

# THESE

Pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par

ROQUES Caroline

Le 10 Janvier 2014

---

LA CFAO DANS LA PRATIQUE QUOTIDIENNE  
EN CABINET DENTAIRE ET EN LABORATOIRE  
DANS LA RÉGION MIDI-PYRÉNÉES EN 2013  
ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

Directeur de Thèse : DOCTEUR Jean CHAMPION  
Co-directeur de Thèse : DOCTEUR Elsa SOULES

---

## JURY

Président  
Assesseur  
Assesseur  
Assesseur

Professeur POMAR Philippe  
Docteur CHAMPION Jean  
Docteur ESCLASSAN Rémi  
Docteur SOULES Elsa



## FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

-----

### ➔ DIRECTION

#### ADMINISTRATEUR PROVISoire

Mr SIXOU Michel

#### ASSESEURS DU DOYEN

##### • ENSEIGNANTS :

Mme GRÉGOIRE Geneviève  
Mr CHAMPION Jean  
Mr HAMEL Olivier  
Mr POMAR Philippe

##### • PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme GRIMOUD Anne-Marie

##### • ÉTUDIANT :

Mr HAURET-CLOS Mathieu

#### CHARGÉS DE MISSION

Mr PALOUDIER Gérard  
Mr AUTHER Alain

#### RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme GRAPELOUP Claude

### ➔ HONORARIAT

#### DOYENS HONORAIRES

Mr LAGARRIGUE Jean +  
Mr LODTER Jean-Philippe  
Mr PALOUDIER Gérard  
Mr SOULET Henri

### ➔ ÉMÉRITAT

Mr PALOUDIER Gérard

### ➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

-----

#### 56.01 PÉDODONTIE

##### Chef de la sous-section :

**Mr VAYSSE**

Professeur d'Université :

Mme BAILLEUL-FORESTIER

Maîtres de Conférences :

Mme NOIRRI-ESCLASSAN, Mr VAYSSE

Assistants :

Mr DOMINÉ, Mme GÖTTLE

Chargés d'Enseignement :

Mme BACQUÉ, Mr TOULOUSE

#### 56.02 ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

##### Chef de la sous-section :

**Mr BARON**

Maîtres de Conférences :

Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL-SIXOU, Mr ROTENBERG,

Assistants :

Mme ELICEGUI, Mme OBACH-DEJEAN, Mr PUJOL

Chargés d'Enseignement :

Mr GARNAULT, Mme MECHRAOUI, Mr MIQUEL

#### 56.03 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE

##### Chef de la sous-section :

**Mr HAMEL**

Professeur d'Université :

Mme NABET, Mr PALOUDIER, Mr SIXOU

Maître de Conférences :

Mr HAMEL, Mr VERGNES

Assistant :

Mlle BARON

Chargés d'Enseignement :

Mr DURAND, Mr PARAYRE

**57.01 PARODONTOLOGIE*****Chef de la sous-section :*** **Mr BARTHET**

Maîtres de Conférences : Mr BARTHET, Mme DALICIEUX-LAURENCIN

Assistants : Mr MOURGUES, Mme VINEL

Chargés d'Enseignement : Mr. CALVO, Mr LAFFORGUE, Mr PIOTROWSKI, Mr SANCIER

**57.02 CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE. ANESTHÉSIOLOGIE ET RÉANIMATION*****Chef de la sous-section :*** **Mr CAMPAN**

Professeur d'Université : Mr DURAN

Maîtres de Conférences : Mr CAMPAN, Mr COURTOIS, Mme COUSTY

Assistants : Mme BOULANGER, Mr EL KESRI, Mme FERNET-MAGNAVAL

Chargés d'Enseignement : Mr FAUXPOINT, Mr GANTE, Mr L'HOMME, Mme LABADIE, Mr PLANCHAND, Mr SALEFRANQUE

**57.03 SCIENCES BIOLOGIQUES (BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE, GÉNÉTIQUE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE*****Chef de la sous-section :*** **Mr KÉMOUN**

Professeurs d'Université : Mme DUFFAUT

Maîtres de Conférences : Mme GRIMOUD, Mr KÉMOUN, Mr POULET

Assistants : Mr BARRAGUÉ, Mr BLASCO-BAQUE, Mme SOUBIELLE

Chargés d'Enseignement : Mr BARRÉ, Mr SIGNAT, Mme VALERA

**58.01 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE*****Chef de la sous-section :*** **Mr GUIGNES**

Maîtres de Conférences : Mr DIEMER, Mr GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE

Assistants : Mr ARCAUTE, Mlle DARDÉ, Mme DEDIEU, Mme DUEYMES, Mme FOURQUET, Mr MICHETTI

Chargés d'Enseignement : Mr BALGUERIE, Mlle BORIES, Mr ELBEZE, Mr MALLET, Mlle PRATS,

**58.02 PROTHÈSES (PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE COMPLÈTE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE)*****Chef de la sous-section :*** **Mr CHAMPION**

Professeurs d'Université : Mr ARMAND, Mr POMAR

Maîtres de Conférences : Mr BLANDIN, Mr CHAMPION, Mr ESCLASSAN, Mme VIGARIOS

Assistants : Mr CHABRERON, Mr DESTRUHOUT, Mr GALIBOURG, Mr HOBEILAH

Chargés d'Enseignement : Mr ABGRALL, Mr FLORENTIN, Mr FOLCH, Mr GHRENASSIA, Mme LACOSTE-FERRE, Mme LASMOLLES, Mr LUCAS, Mr MIR, Mr POGÉANT, Mr RAYNALDY

**58.03 SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES. OCCLUSODONTIQUES, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE*****Chef de la sous-section :*** **Mme GRÉGOIRE**

Professeur d'Université : Mme GRÉGOIRE

Maîtres de Conférences : Mme JONOT, Mr NASR

Assistants : Mr CANIVET, Mr DELANNÉE, Mr MONSARRAT

Chargés d'Enseignement : Mr AHMED, Mme BAYLE-DELANNÉE, Mme MAGNE, Mr TREIL, Mr VERGÉ

-----

*L'université Paul Sabatier déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats.  
(Délibération en date du 12 Mai 1891).*

*Mise à jour au 2 décembre 2013*

**- REMERCIEMENTS -**

**Je dédie cette thèse :**

**A ma mère**, ta force de caractère, tes valeurs, ton éducation et ton amour m'ont permis de devenir celle que je suis. Ma réussite est la tienne,

**A Nico**, mon inimitable et irremplaçable frère, pour ton humour au 10<sup>ème</sup> degré, ton autodérision légendaire et tes qualités humaines,

**A mon père** que j'aime malgré nos dissensions,

**A Bonne-Maman et Manou**, mes deux grands-mères adorées,

**A mon oncle Alain**, le seul de la famille qui lira ma thèse au delà des remerciements,

**A mes deux grands-pères décédés**, vos qualités professionnelