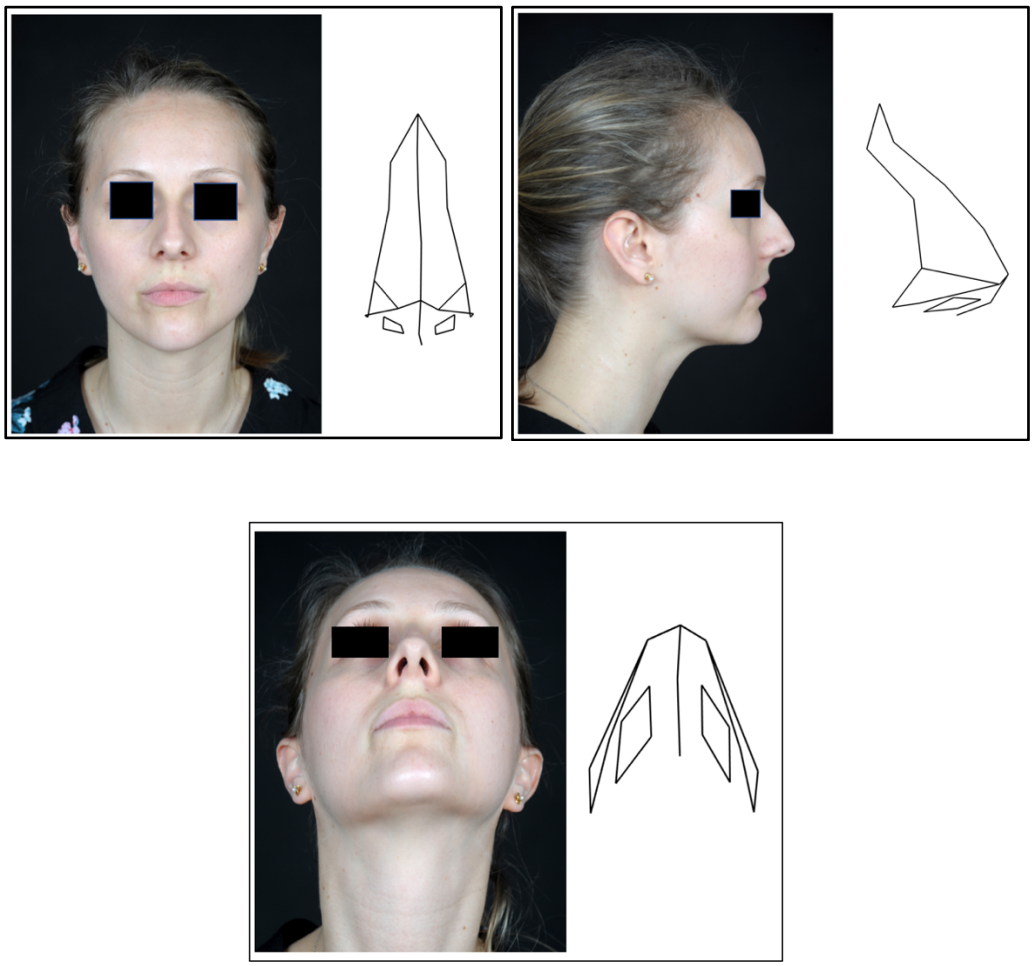


Figure 72. Population totale, Cluster 1 : Cyphose ostéocartilagineuse légère avec hyperprojection de la pointe du nez. Min PC1

Le cluster 2 comprenait 25 individus. (25%) La CP1 représentait 18% de la variance. Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 sont illustrées dans les *Figures 73* et *74*.

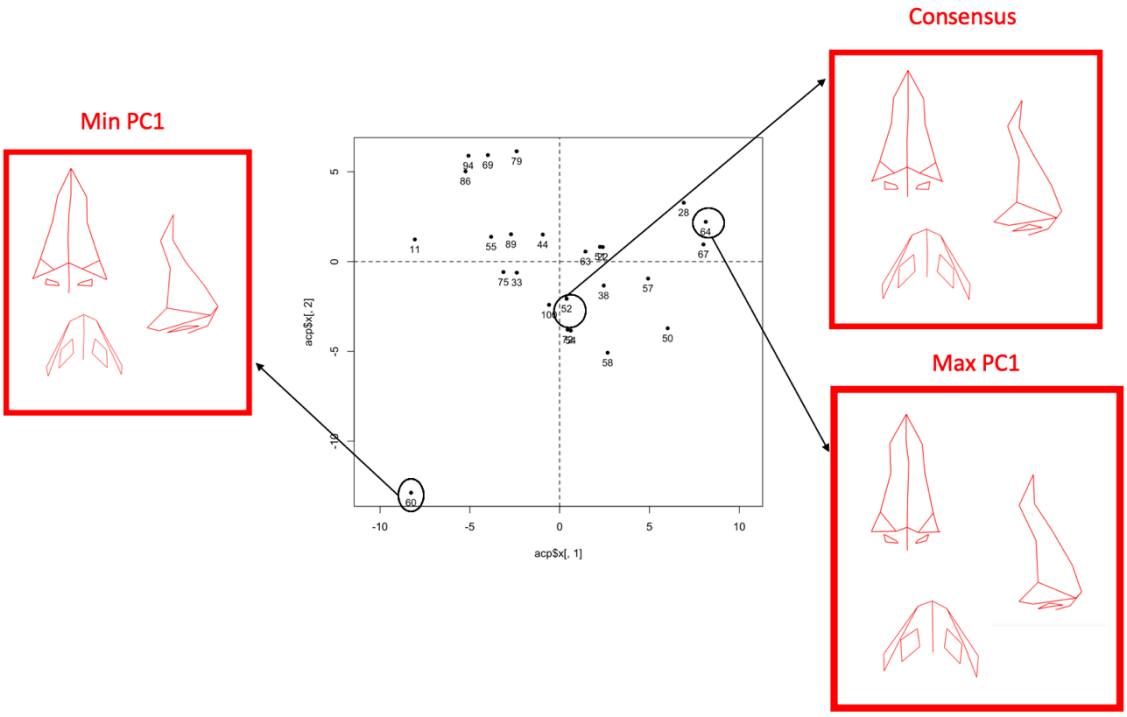


Figure 73 : Répartition des individus du cluster 2 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale

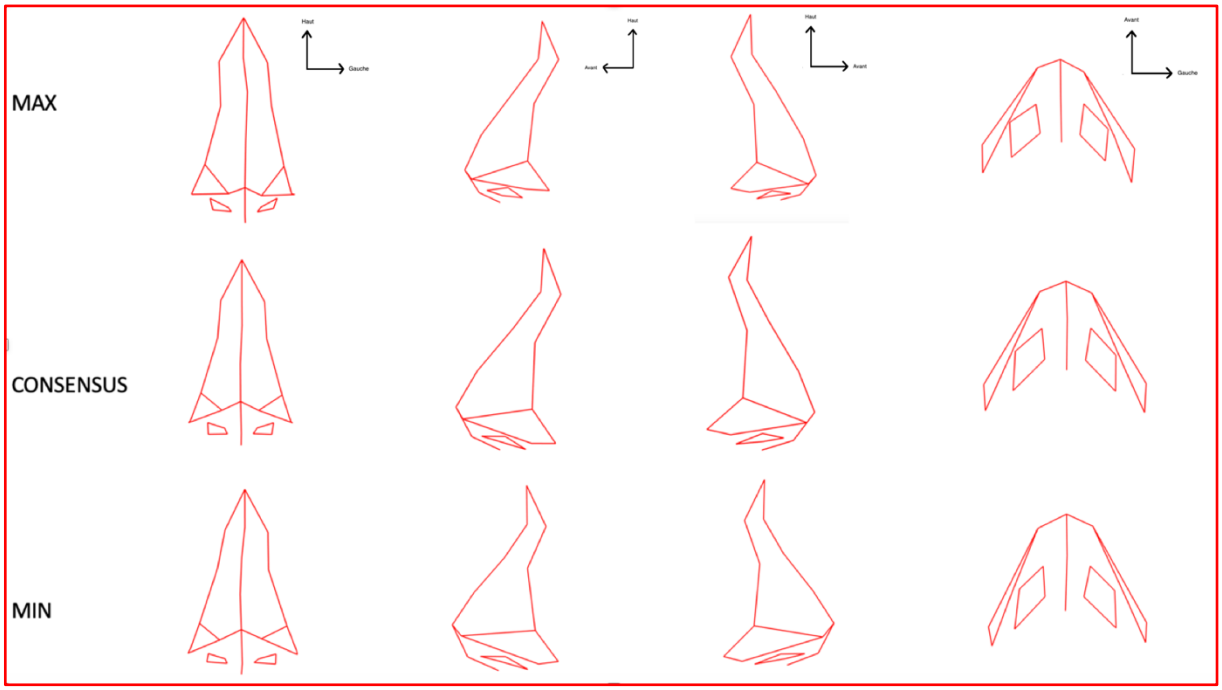


Figure 74. Conformations 3D du cluster 2 de la population totale : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Déviation frontale modérée

Le cluster 2 correspondait à un nez avec déviation frontale modérée, avec un dorsum nasal rectiligne de profil. Il peut être illustré par la *Figure 75.* Nous retrouvions aussi une modification de la projection du nez en fonction de la variance le long de la CP1.

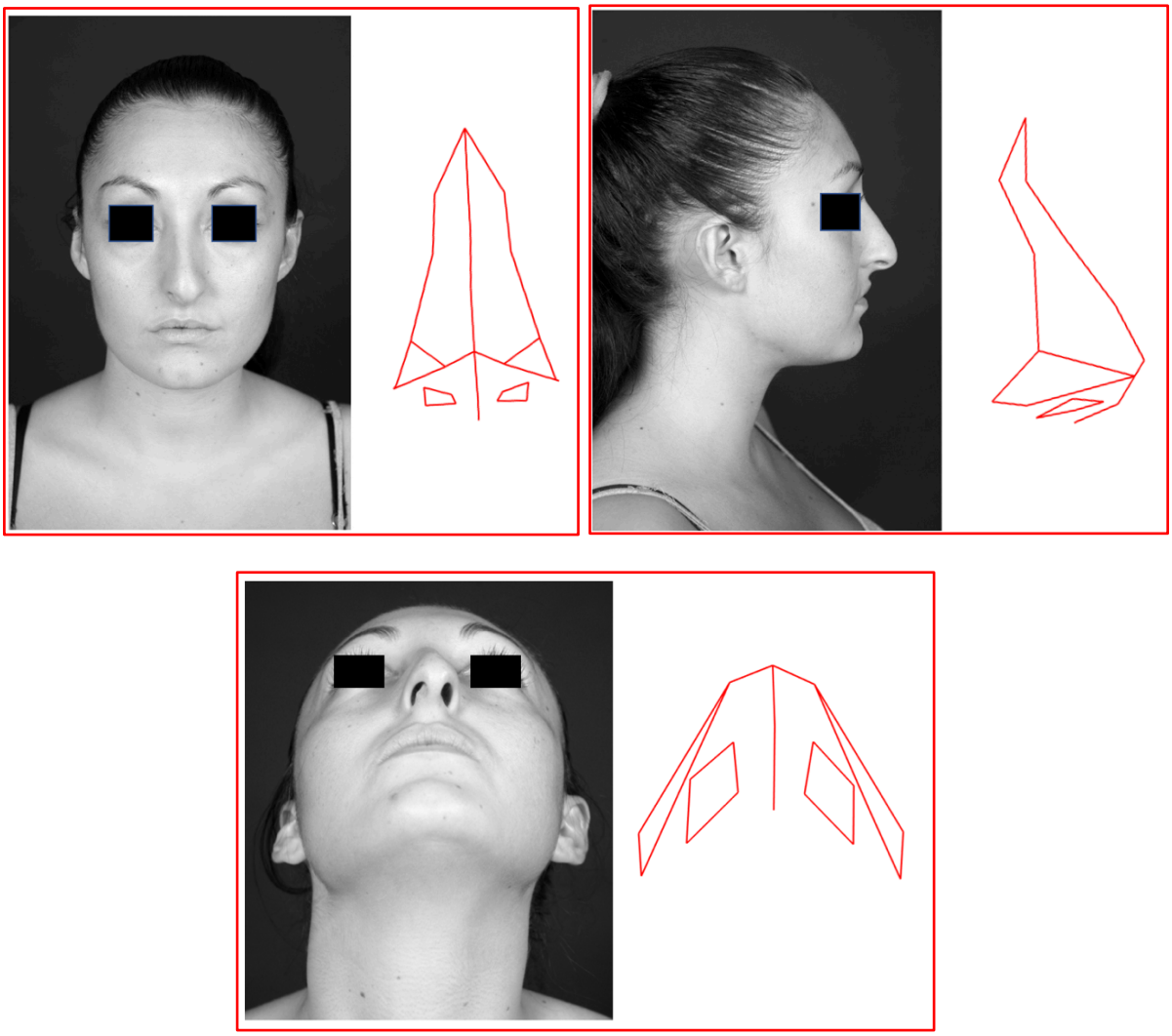


Figure 75. Population totale, Cluster 2 : Déviation frontale modérée. Consensus

Le cluster 3 comprenait 29 individus. (29%) La CP1 représentait 18% de la variance. Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 sont illustrées dans les *Figures 76* et *77.*

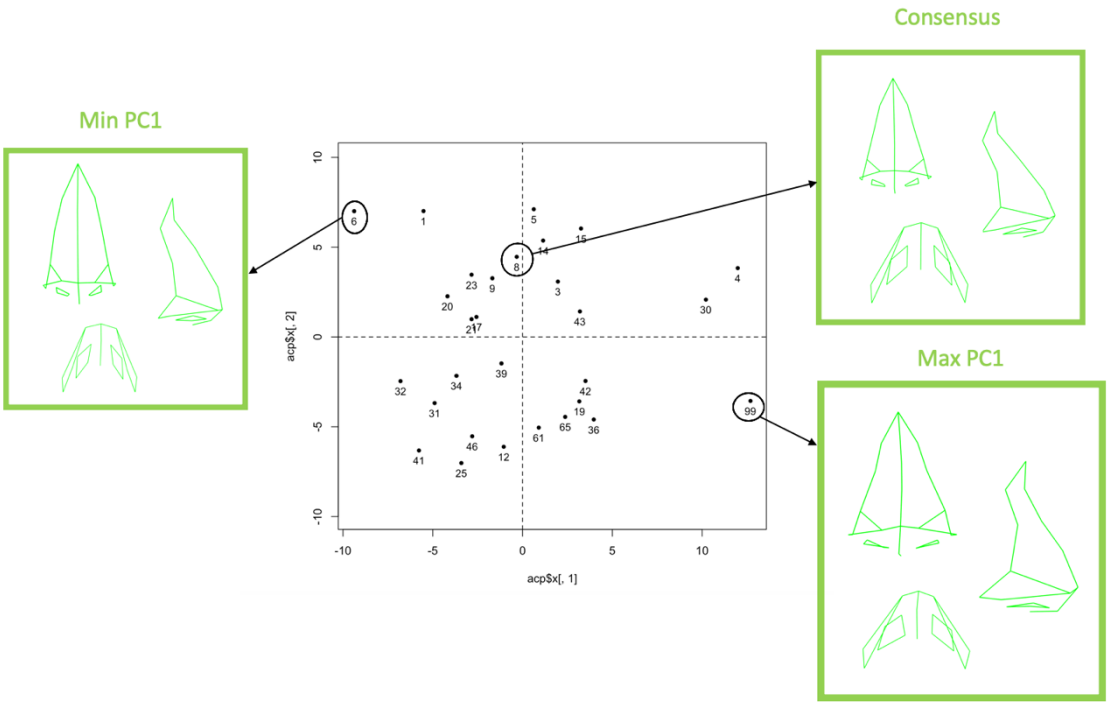


Figure 76 : Répartition des individus du cluster 3 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale

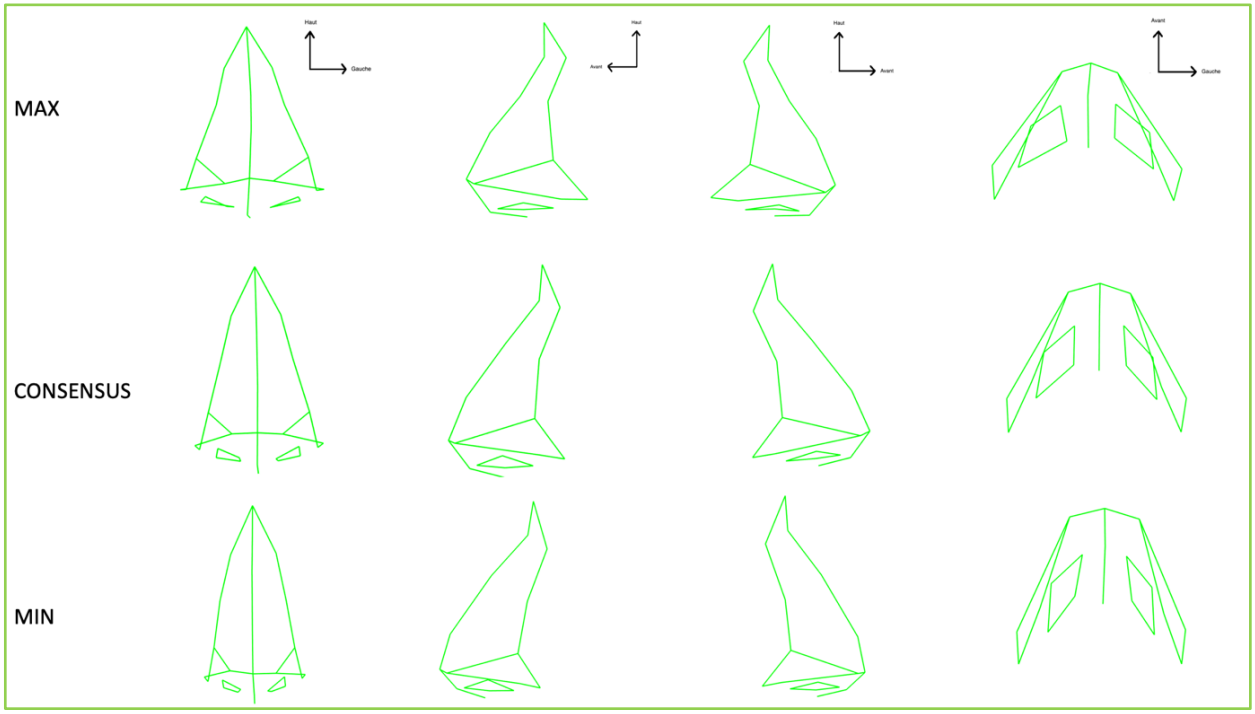


Figure 77. Conformations 3D du cluster 3 de la population totale : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Pointe large et tombante de projection variable

Le cluster 3 correspondait à un nez avec une pointe large, tombante, de projection variable en fonction de la variance le long de la CP1. Il peut être illustré par la *Figure 78*.

Figure 78. Population totale, Cluster 3 : Pointe du nez large et tombante. Min PC1

Le cluster 4 comprenait 11 individus. (11%) La CP1 représentait 29% de la variance. Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 sont illustrées dans les *Figures 79* et *80.*

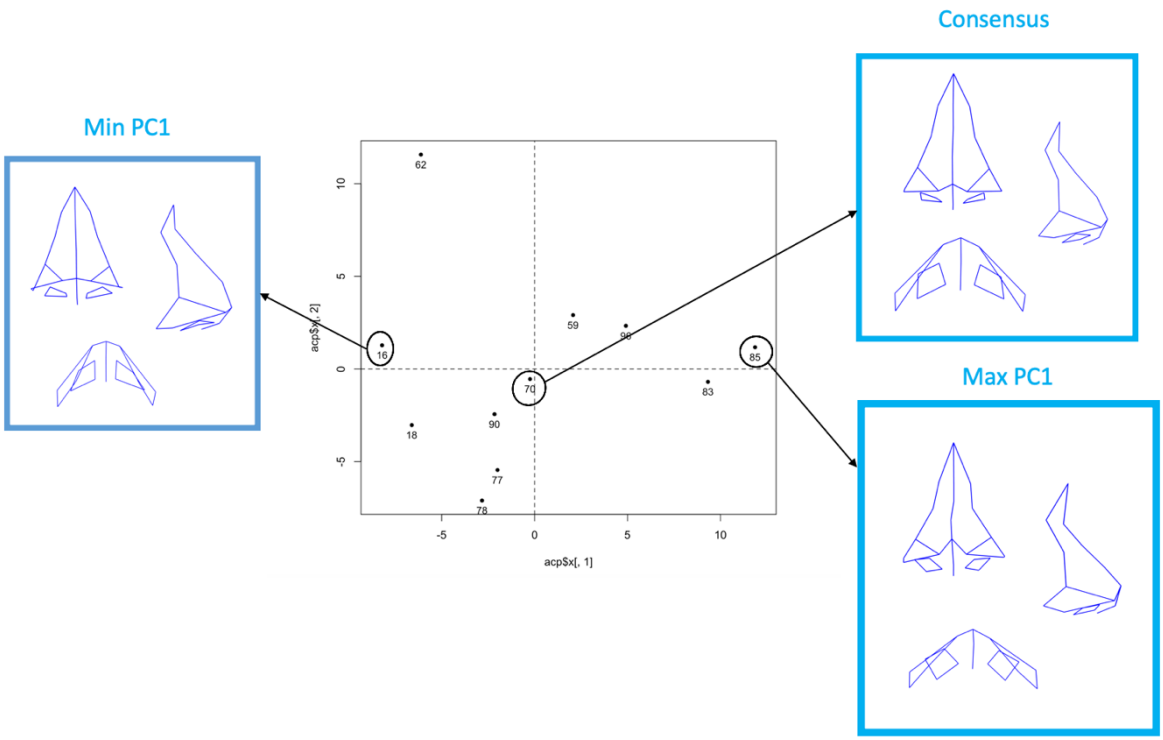


Figure 79 : Répartition des individus du cluster 4 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale

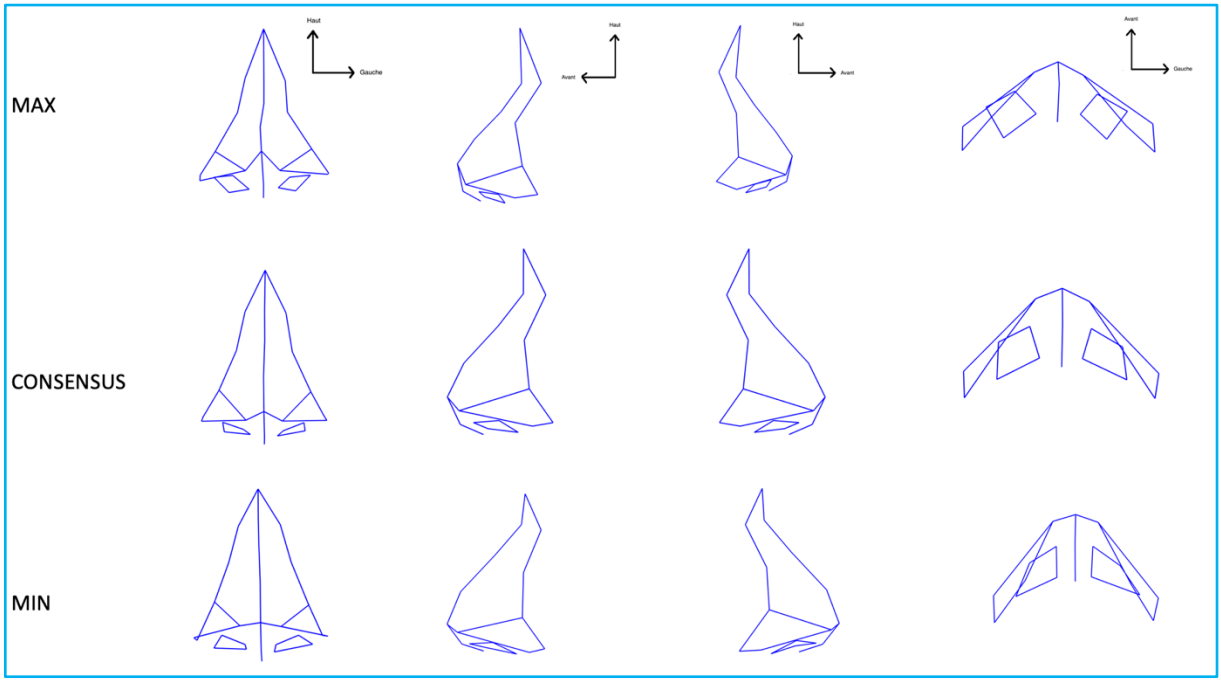


Figure 80. Conformations 3D du cluster 4 de la population totale : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Hypoprojection globale du nez

Le cluster 4 correspondait à un nez hypoprojeté avec une pointe très large de projection variable en fonction de la variance le long de la CP1. Il peut être illustré par la *Figure 81*.

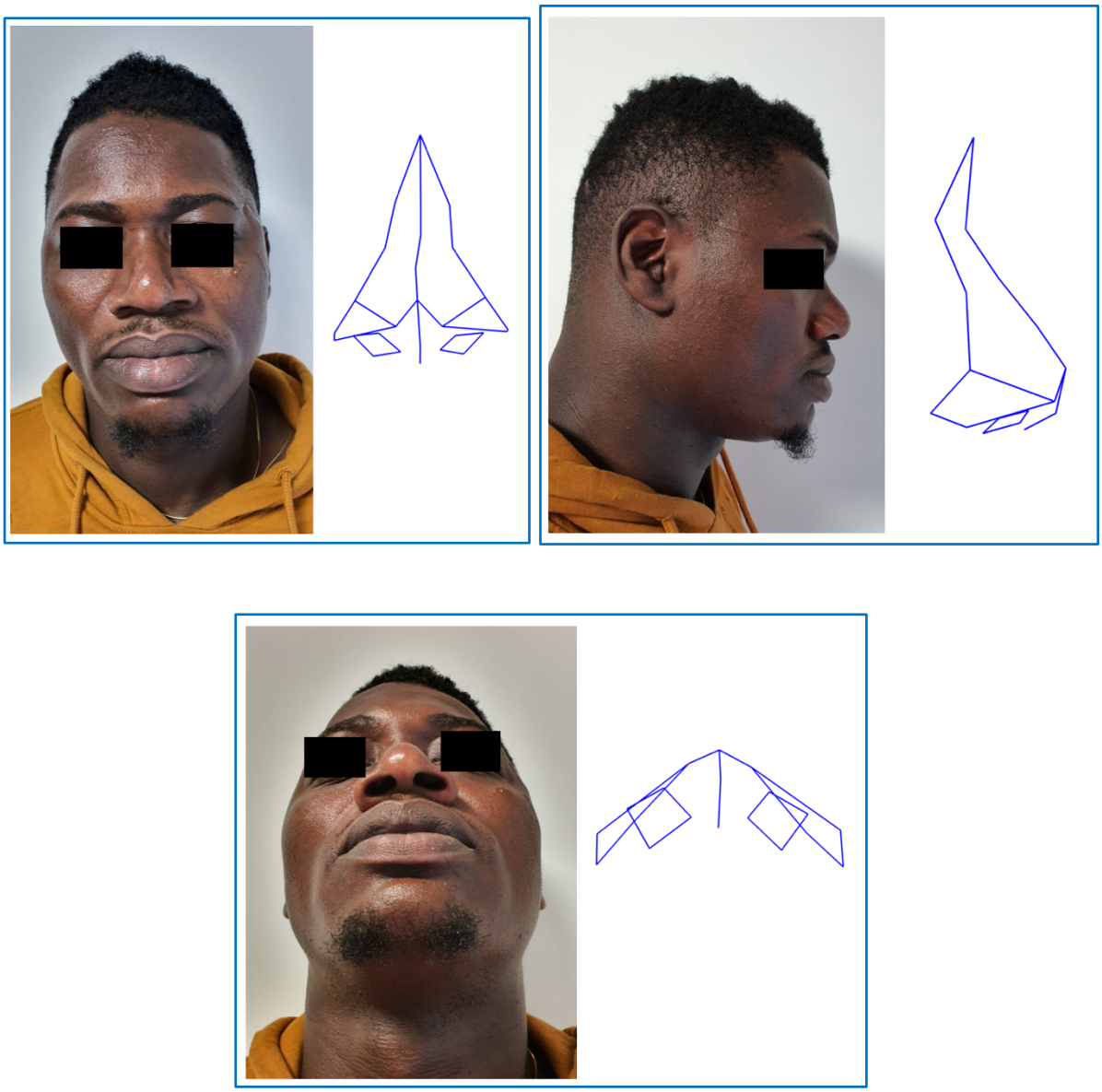


Figure 81. Population totale, Cluster 4 : Hypoprojection globale avec pointe large. Max PC1

3.3.2. Groupe « Rhinoplastie » (n=50)

Nombre de clusters

Pour les patients du groupe « Rhinoplastie », nous avons mis en évidence 4 clusters à partir des données procustes. Le nombre de clusters a également été déterminé d'après la règle du coude (*Figure 82*). Le dendrogramme montrant illustrant les relations entre les conformations est illustré dans la *Figure 83*.

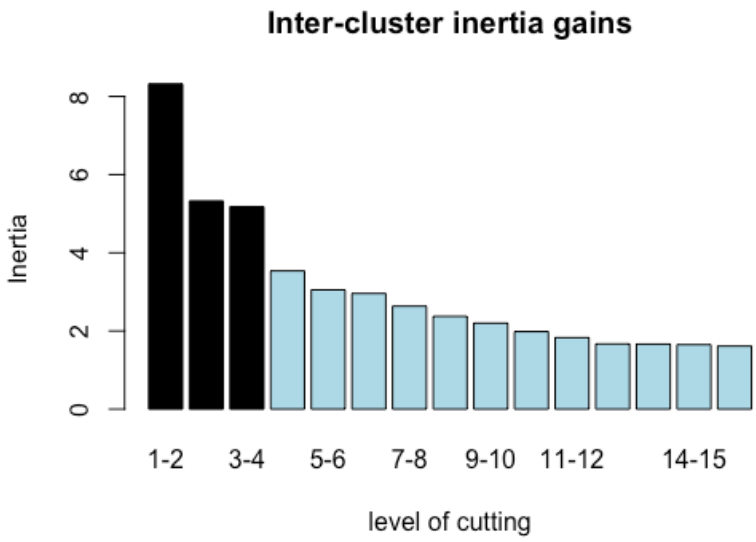


Figure 82. Gain d'inertie des valeurs retrouvant, selon la règle du coude, 4 clusters dans le groupe « Rhinoplastie »

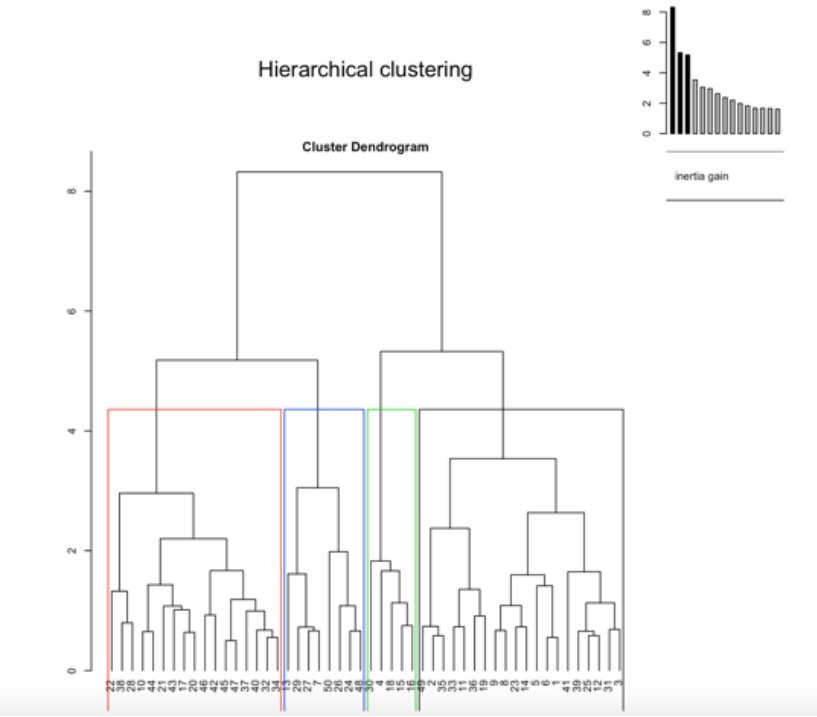


Figure 83 Dendrogramme illustrant le niveau de coupe et sélectionnant les individus dans 4 clusters 1 : noir ; 2 : rouge ; 3 : vert ; 4 ; bleu

Le cluster 1 est représenté en noir, le cluster 2 en rouge, le cluster 3 en vert et le cluster 4 en bleu. Une représentation orthogonale de la répartition des conformations pour chaque cluster est illustrée par la *Figure 84*.

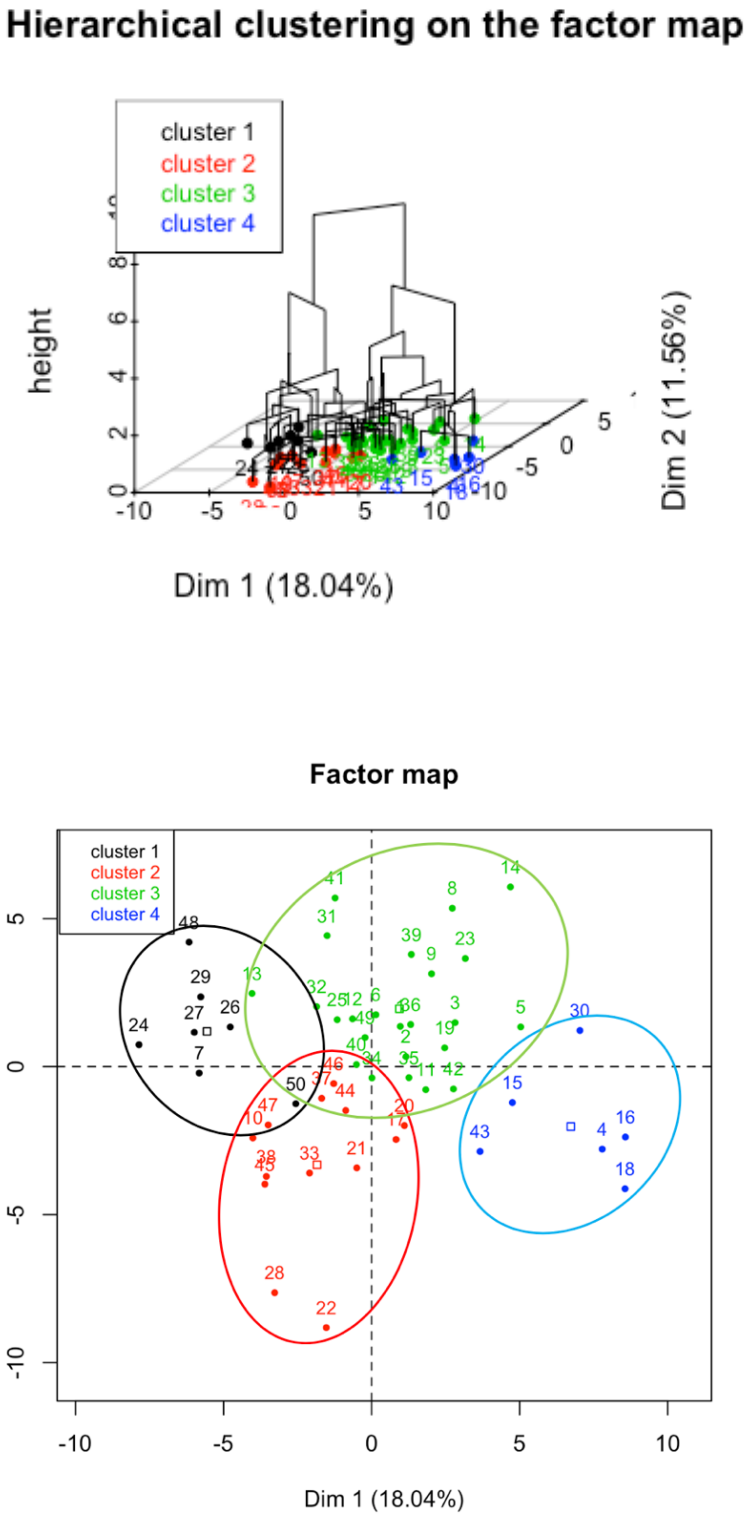


Figure 84. Répartition des conformations de chaque individu dans chaque cluster
1 : noir ; 2 : rouge ; 3 : vert ; 4 ; bleu

ACP et analyse visuelle des conformations 3D

Le cluster 1 comprenait 7 individus. (14%). La CP1 représentait 36% de la variance. Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 sont illustrées dans les *Figures 85* et *86*.

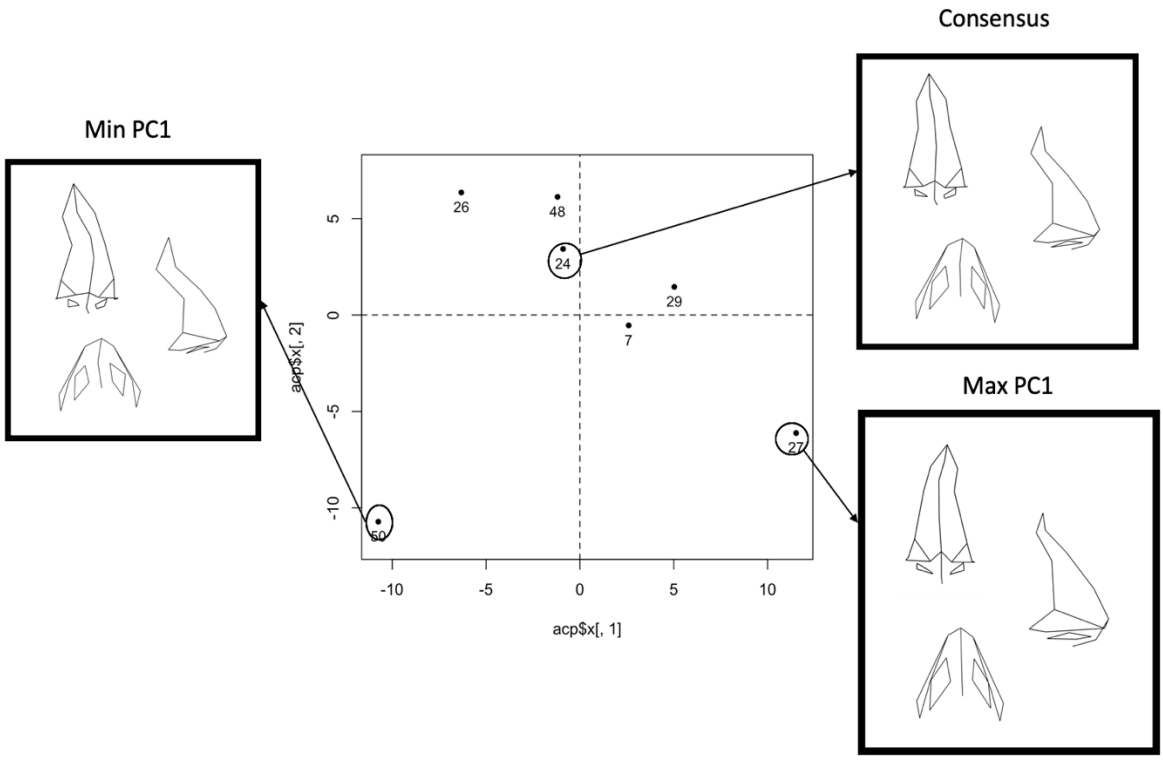


Figure 85 : Répartition des individus du cluster 1 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale

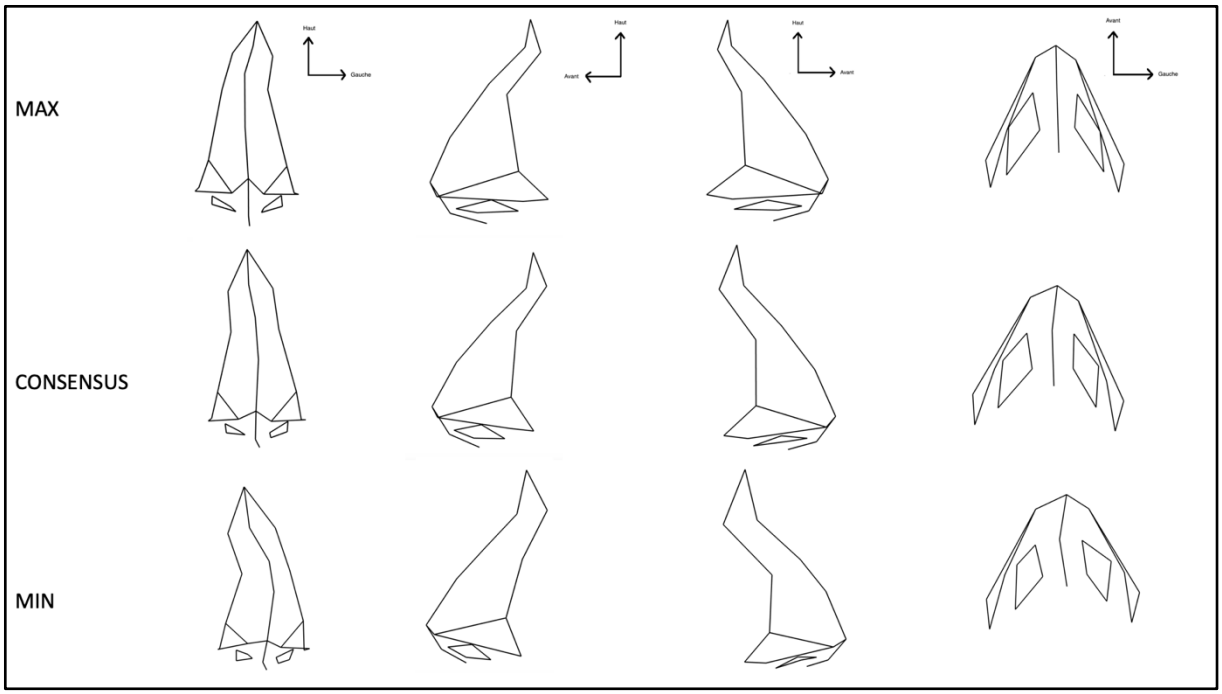


Figure 86. Conformations 3D du cluster 1 du groupe « Rhinoplastie » : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Déviation frontale très marquée avec cyphose

Le cluster 1 correspondait à un type de nez avec une déviation frontale très marquée et une cyphose dorsale. Il peut être illustré par la *Figure 87*.

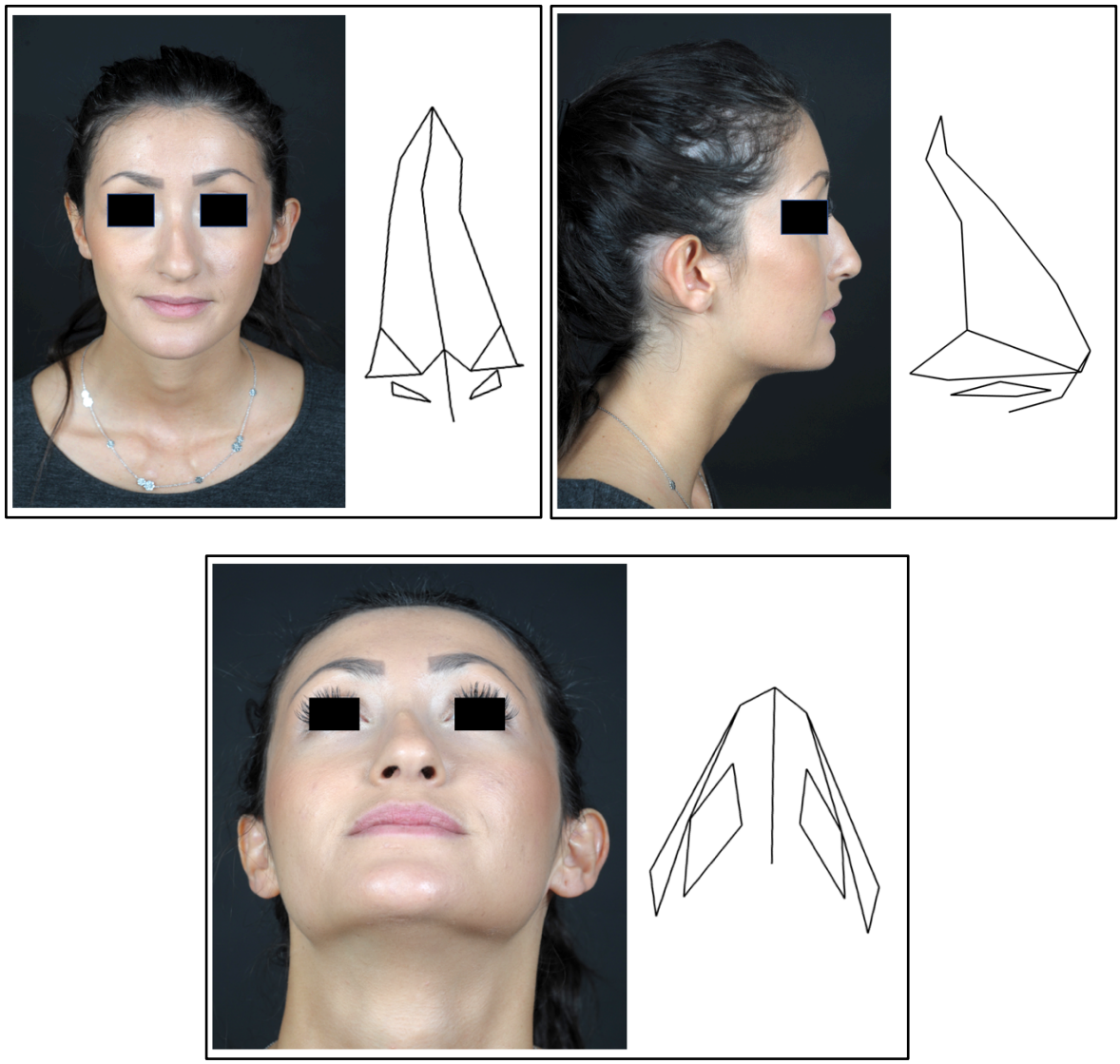


Figure 87. Groupe « Rhinoplastie », Cluster 1 : Déviation frontale marquée avec cyphose. Max PC1

Le cluster 2 comprenait 13 individus. (26%) La CP1 représentait 20% de la variance. Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 sont illustrées dans les *Figures 88* et *89.*.

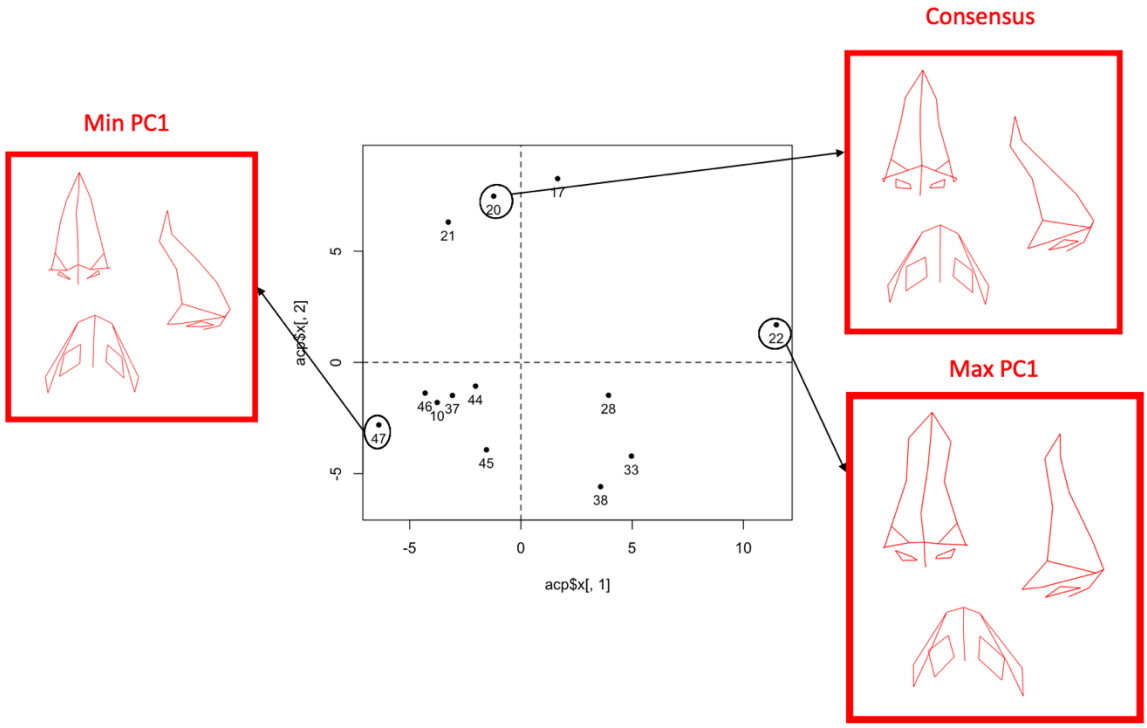


Figure 88 : Répartition des individus du cluster 2 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale

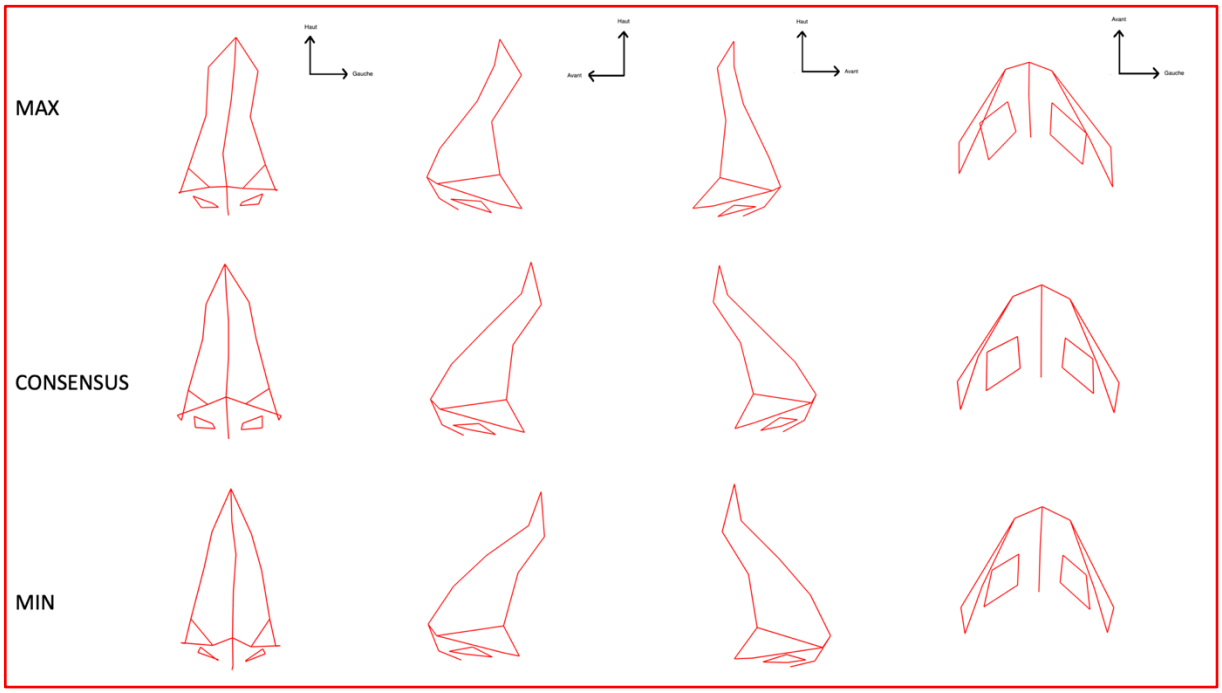


Figure 89. Conformations 3D du cluster 2 du groupe « Rhinoplastie » : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Déviation frontale modérée avec projection variable de la ligne de profil

Le cluster 2 correspondait à un nez avec une déviation frontale moins marquée que le cluster 1et une projection de la ligne de profil variable selon la variance le long de la CP1. Il peut être illustré par la *Figure 90*.

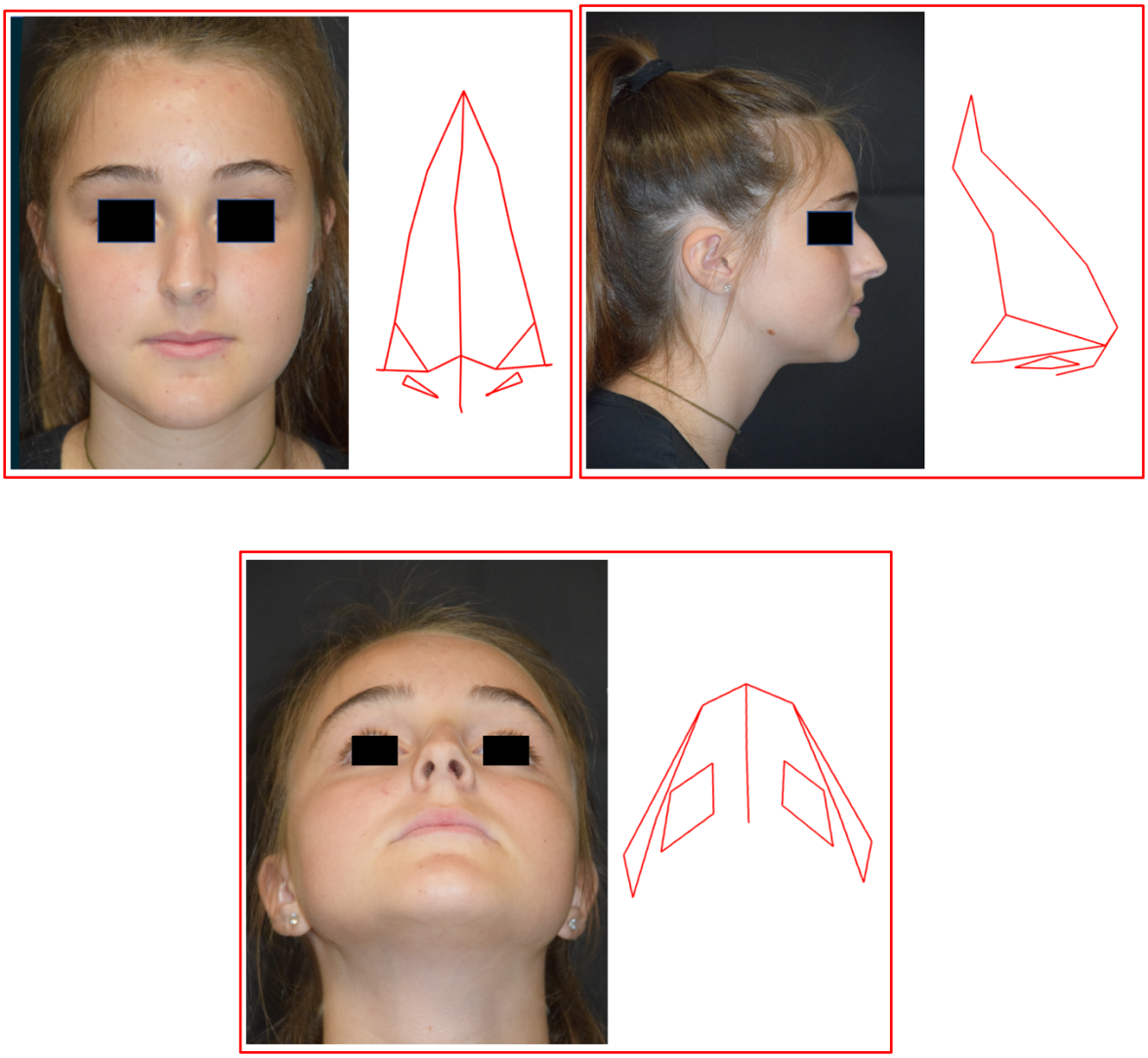


Figure 90. Groupe « Rhinoplastie », Cluster 2 : Déviation frontale modérée avec cyphose dorsale. Min PC1

Le cluster 3 comprenait 24 individus. (48%) La CP1 représentait 17% de la variance. Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 sont illustrées dans les *Figures 91* et *92*.

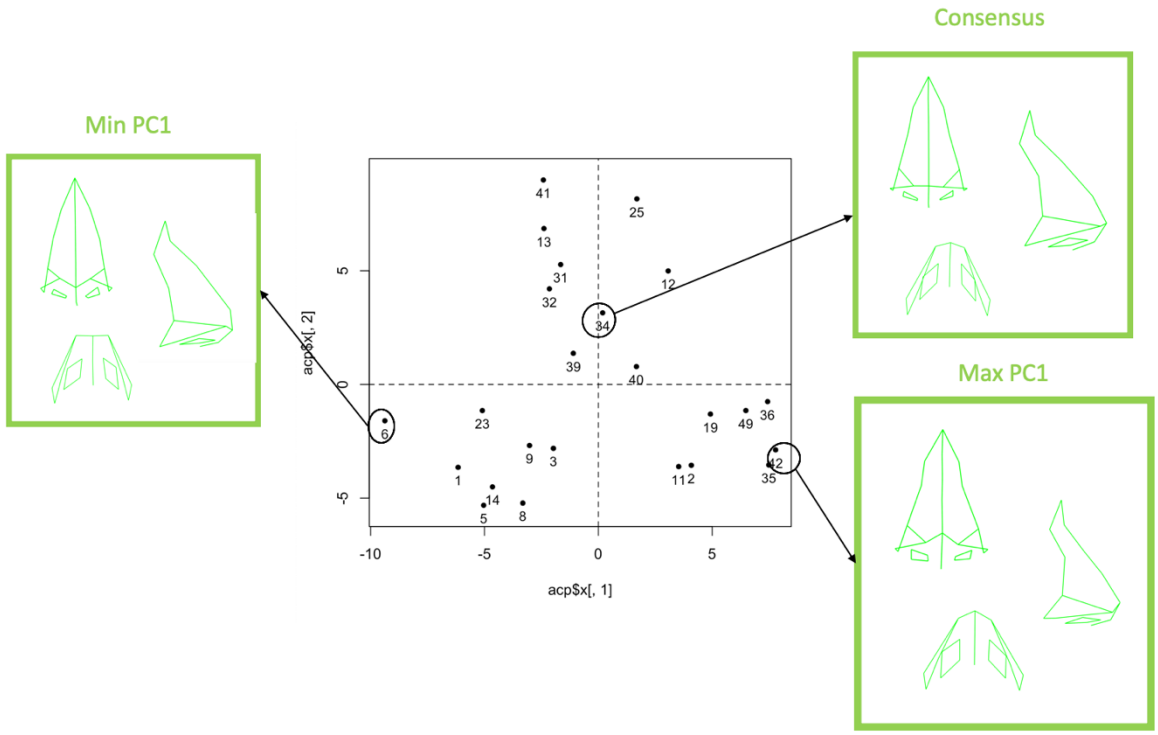


Figure 91 : Répartition des individus du cluster 3 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale

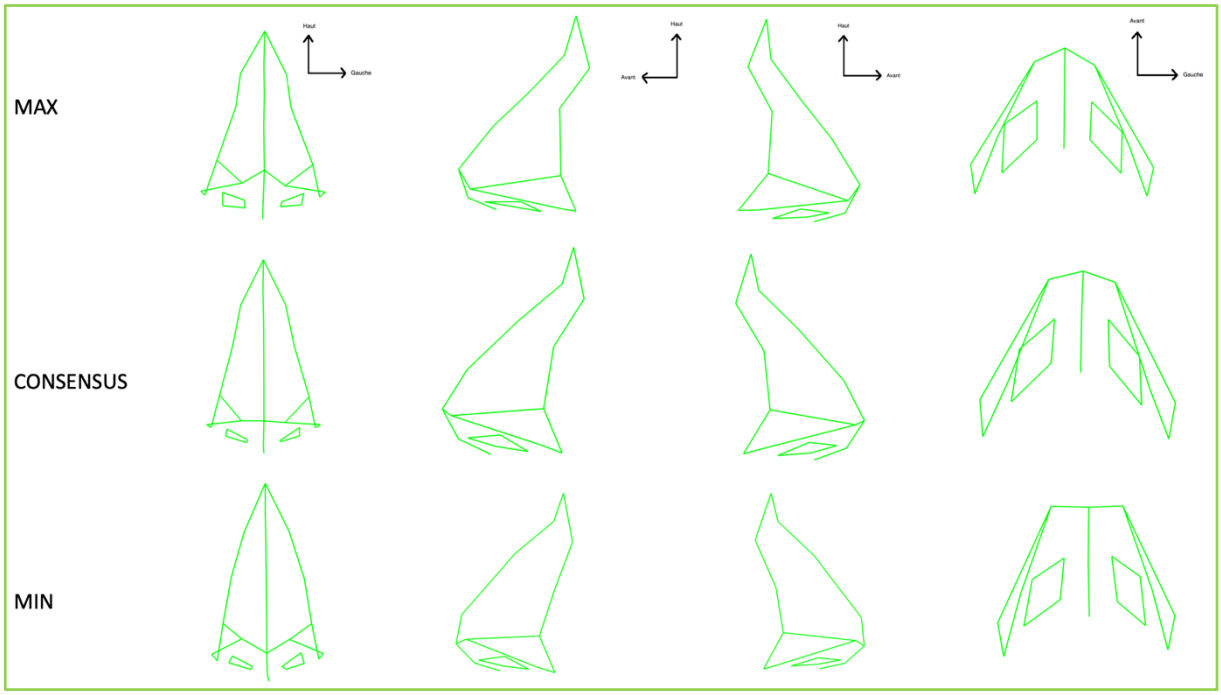


Figure 92. Conformations 3D du cluster 3 du groupe « Rhinoplastie » : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Hyperprojection du nez avec pointe tombante pour Max PC1

Le cluster 3 correspondait à un nez rectiligne, globalement hyperprojeté. La position de la pointe du nez variait en fonction de la variance le long de la CP1. La pointe était tombante pour Max PC1. Ils peuvent être illustrés par les *Figure 93* et *Figure 94*.

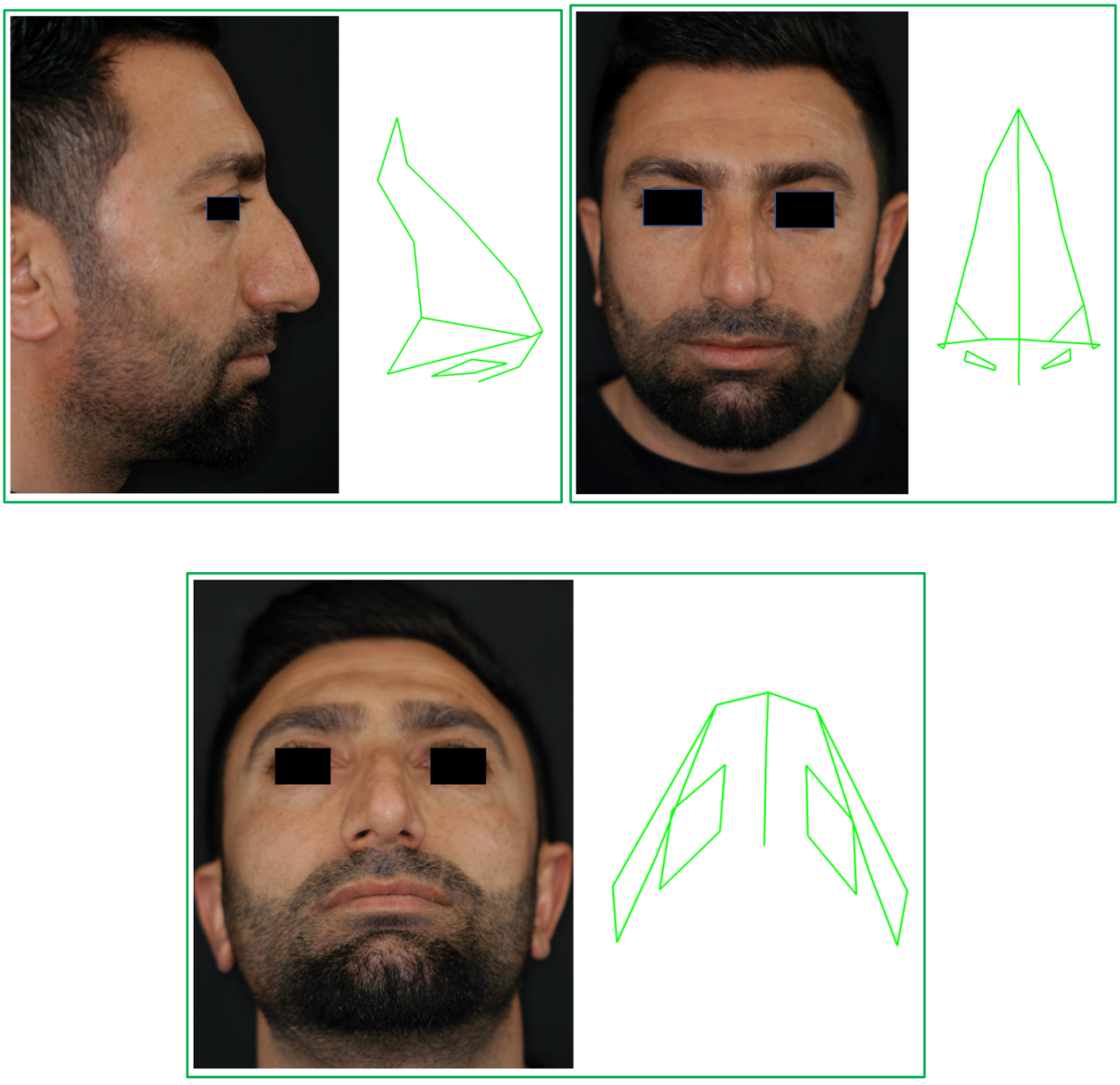


Figure 93. Groupe « Rhinoplastie », Cluster 3 : Cyphose dorsale avec pointe tombante. Consensus

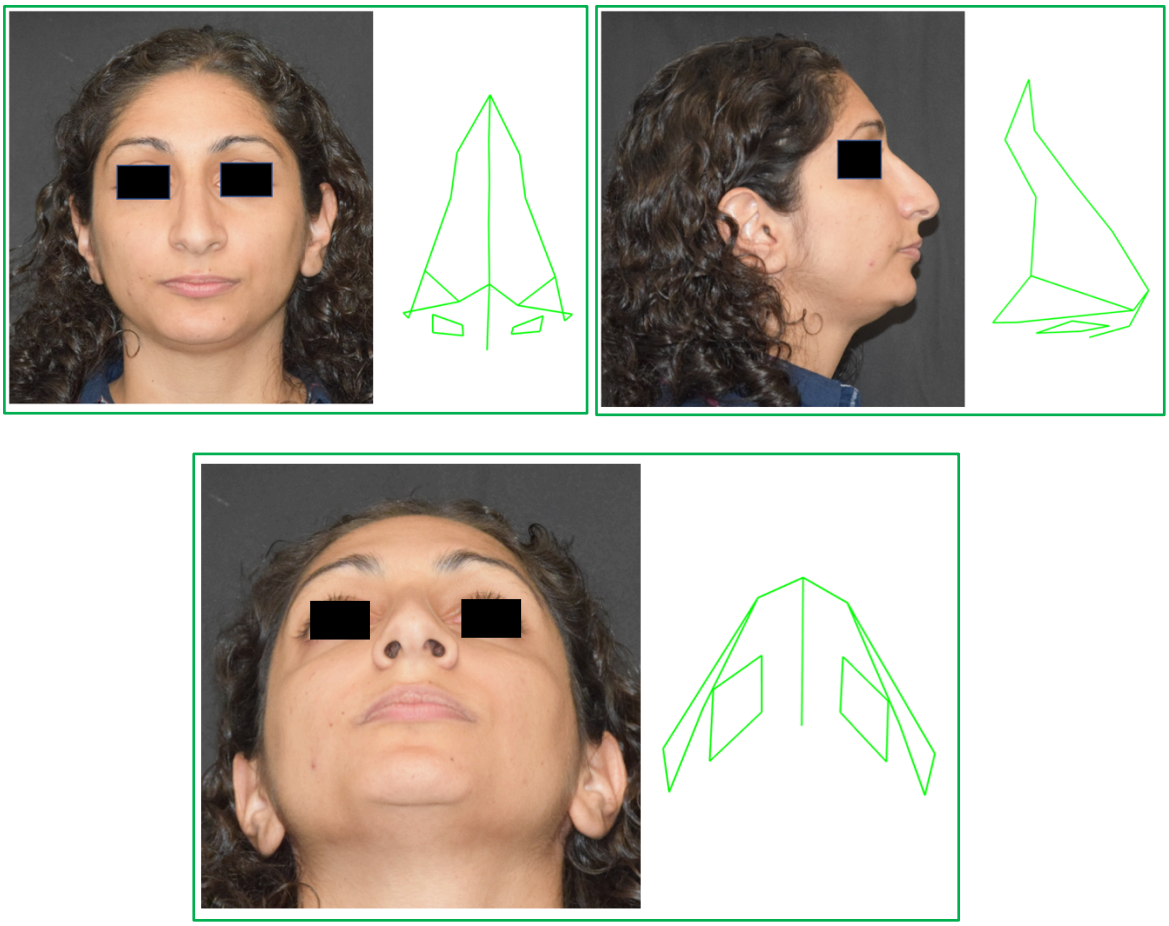


Figure 94. Groupe « Rhinoplastie », Cluster 3 : Pointe du nez tombante. Max PC1

Le cluster 4 comprenait 6 individus. (12%). La CP1 représentait 28% de la variance. Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 sont illustrées dans les *Figures 95* et *96*.

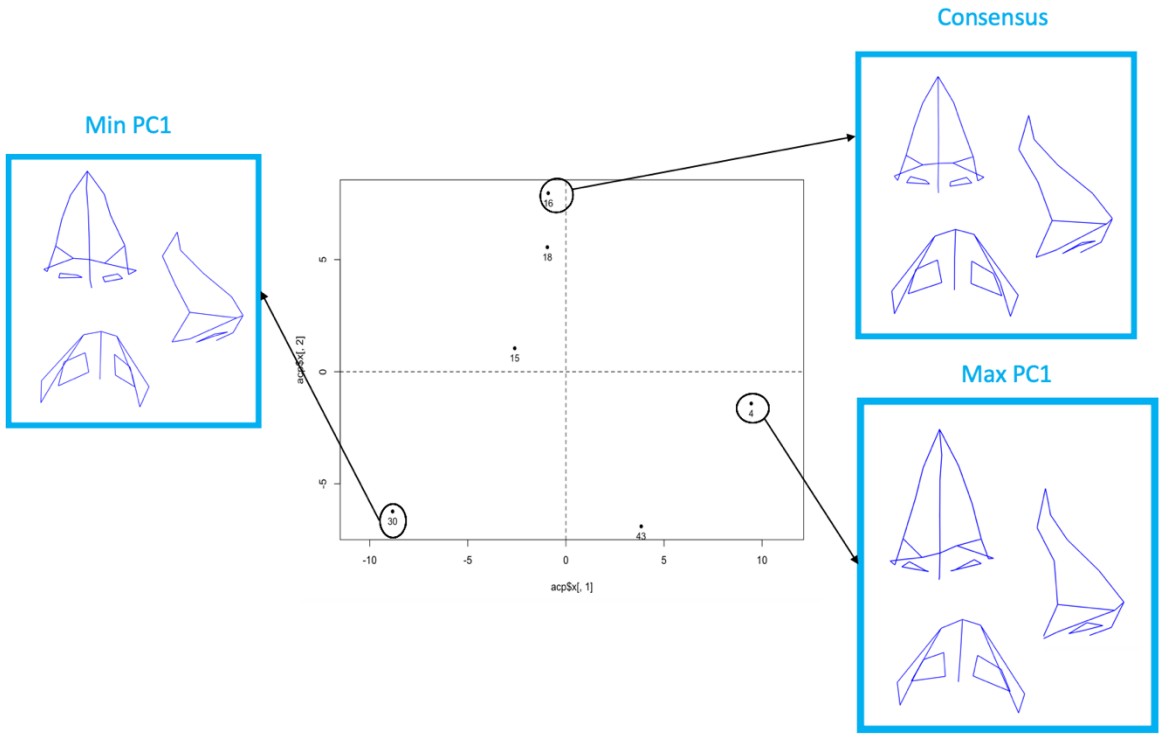


Figure 95 : Répartition des individus du cluster 4 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale

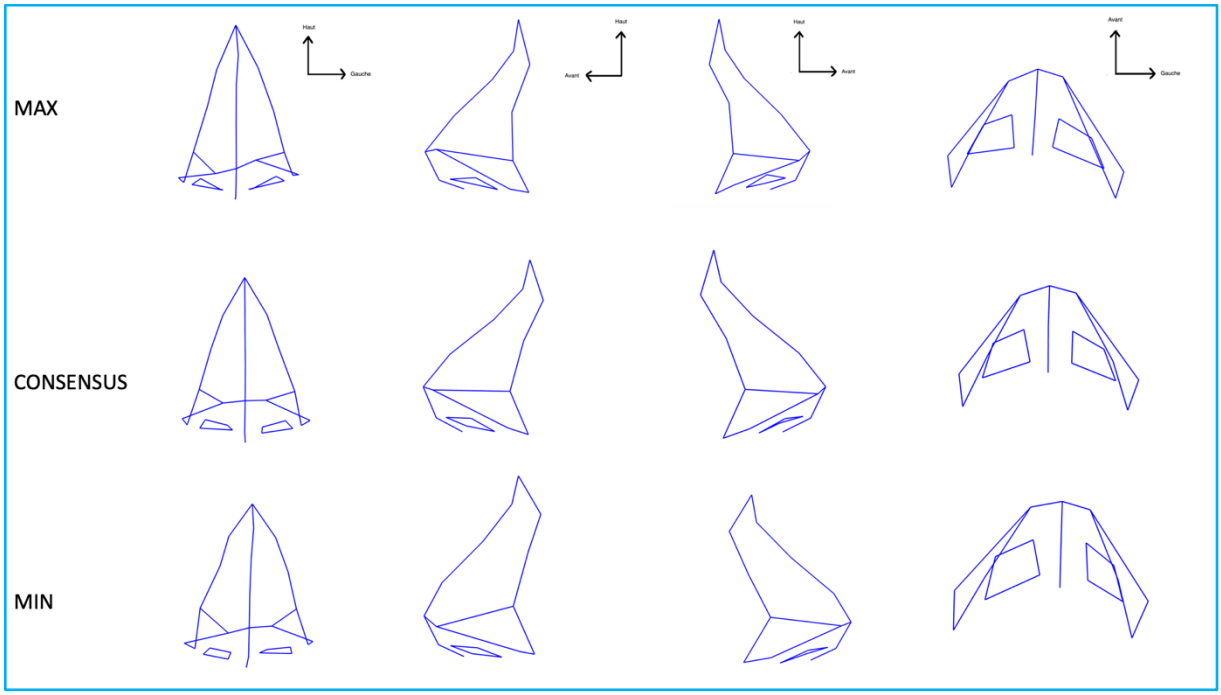


Figure 96. Conformations 3D du cluster 4 du groupe « Rhinoplastie » : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Pointe asymétrique

Le cluster 4 correspondait à un nez avec une pointe asymétrique de projection variable en fonction de la variance le long de la CP1. Il peut être illustré par la *Figure 97*.

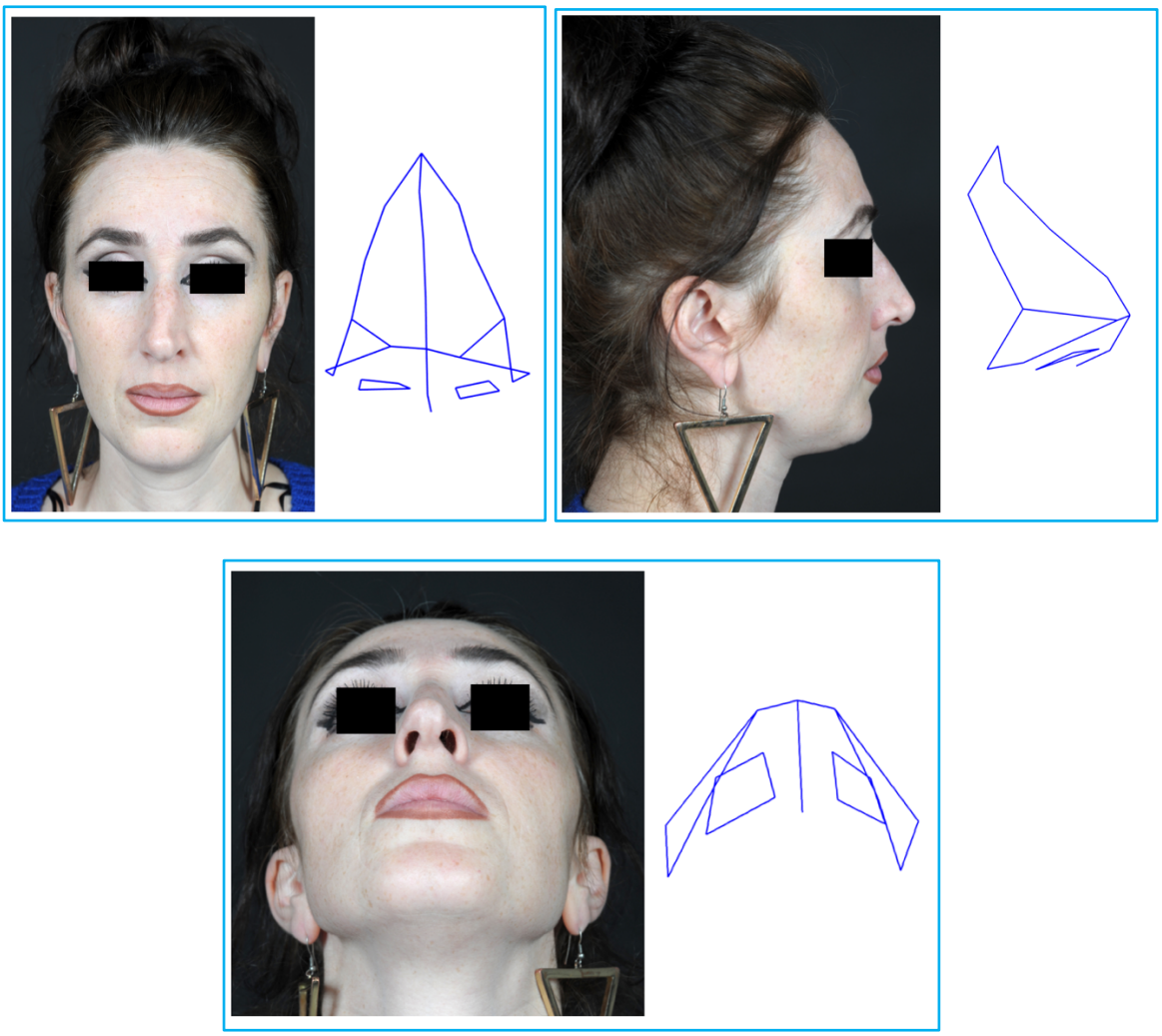


Figure 97. Groupe « Rhinoplastie », Cluster 4 : Pointe du nez asymétrique

3.3.3. Groupe « Contrôle » (n=50)

Nombre de clusters

Pour les patients du groupe « Contrôle », nous avons mis en évidence 3 clusters, à partir des données procustes, selon la règle du coude (*Figure 98*). Le dendrogramme montrant illustrant les relations entre les conformations est illustré dans la *Figure 99*.

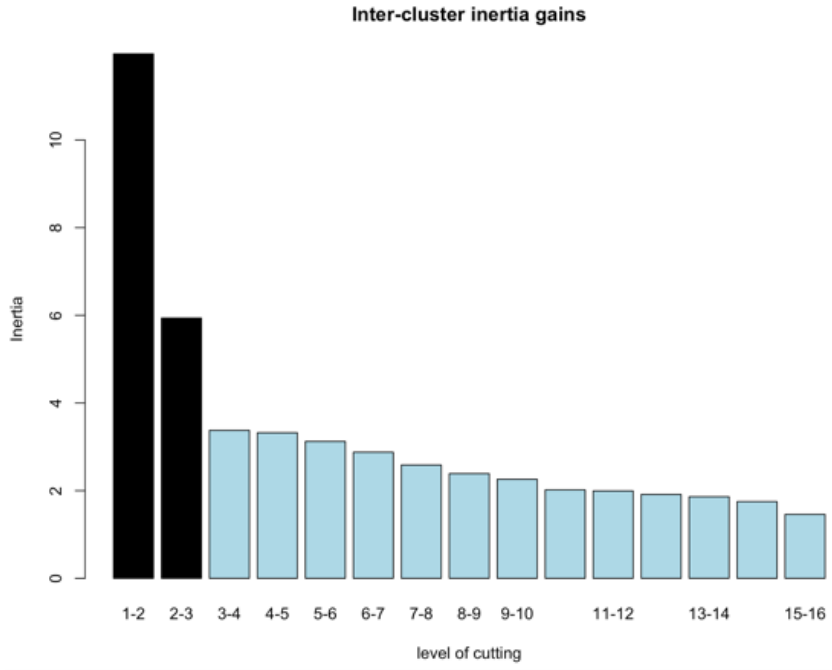


Figure 98. Gain d'inertie des valeurs retrouvant, selon la règle du coude, 3 clusters dans le groupe Contrôle

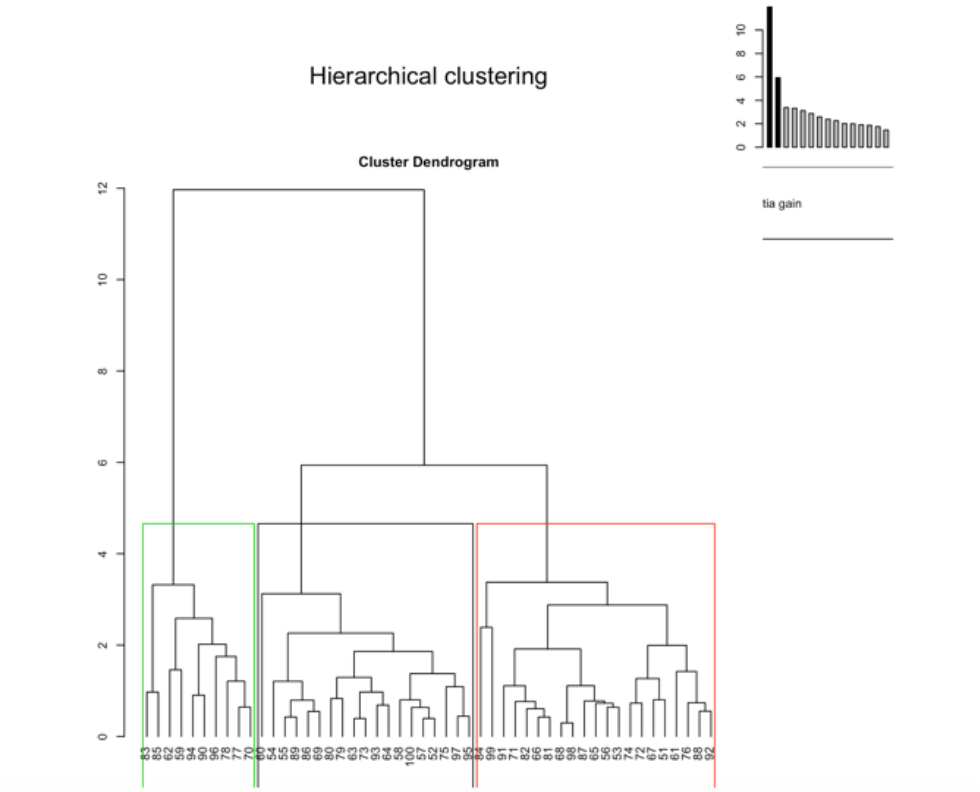


Figure 99. Dendrogramme illustrant le niveau de coupe et sélectionnant les individus dans 4 clusters 1 : noir ; 2 : rouge ; 3 : vert

Le cluster 1 est représenté en noir, le cluster 2 en rouge et le cluster 3 en vert. Une représentation orthogonale de la répartition des conformations pour chaque cluster est illustrée par la *Figure 100*.

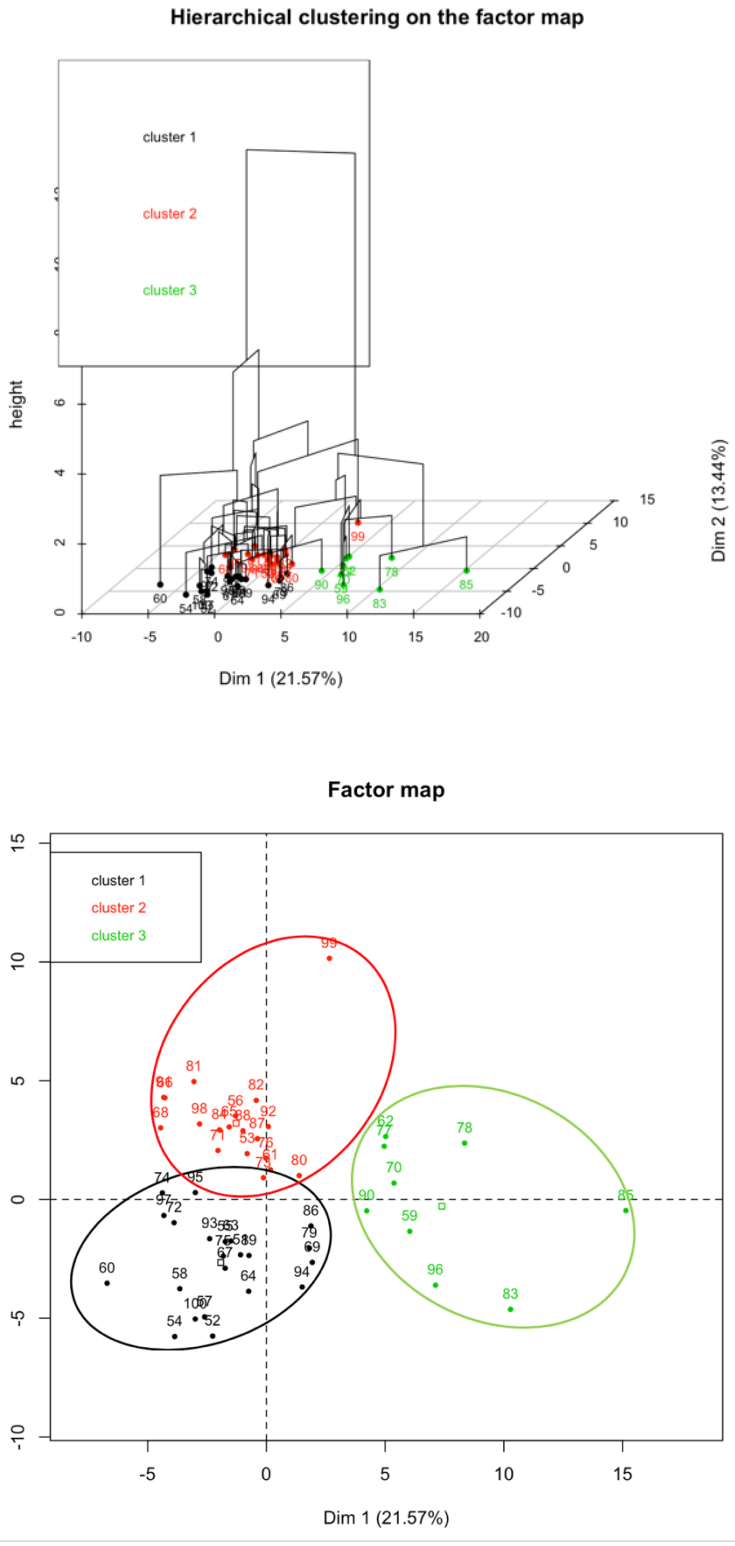


Figure 100. Répartition des conformations de chaque individu dans chaque cluster
1 : noir ; 2 : rouge ; 3 : vert

ACP et analyse visuelle des conformations 3D

Le cluster 1 comprenait 22 individus. (44%) La CP1 représentait 19% de la variance. Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 sont illustrées dans les *Figures 101* et *102.*

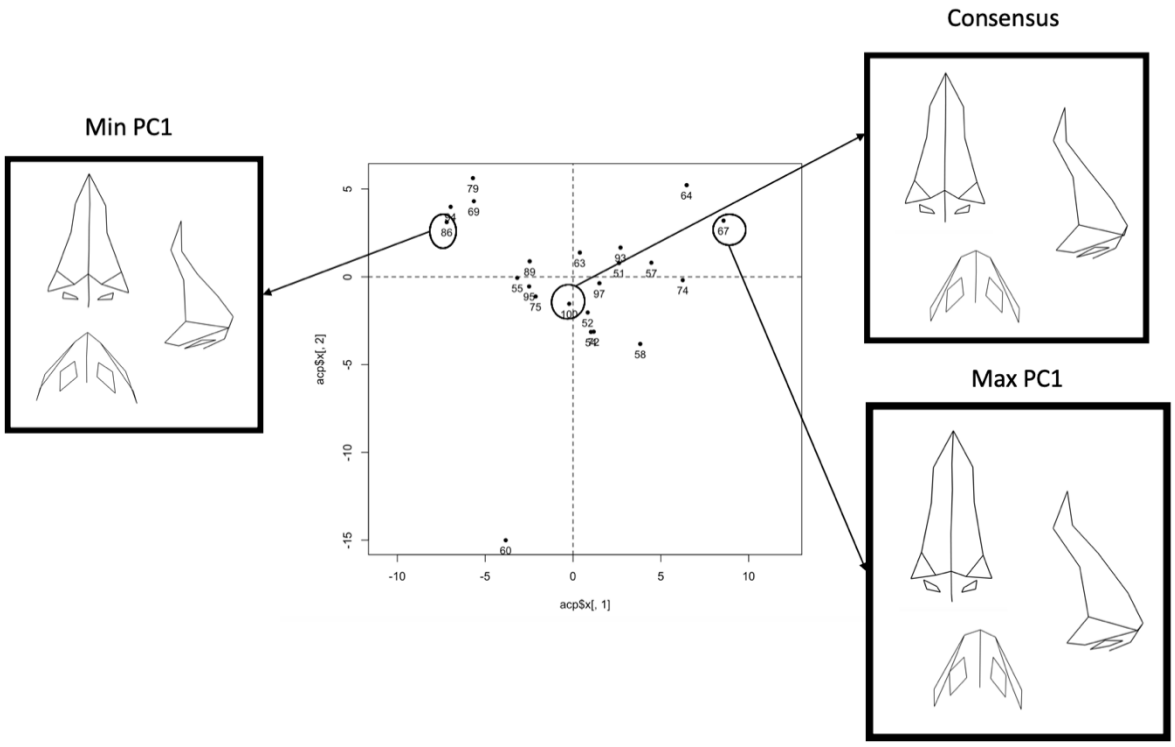


Figure 101 : Répartition des individus du cluster 1 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale

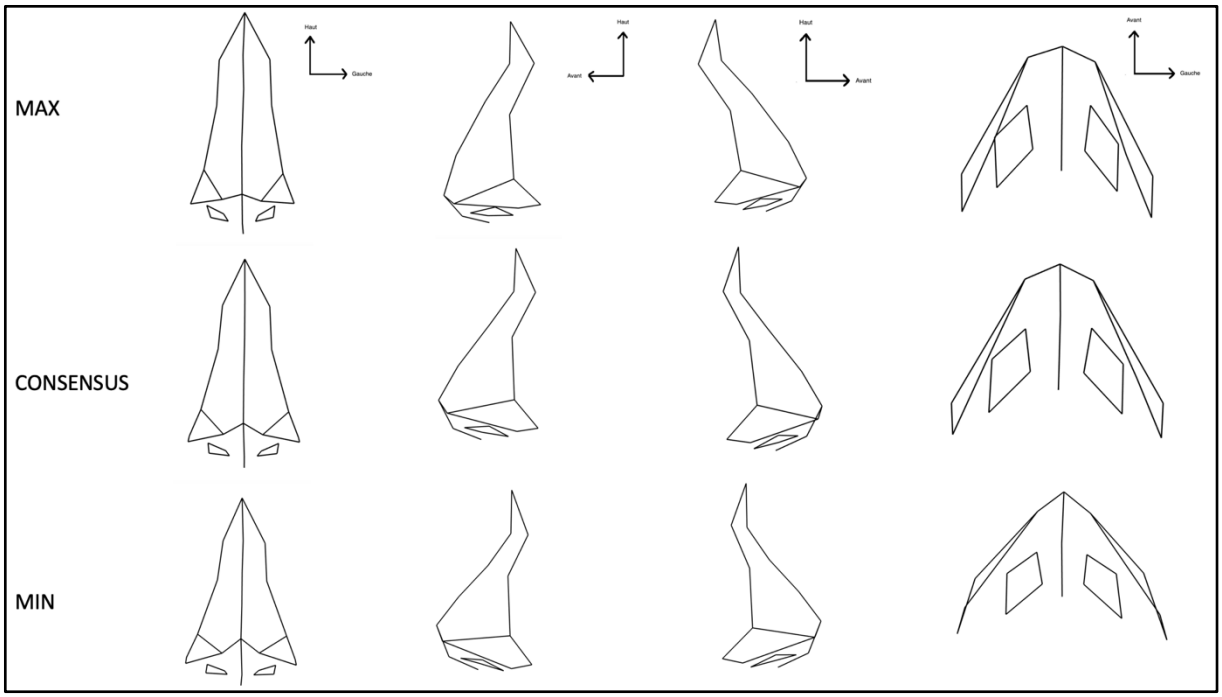


Figure 102. Conformations 3D du cluster 1 du groupe « Contrôle » : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Absence de dysmorphose

Le cluster 1 correspondait à un nez sans anomalie notable. Il peut être illustré par la *Figure 103*.

Figure 103. Groupe « Contrôle », Cluster 1 : Nez sans dysmorphose notable

Le cluster 2 comprenait 19 individus. (38%) La CP1 représentait 19% de la variance. Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 sont illustrées dans les *Figures 104* et *105*.

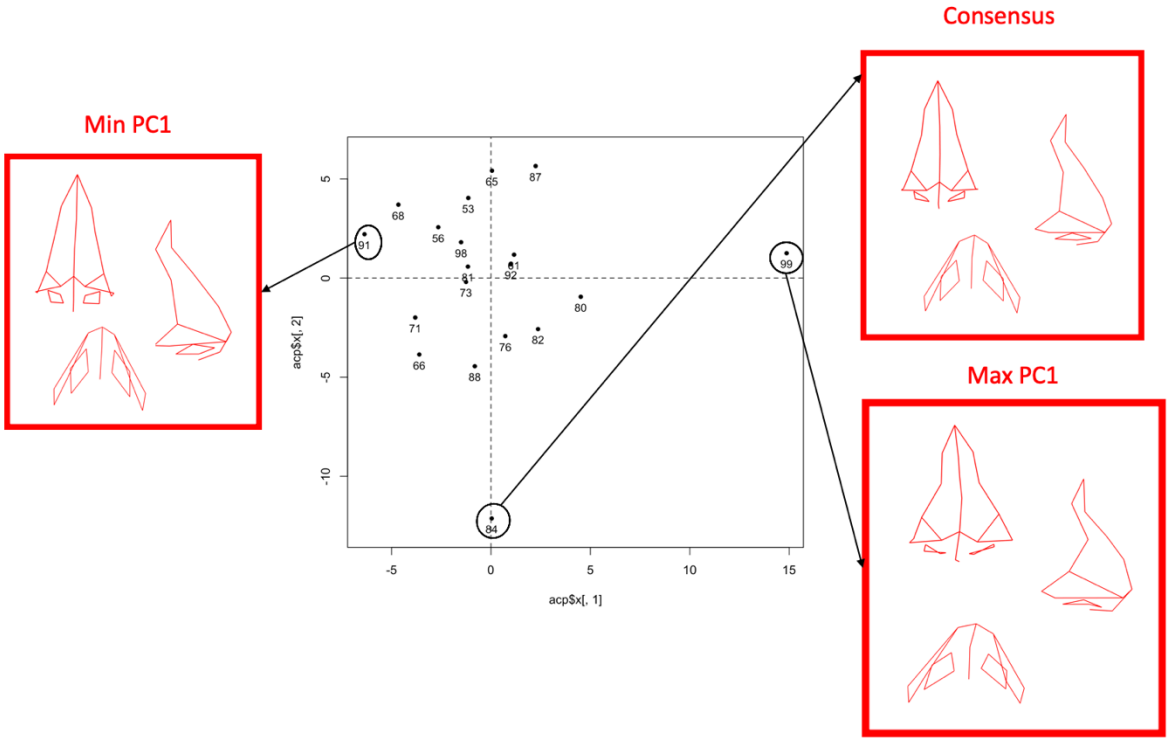


Figure 104 : Répartition des individus du cluster 2 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale

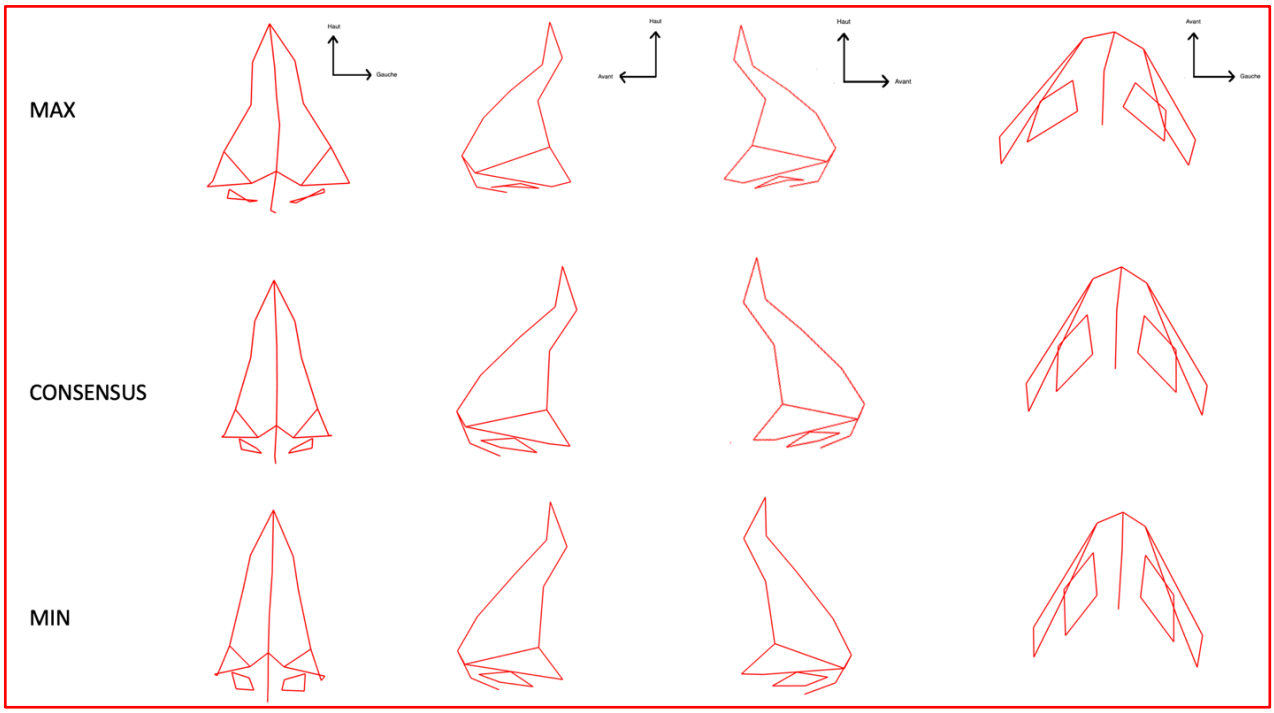


Figure 105. Conformations 3D du cluster 2 du groupe « Contrôle » : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Déviation frontale avec cyphose

Le cluster 2 correspondait à un nez avec cyphose dorsale et déviation frontale. Il peut être illustré par la *Figure 106*.

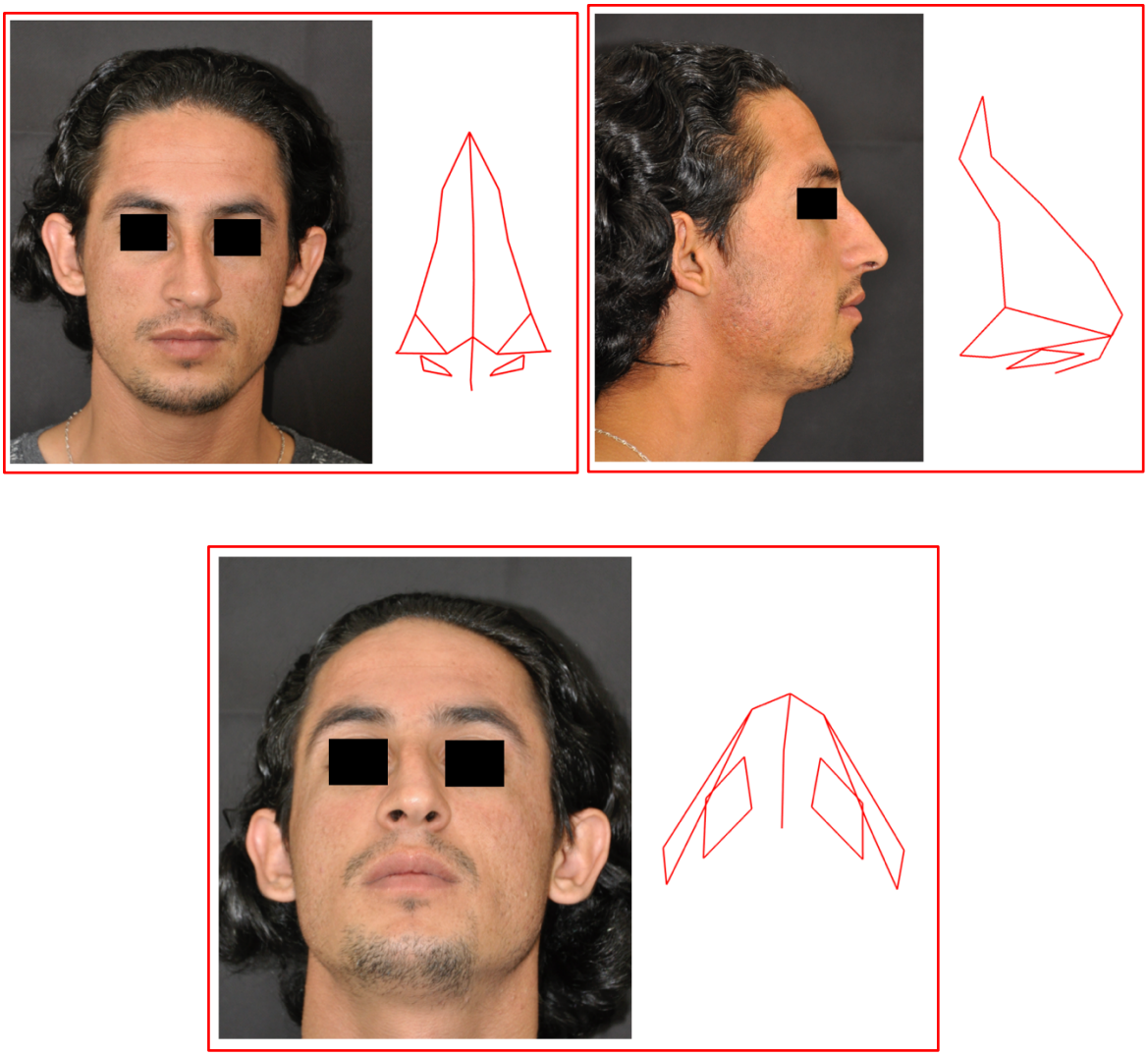


Figure 106. Groupe « Contrôle », Cluster 2 : Déviation frontale modérée avec cyphose dorsale. Consensus.

Le cluster 3 comprenait 9 individus. (18%) La CP1 représentait 30% de la variance. Les conformations 3D consensus et maximales le long de la CP1 sont illustrées dans les *Figures 107* et *108*.

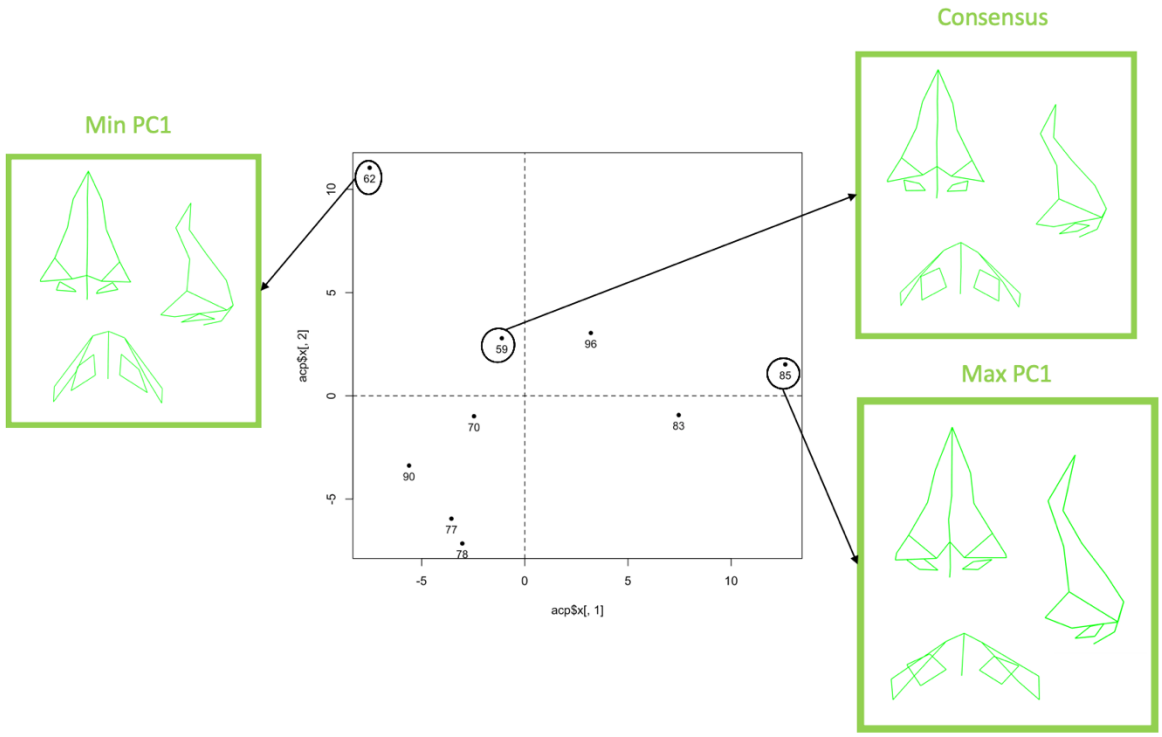


Figure 107 : Répartition des individus du cluster 3 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale

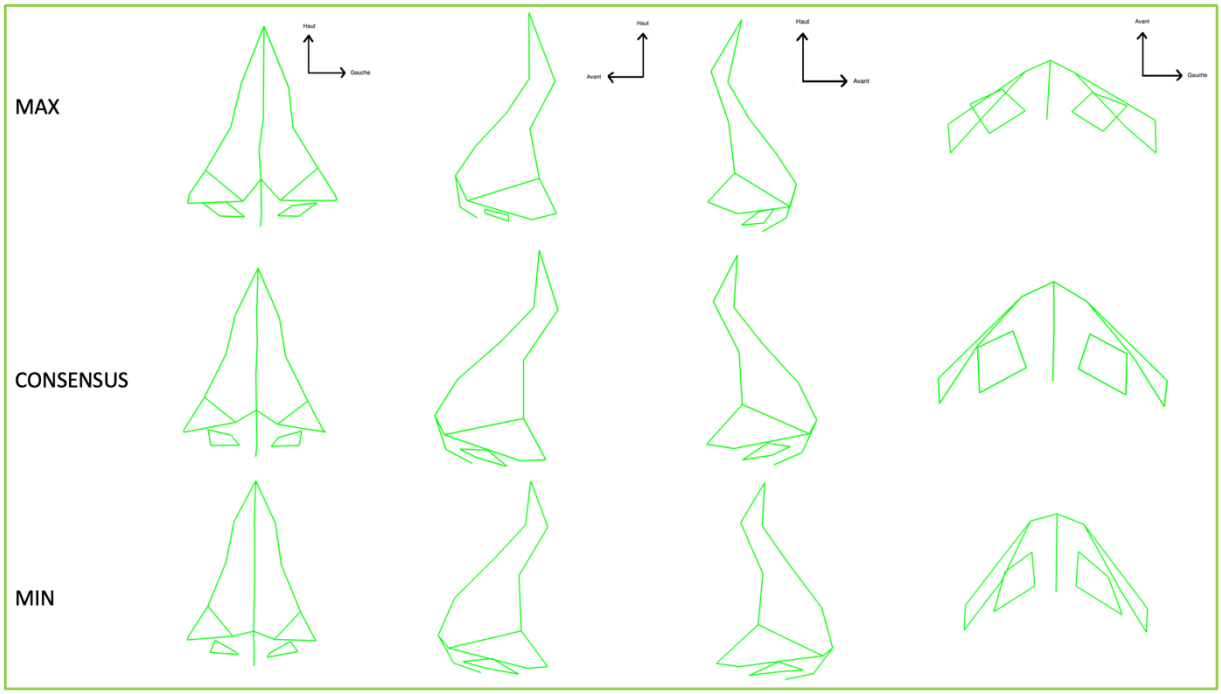


Figure 108. Conformations 3D du cluster 3 du groupe « Contrôle » : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Hypoprojection globale du nez

Le cluster 3 correspondait un nez hypoprojeté avec une pointe large, sans déviation frontale. Il peut être illustré par la *Figure 81* comme cité précédemment.

3.4. Synthèse des résultats

Contrôle validité des landmarks

La variabilité intra-observateur sur l'ensemble des landmarks était de à 10% (16% pour le nez cartilagineux, 6% pour le nez osseux).

La variabilité inter-observateur s'élevait à 24% pour l'ensemble des landmarks. Ces résultats sont concordants avec ceux du chapitre II.

Partionnement de la population et classification des dysmorphoses associées à leur prévalence

Population générale

Cluster 1 : Cyphose dorsale avec projection variable de la pointe (35%)

Cluster 2 : Déviation frontale modérée (25%)

Cluster 3 : Pointe large et tombante de projection variable (29%)

Cluster 4 : Hypoprojection globale avec pointe large (11%)

Groupe « Rhinoplastie »

Cluster 1 : Déviation frontale marquée avec cyphose dorsale (14%)

Cluster 2 : Déviation frontale modérée avec projection variable du dorsum (26%)

Cluster 3 : Hyperprojection du nez avec pointe tombante (48%)

Cluster 4 : Pointe asymétrique (12%)

Groupe « Contrôle »

Cluster 1 : Pas de dysmorphose notable (44%)

Cluster 2 : Déviation frontale modérée avec cyphose (38%)

Cluster 3 : Hypoprojection globale avec pointe large (18%)

4. Discussion

Nouveautés

L'objectif de notre étude était d'évaluer, à l'aide de la MG, la variation des conformations de la pyramide nasale au sein d'une population de patients ayant ou non bénéficié d'une rhinoplastie. Nous cherchions également à établir une classification de ces conformations. Nous avons montré que la MG, grâce aux points-repères ici utilisés, permettait de classer les pyramides nasales de façon objective. Le partitionnement de notre population retrouvait des types de nez différents, correspondant aux critères cliniques habituels.

Il s'agit de la première utilisation de la MG comme outil d'étude de la variation morphologique de la pyramide nasale. Ce procédé permet de s'affranchir des contraintes de taille, de position et d'orientation afin d'étudier la conformation d'un objet et de le comparer à d'autres dans une population donnée. Cet objet peut être d'origine biologique ou non. Elle a d'abord été développée comme instrument statistique de biologie comparative par les paléoanthropologues afin de comparer les crânes de différentes espèces et tenter d'établir des liens de parenté entre eux : il s'agit de la classification phylogénétique[16].

Son application s'est élargie à d'autres domaines, notamment la médecine et l'anthropologie, permettant d'évaluer les différences de conformation d'un organisme ou partie de celui-ci. Nous avons déjà utilisé dans notre service cette méthodologie afin d'analyser les déviations septales et mis en évidence deux grands types de déviations (en S et en C), en accord avec les données de la littérature[3].

Applicabilité de la méthodologie

Cette étude fait suite à un travail de recherche validant la faisabilité de la méthode sur une population de 40 patients, comme rappelé dans le deuxième chapitre. Nous avons défini 27

points repères cutanés à la surface de la pyramide nasale (*Tableau I, Figure 12*). Ce sont essentiellement des landmarks de type II situés à des maximums de courbure. Les taux de répétabilité et de reproductibilité ont permis, à deux reprises, de valider la fiabilité de nos landmarks et d'affirmer que les constatations observées ne sont pas liées à une erreur de mesure. L'utilisation des logiciels de reconstruction 3D est intuitive et aisée. La mise en place des 27 landmarks nécessite seulement quelques minutes. La maîtrise des logiciels d'analyse statistique demandent une courte formation.

Comparaison avec d'autres méthodes

Notre approche est novatrice et s'oppose à l'évaluation classique de la conformation nasale faisant appel à l'examen clinique ou à l'étude céphalométrique.

L'étude céphalométrique est une méthode de morphométrie « classique » de mesures de distances linéaires et d'angles entre des points homologues. A partir des données céphalométriques, il est possible de proposer une analyse observationnelle afin d'obtenir une classification. La céphalométrie présente cependant de nombreux inconvénients comme la corrélation importante avec la taille du sujet. De plus, deux objets de forme différente peuvent présenter des distances linéaires identiques. Si des corrections par des indices (rapports de distance) peuvent gommer ces différences, elles sont source d'imprécision. La représentation graphique de l'objet n'est, également, pas possible. Par ailleurs, dans la littérature, on ne retrouve pas de description des dysmorphoses nasales, ni d'évaluation de leur prévalence dans la population[21,22].

L'examen clinique classique reste une analyse subjective, influencée par l'expérience de l'observateur. Les standards esthétiques du nez varient en fonction des régions du monde et les dysmorphoses mises en évidence, ainsi que les stratégies chirurgicales pouvant y remédier,

peuvent varier en fonction du contexte socio-culturel. L'ensemble de ces éléments s'oppose à une analyse totalement objective.

Analyse des partitionnements de notre population

Population générale

Nous avons mis en évidence 4 clusters au sein de l'ensemble de notre population. Parmi les dysmorphoses présentes, on retrouve majoritairement une cyphose légère, un nez modérément dévié ou des anomalies de la pointe, qui sont les dysmorphoses les plus souvent retrouvées dans la population générale mais aussi chez les patients demandant une rhinoplastie[23].

Groupe rhinoplastie

Dans le groupe Rhinoplastie, les 4 clusters retrouvés correspondaient aux grandes demandes en rhinoplastie (nez dévié, cyphose ostéo-cartilagineuse, anomalies de position ou de symétrie de la pointe du nez) :

- le nez dévié, retrouvé chez près de 40% des patients (cluster 1 et 2) : il constitue à la fois un enjeu esthétique, du fait du retentissement social possible en cas de déviation très marquée et un enjeu fonctionnel lié à l'obstruction respiratoire en résultant. Dans la littérature, il s'agit d'une dysmorphose décrite comme fréquente, cependant aucun auteur n'estime sa prévalence. Il nécessite souvent une stratégie chirurgicale combinant plusieurs techniques (septoplastie extra corporelle, greffons cartilagineux, ostéotomies « out fractures ») ...[24].
- le nez avec cyphose dorsale, dans la moitié des cas associé à une pointe large et tombante. Le caractère « carré » de la pointe sur notre reconstruction 3D correspond en réalité à une pointe globuleuse, dont la représentation plus arrondie était rendue impossible par le nombre fini de landmarks. L'association de ces anomalies est rencontrée fréquemment dans la population du bassin méditerranéen. En effet, selon une étude récente de 2019, le « nez méditerranéen » comprend comme dysmorphoses les plus fréquentes une cyphose dorsale et une pointe

globuleuse et tombante[25]. Il est également décrit comme plus large au niveau du dorsum et de la pointe que le nez « caucasien ». En considérant le bassin de population au sein duquel sont recrutées nos indications de rhinoplastie, il était normal de retrouver de façon importante les dysmorphoses liées au nez ethnique « méditerranéen ». La présence d'une cyphose dorsale au sein de nos clusters du groupe Rhinoplastie, est retrouvée dans presque 90% des cas. Nos chiffres sont concordants avec la littérature. Santos *et al.* rappelle qu'il est retrouvé au sein d'une population de caucasiens méditerranéens en demande de rhinoplastie un taux de 78% de cyphose dorsale[25].

- l'asymétrie de la pointe, dont l'étiologie peut être multifactorielle (anomalie des cartilages latéraux inférieurs en particulier). L'asymétrie est un élément majeur en chirurgie esthétique et plus particulièrement en rhinoplastie car il va souvent motiver la décision du patient de se faire opérer[26]. Dans une étude américaine, le taux de malposition des cartilages latéraux inférieurs était de 18% dans leur population de rhinoplastie primaire[27]. Il est concordant dans notre étude avec un taux de 12%.

Groupe « Contrôle »

Dans le groupe « Contrôle », on retrouve 3 clusters. De façon attendue, le premier cluster comprend la majorité des patients (44%), présentant une morphologie ostéocartilagineuse de la pyramide nasale sans dysmorphose notable. Dans le deuxième cluster, il existe des dysmorphoses modérées. Nous rappelons que le groupe « Contrôle » ne correspond pas à un groupe de patients ayant tous un nez « normal », mais à un échantillon de la population générale. Ainsi, pour une même déformation, un patient peut ou non désirer un geste chirurgical. Comment peut-on expliquer cette différence ? Plusieurs études se sont intéressées au profil psychologique des patients opérés de rhinoplastie et il ressort que dans cette population, le taux de troubles psychologiques tels que l'anxiété, l'hypochondrie ou l'insomnie

est plus élevée que dans des groupes « Contrôle »[28]. Ainsi, le profil psychologique peut influencer la demande chirurgicale.

Les conformations retrouvées dans le dernier cluster correspondent à une conformation retrouvée dans la population d'origine d'Africaine noire. Il s'agit d'un nez « ethnique » se caractérisant par des os propres du nez raccourcis et plats, une valve nasale aplatie et une pointe manquant de soutien avec élargissement des ailes narinaires. La racine du nez est basse, le dorsum est large et la pointe manque de projection. Les narines sont classiquement aplaties et évasées avec une orientation horizontale[29]. Dix-huit pourcents de nos patients présentent ces caractéristiques. Cette morphologie de la pyramide nasale ne représente pas une indication chirurgicale particulière dans notre population. Cependant, les gestes de chirurgie plastique sur les patients d'origine africaine sont en augmentation et représentent, aujourd'hui, 7 à 8% des indications aux États-Unis[30].

Limites

Notre méthodologie présente plusieurs limites. La principale d'entre elles est l'utilisation majoritaire de landmarks de type II. C'est particulièrement le cas pour les landmarks de la pointe du nez, qui constitue la zone anatomique la plus difficile à analyser. Il serait nécessaire d'augmenter considérablement le nombre de landmarks afin d'en obtenir une représentation fidèle et précise. C'est une limite importante, les anomalies du modelé de la pointe constituant une grande partie des indications chirurgicales[31,32]. On peut par exemple citer la technique de l'alolatéropexie, développée dans notre service, dans le cas d'une pointe tombante[33].

L'âge moyen des patients demandeurs de geste esthétique de la pyramide nasale est inférieur à celui de l'âge moyen de la population générale, expliquant la différence statistique entre les deux groupes de patients. Cela s'explique par la méthode de sélection des patients du groupe

« Contrôle ». Il s'agit d'individus sélectionnés consécutivement au sein d'une série de scanners des troncs supra-aortiques. L'anonymisation préalable des examens du groupe « Contrôle » ne permet pas de retracer leur histoire médicale. Les pathologies pour lesquelles sont réalisés ces examens touchent généralement une population plus âgée expliquant la différence entre les deux groupes. Cependant, nous estimons que les modifications conformationelles de la pyramide nasale entre 25 et 50 ans restent modérées, en l'absence de pathologie ou d'évènement intercurrent, cela n'altérant pas la comparabilité des groupes.

L'exclusion des rhinoplasties secondaires et tertiaires introduit un biais de sélection dans notre étude. La résection trop importante du dorsum lors d'une rhinoplastie va entraîner l'apparition d'une déformation à type d'ensellure[34]. Il s'agit donc d'une dysmorphose rencontrée chez des patients déjà opérés, demandeurs d'une reprise chirurgicale. Cette dysmorphose n'est pas retrouvée chez nos patients du fait de l'exclusion des rhinoplasties secondaires. Leur intégration lors des prochains travaux permettrait d'obtenir, avec l'intégration des ensellures nasales, une classification exhaustive des dysmorphoses rencontrées en pratique clinique.

Perspectives

L'augmentation du nombre de landmarks permettrait d'obtenir une représentation plus précise de la conformation nasale. Cependant, ce peut aussi devenir un facteur de confusion (plus on augmente le nombre de landmarks, plus la variabilité augmente en l'absence de points anatomiques fiables).

Il est aussi possible d'utiliser d'autres méthodes d'analyse conformationelle :

La méthode des semilandmarks ou points repères « glissants », a été introduite par Bookstein en 1991 et étendue aux courbes en 3D et aux surfaces par Gunz et al. en 2005[5,35].

Un semilandmark est un point repère dont la position géométrique dépend de celles d'un ensemble de landmarks. Les semilandmarks sont en général régulièrement répartis, soit le long

d’une courbe, soit sur une surface définie par des landmarks. Les semilandmarks sont utilisés lorsque les landmarks ne suffisent pas à décrire la complexité d’une forme.

Il peut également être intéressant d’étendre notre méthode à une analyse plus complète du visage. L’utilisation d’autre points repères sur la face comme la lèvre supérieure, le menton ou le front permettrait d’obtenir une analyse de la pyramide nasale intégrée dans une analyse globale du visage (angle naso-labial, orientation précise de la pointe, projection du menton). C’est le concept de « profiloplastie» développée par certains auteurs[36]. Notre méthode pourrait y être appliquée dans de prochaines études.

Enfin, notre protocole pourrait être utilisé comme un outil de planification chirurgicale. A l’aide de la MG, nous pouvons estimer les types de dysmorphoses rencontrées au sein d’une population et leur prévalence. Nous pourrions proposer une stratégie chirurgicale anticipée et adaptée pour chacune d’entre elles. Ainsi, cela permettrait d’aider le chirurgien en proposant au patient une prise en charge codifiée, tout en restant à l’écoute de ses demandes personnalisées.

5. Conclusion

Le nez et le visage sont des structures d'une variabilité importante chez l'Homme et sont à l'origine de notre identité. Nous avons utilisé la MG afin d'étudier les variations de conformations des pyramides nasales, permettant de s'affranchir des contraintes de taille, de position et d'orientation. C'est la première fois que cet outil est utilisé afin de comparer les conformations nasales. Le partitionnement de notre population à l'aide d'outils statistiques a permis de mettre en évidence des conformations classiquement retrouvées dans notre bassin de population. Ces conformations sont concordantes avec celles retrouvées dans la littérature et attestent de la fiabilité de notre méthode. Ce travail peut s'inscrire dans un une analyse à grande échelle et permettre des classifications plus robustes des dysmorphoses rencontrées en pratique clinique. De plus, il permet également d'obtenir une prévalence de ces dysmorphoses au sein d'une population donnée, ce qui n'est pas fréquemment retrouvé dans la littérature.

Notre méthode nécessite cependant d'être améliorée, en proposant par exemple une plus grande discrimination au niveau de la pointe avec l'augmentation du nombre de landmarks ou par l'application de landmarks sur l'ensemble du visage.

Bibliographie

1. Guyuron, B. Precision rhinoplasty. Part I: The role of life-size photographs and soft-tissue cephalometric analysis. *Plast. Reconstr. Surg.* **81**, 489–499 (1988).
2. Cooke, S. B. & Terhune, C. E. Form, function, and geometric morphometrics. *Anat. Rec. Hoboken NJ 2007* **298**, 5–28 (2015).
3. Radulesco, T., Hazbri, D., Dessi, P., Adalian, P. & Michel, J. Geometric morphometric contribution to septal deviation analysis. *Surg. Radiol. Anat. SRA* **41**, 823–831 (2019).
4. Dryden, I. L. & Mardia, K. V. Statistical Shape Analysis. *Wiley* (1998).
5. Bookstein, F. L. Morphometric tools for landmark data. Geometry and Biology. *Camb. Univ. Press* (1991).
6. James Rohlf, F. & Marcus, L. F. A revolution morphometrics. *Trends Ecol. Evol.* **8**, 129–132 (1993).
7. Bookstein, F. L. Foundation of Morphometrics. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 451–70 (1982).
8. Bookstein, F. L. The Measurement of Biological Shape and Shape Change. *Lect. Notes Biomath.* **24**, (1978).
9. Zelditch, M. & Swiderski, D. *Geometric Morphometrics for Biologists - A Primer*. (2012).
10. Subhash, R. L. & Richtsmeier, J. T. *An Invariant Approach to Statistical Analysis of Shapes*. (2001).
11. Cucchi, T., Baylac, M., Evin, A., Bignon-Lau, O. & Vigne, J.-D. Morphométrie géométrique et archéozoologie : Concepts, méthodes et applications. in 197–216 (2015).
12. Moreddu, E. *et al.* Morphometric measurements and sexual dimorphism of the piriform aperture in adults. *Surg. Radiol. Anat. SRA* **35**, 917–924 (2013).
13. ISAPS Statistics. (2017).
14. Haute Autorité de Santé. *Indications de l'orthopédie dento-faciale et dento-maxillo-faciale chez l'enfant et l'adolescent*. (2002).
15. Radulesco, T. *et al.* The MiRa scale, a new standardised scale for evaluating nasal deformities before and after septorhinoplasty: A prospective study comparing patient satisfaction and the surgeon's assessment. *Clin. Otolaryngol. Off. J. ENT-UK Off. J. Neth. Soc. Oto-Rhino-Laryngol. Cervico-Facial Surg.* **42**, 1350–1357 (2017).
16. Ascarrunz, E., Claude, J. & Joyce, W. G. Estimating the phylogeny of geoemydid turtles (Cryptodira) from landmark data: an assessment of different methods. *PeerJ* **7**, e7476 (2019).
17. Lois Zlolniski, S. *et al.* 3D geometric morphometric analysis of variation in the human lumbar spine. *Am. J. Phys. Anthropol.* (2019). doi:10.1002/ajpa.23918
18. Loth, A. *et al.* Analysis of Hyoid-Larynx Complex Using 3D Geometric Morphometrics. *Dysphagia* **30**, 357–364 (2015).
19. Ozdemir, F. & Uzun, A. Anthropometric analysis of the nose in young Turkish men and women. *J. Cranio-Maxillo-fac. Surg. Off. Publ. Eur. Assoc. Cranio-Maxillo-fac. Surg.* **43**, 1244–1247 (2015).
20. Mehta, N. & Srivastava, R. K. The Indian nose: An anthropometric analysis. *J. Plast. Reconstr. Aesthetic Surg. JPRAS* **70**, 1472–1482 (2017).
21. Leong, S. C. L. & White, P. S. A comparison of aesthetic proportions between the Oriental and Caucasian nose. *Clin. Otolaryngol. Allied Sci.* **29**, 672–676 (2004).
22. Ballin, A. C. *et al.* Anthropometric study of the caucasian nose in the city of Curitiba: relevance of population evaluation. *Braz. J. Otorhinolaryngol.* **84**, 486–493 (2018).
23. Eskandarlou, M. & Motamed, S. Evaluation of frequency of four common nasal

anatomical deformities in primary rhinoplasty in a tehran plastic surgery center. *World J. Plast. Surg.* **3**, 122–128 (2014).
24. Thomassin, J.-M., Radulesco, T. & Bardot, J. Les nez déviés. *Ann. Chir. Plast. Esthét.* **59**, 498–507 (2014).
25. Santos, M., Monteiro, D., Coutinho, M., E Sousa, C. A. & Ferreira, M. G. Caucasian Mediterranean patients seeking rhinoplasty-Anthropometric measurements and prevalence of major deformities. *Clin. Otolaryngol. Off. J. ENT-UK Off. J. Neth. Soc. Oto-Rhino-Laryngol. Cervico-Facial Surg.* **44**, 581–587 (2019).
26. Lindemann, J. *et al.* [Analysis of facial asymmetry in patients with crooked noses]. *Laryngorhinootologie.* (2019). doi:10.1055/a-0987-9945
27. Constantian, M. B. Four common anatomic variants that predispose to unfavorable rhinoplasty results: a study based on 150 consecutive secondary rhinoplasties. *Plast. Reconstr. Surg.* **105**, 316–331; discussion 332-333 (2000).
28. Naraghi, M. & Atari, M. Development and Validation of the Expectations of Aesthetic Rhinoplasty Scale. *Arch. Plast. Surg.* **43**, 365–370 (2016).
29. Cobo, R. Ethnic rhinoplasty. *HNO* **66**, 6–14 (2018).
30. Boyette, J. R. & Stucker, F. J. African American rhinoplasty. *Facial Plast. Surg. Clin. N. Am.* **22**, 379–393 (2014).
31. Dhir, K. & Ghavami, A. Reshaping of the Broad and Bulbous Nasal Tip. *Clin. Plast. Surg.* **43**, 115–126 (2016).
32. Cingi, C., Bayar Muluk, N., Winkler, A. & Thomas, J. R. Nasal Tip Grafts. *J. Craniofac. Surg.* **29**, 1914–1921 (2018).
33. Radulesco, T., Thomassin, J.-M., Dessi, P. & Michel, J. Alolateropexy for management of droopy nose. *Clin. Otolaryngol. Off. J. ENT-UK Off. J. Neth. Soc. Oto-Rhino-Laryngol. Cervico-Facial Surg.* **43**, 774–776 (2018).
34. Daniel, R. K. & Brenner, K. A. Saddle nose deformity: A new classification and treatment. *Facial Plast. Surg. Clin. N. Am.* **14**, 301–312, vi (2006).
35. Gunz, P., Mitteroecker, P. & Bookstein, F. Semilandmarks in Three Dimensions. in *Modern Morphometrics in Physical Anthropology* 73–98 (2005). doi:10.1007/0-387-27614-9_3
36. Achache, M. & Thomassin, J.-M. [Aesthetic profiloplasty: retrospective study of 101 cases]. *Rev. Laryngol. - Otol. - Rhinol.* **134**, 241–249 (2013).

Conclusion générale

L'analyse de la pyramide nasale et du visage a déjà fait l'objet de nombreuses publications scientifiques s'attachant à proposer des méthodes permettant de décrire les principales dysmorphoses rencontrées. L'apparition de nouveaux outils bio-statistiques ces dernières années ont permis l'étude de la conformation d'objets complexes. A travers ce travail, nous avons montré l'intérêt de la méthode de la MG, comme outil d'analyse, permettant de caractériser de façon statistique et objective les conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale et de les classer en fonction de leurs caractéristiques morphologiques communes. Il s'agit de la première utilisation de la MG à cet effet.

Notre première étude a permis de valider l'utilisation de cet outil dans l'analyse de la conformation de la pyramide nasale chez 40 patients opérés de rhinoplastie.

Notre seconde étude, cœur de ce travail de thèse, a permis, dans une population de 100 patients opérés ou non de rhinoplastie, d'obtenir une classification des dysmorphoses nasales et leur prévalence respective. Ces résultats sont concordants avec d'autres études utilisant des outils différents.

Ces travaux doivent maintenant être poursuivis pour permettre, dans l'avenir, d'intégrer pleinement notre méthode dans la planification chirurgicale de la rhinoseptoplastie.

Liste des Abréviations

Morphométrie géométrique (MG)

Analyse en composante principale (ACP)

Composante principale n°1 (CP1)

Composante principale n°2 (CP2)

Trois dimensions (3D)

Liste des Figures

Figure 1. Deux triangles définis par leurs points repères homologues.
Figure 2. Centrage des triangles sur leur point centroïde.
Figure 3. Calcul de la taille centroïde d'un triangle équilatéral dans un plan bidimensionnel
Figure 4. Normalisation de la taille centroïde des triangles
Figure 5. Rotation des triangles autour du point centroïde
Figure 6. Espace de pré-conformation avec les distances procustes partielles dp et totales df
Figure 7. A. Espace de conformation sphérique de Kendall
B. Projection des points sur le plan tangent à la conformation moyenne
Figure 8. Region of interest (ROI) de la reconstruction 3D de l'orifice piriforme
Figure 9. Histogramme de l'image permettant de déterminer le seuil
Figure 10. Seuil mettant en évidence la différence entre structures osseuses et structures molles/aériennes
Figure 11. Reconstruction 3D de l'orifice piriforme
Figure 12. Region of interest (ROI) de la reconstruction 3D de la pyramide nasale
Figure 13. Seuil mettant en évidence la différence entre revêtement cutané et structures aériennes
Figure 14. Reconstruction 3D de la pyramide nasale
Figure 15. Positionnement des 10 landmarks osseux sur les reconstructions 3D
Figure 16. Positionnement des 27 landmarks cutanés sur les reconstructions 3D
Figure 17. Les deux points bleus représentent le rhinion et le prosthion (positionnés sur une représentation triangulaire de l'orifice piriforme). Le point rouge représente la pointe du nez.
Figure 18. Les lignes vertes représentent les distances séparant respectivement les deux points bleus et le point rouge du centroïde des deux points bleus
Figure 19. Superposition procuste généralisée des 10 landmarks osseux
Figure 20. Conformation moyenne de l'orifice piriforme après superposition procuste généralisée
Figure 21. Proportion de variance de l'ACP des landmarks osseux
Figure 22. Représentation des 40 conformations le long de CP1 et CP2
Figure 23. Représentation 3D de l'individu consensus le long de l'axe CP1
Figure 24. Représentation 3D de l'individu avec le maximum de variation le long de l'axe CP1
Figure 25. Représentation 3D de l'individu avec le minimum de variation le long de l'axe CP1
Figure 26. Superposition procuste généralisée des 27 landmarks cutanés
Figure 27. Conformation moyenne de la pyramide nasale après superposition procuste *généralisée*
Figure 28. Proportion de variance de l'ACP des landmarks cutanés
Figure 29. Représentation des 40 conformations le long de CP1 et CP2
Figure 30. Représentation 3D de l'individu consensus le long de l'axe CP1
Figure 31. Représentation 3D de l'individu avec le maximum de variation le long de l'axe CP1
Figure 32. Représentation 3D de l'individu avec le minimum de variation le long de l'axe CP1
Figure 33. Représentation 3D de l'individu consensus le long de l'axe de la CP2 *p40*
Figure 34. Représentation 3D de l'individu avec le maximum de variation le long de l'axe CP2
Figure 35. Représentation 3D de l'individu avec le minimum de variation le long de l'axe CP2
Figure 36. Nombre de clusters déterminé par la règle du coude. On retient 4 clusters dans notre étude.
Figure 37. Dendrogramme avec le niveau de coupe définissant les 4 clusters
Figure 38. Répartition des conformations pour chaque cluster
Cluster 1 : noir ; Cluster 2 : rouge ; Cluster 3 : bleu ; Cluster 4 : vert
Figure 39. Superposition procuste des conformations du cluster 1

Figure 40. Proportion de variance pour chaque composante principale et représentation orthogonale des individus du cluster 1 en fonction de CP1 et CP2
Figure 44 : Conformation 3D consensus du cluster 1
Figure 45 : Conformation 3D maximum du cluster 1
Figure 46 : Conformation 3D minimum du cluster 1
Figure 44. Superposition procuste des conformations du cluster 2
Figure 45. Proportion de variance pour chaque composante principale et représentation orthogonale des individus du cluster 2 en fonction de CP1 et CP2
Figure 47 : Conformation 3D consensus du cluster 2
Figure 48 : Conformation 3D maximum du cluster 2
Figure 49 : Conformation 3D minimum du cluster 2
Figure 50 : Superposition procuste des conformations du cluster 3
Figure 51 : Proportion de variance pour chaque composante principale et représentation orthogonale des individus du cluster 3 en fonction de CP1 et CP2
Figure 52 : Conformation 3D consensus du cluster 3
Figure 53 : Conformation 3D maximum du cluster 3
Figure 54 : Conformation 3D minimum du cluster 3
Figure 55 : Superposition procuste des conformations du cluster 4
Figure 56 : Proportion de variance pour chaque composante principale et représentation orthogonale des individus du cluster 4 en fonction de CP1 et CP2
Figure 57 : Conformation 3D consensus du cluster 4
Figure 58 : Conformation 3D maximum du cluster 4
Figure 59 : Conformation 3D minimum du cluster 4
Figure 60 : Étude de corrélation des distances rhinion-prosthion et point centroïde-pointe du nez sous R®
Figure 60 : Droite de régression linéaire illustrant la corrélation positive entre les deux distances
Figure 61. Region of interest (ROI) délimitant la pyramide nasale sur des images scannographiques au format DICOM
Figure 62. Histogramme de l'image permettant de déterminer le seuil
Figure 63. Seuil mettant en évidence la différence entre structures molles (en blanc) et structures aériennes (en bleu)
Figure 64. Reconstruction 3D de la pyramide nasale après distribution des contours actifs au sein de la Region Of Interest
Figure 65. Positionnement des 27 landmarks cutanés sur les reconstructions 3D sur une vue frontale, de latérale droite et une vue basale
Figure 66. Illustration du coude sur l'éboulis des valeurs. Ici on sélectionne les 2 premiers axes dont l'inertie est conservée.
Figure 67. Gain d'inertie des valeurs retrouvant, selon la règle du coude, 4 clusters dans la population totale
Figure 68. Dendrogramme illustrant le niveau de coupe et sélectionnant les individus dans 4 clusters 1 : noir ; 2 : rouge ; 3 : vert ; 4 ; bleu
Figure 69. Répartition des conformations de chaque individu dans chaque cluster
1 : noir ; 2 : rouge ; 3 : vert ; 4 ; bleu
Figure 70 : Répartition des individus du cluster 1 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale
Figure 71. Conformations 3D du cluster 1 de la population totale : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Cyphose ostéocartilagineuse légère et projection variable de la pointe

Figure 72. Population totale, Cluster 1 : Cyphose ostéocartilagineuse légère avec hyperprojection de la pointe du nez. Min PC1
Figure 73 : Répartition des individus du cluster 2 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale
Figure 74. Conformations 3D du cluster 2 de la population totale : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Déviation frontale modérée
Figure 75. Population totale, Cluster 2 : Déviation frontale modérée. Consensus
Figure 76 : Répartition des individus du cluster 3 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale
Figure 77. Conformations 3D du cluster 3 de la population totale : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Pointe large et tombante de projection variable
Figure 78. Population totale, Cluster 3 : Pointe du nez large et tombante. Min PC1
Figure 79 : Répartition des individus du cluster 4 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale
Figure 80. Conformations 3D du cluster 4 de la population totale : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Hypoprojection globale du nez
Figure 81. Population totale, Cluster 4 : Hypoprojection globale avec pointe large. Max PC1
Figure 82. Gain d'inertie des valeurs retrouvant, selon la règle du coude, 4 clusters dans le groupe Rhinoplastie
Figure 83 Dendrogramme illustrant le niveau de coupe et sélectionnant les individus dans 4 clusters 1 : noir ; 2 : rouge ; 3 : vert ; 4 ; bleu
Figure 84. Répartition des conformations de chaque individu dans chaque cluster
1 : noir ; 2 : rouge ; 3 : vert ; 4 ; bleu *p*
Figure 85 : Répartition des individus du cluster 1 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale
Figure 86. Conformations 3D du cluster 1 du groupe Rhinoplastie : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Déviation frontale très marquée avec cyphose
Figure 87. Groupe Rhinoplastie, Cluster 1 : Déviation frontale marquée avec cyphose. Max PC1
Figure 88 : Répartition des individus du cluster 2 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale
Figure 89. Conformations 3D du cluster 2 du groupe Rhinoplastie : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Déviation frontale modérée avec projection variable de la ligne de profil
Figure 90. Groupe Rhinoplastie, Cluster 2 : Déviation frontale modérée avec cyphose dorsale. Min PC1
Figure 91 : Répartition des individus du cluster 3 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale
Figure 92. Conformations 3D du cluster 3 du groupe Rhinoplastie : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Hyperprojection du nez avec pointe tombante pour Max PC1
Figure 93. Groupe Rhinoplastie, Cluster 3 : Cyphose dorsale avec pointe tombante. Consensus

Figure 94. Groupe Rhinoplastie, Cluster 3 : Pointe du nez tombante. Max PC1
Figure 95 : Répartition des individus du cluster 4 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale
Figure 96. Conformations 3D du cluster 4 du groupe Rhinoplastie : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Pointe asymétrique
Figure 97. Groupe Rhinoplastie, Cluster 4 : Pointe du nez asymétrique
Figure 98. Gain d'inertie des valeurs retrouvant, selon la règle du coude, 3 clusters dans le groupe Contrôle
Figure 99. Dendrogramme illustrant le niveau de coupe et sélectionnant les individus dans 4 clusters 1 : noir ; 2 : rouge ; 3 : vert
Figure 100. Répartition des conformations de chaque individu dans chaque cluster
1 : noir ; 2 : rouge ; 3 : vert
Figure 101 : Répartition des individus du cluster 1 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale
Figure 102. Conformations 3D du cluster 1 du groupe Contrôle : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Absence de dysmorphose
Figure 103. Groupe Contrôle, Cluster 1 : Nez sans dysmorphose notable
Figure 104 : Répartition des individus du cluster 2 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale
Figure 105. Conformations 3D du cluster 2 du groupe Contrôle : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Déviation frontale légère avec cyphose
Figure 106. Groupe Contrôle, Cluster 2 : Déviation frontale modérée avec cyphose dorsale. Consensus
Figure 107 : Répartition des individus du cluster 3 le long de l'axe de la CP1 et mise en évidence des sujets maximum, consensus et minimum avec leurs conformations tridimensionnelles de la pyramide nasale
Figure 108. Conformations 3D du cluster 3 du groupe Contrôle : individu maximum, consensus et minimum de variance le long de la CP1. Hypoprojection globale du nez

Liste des Tableaux

Tableau I. Définition des landmarks osseux *p25*
Tableau II. Définition des landmarks cutanés *p27*
Tableau III. Définition des landmarks cutanés. En gris, landmarks du « nez osseux ». Les landmarks sont listés dans l'ordre de pose sur les reconstructions tridimensionnelles. *p66*

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les moeurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

ORDRE NATIONAL DES MÉDECINS
Conseil National de l'Ordre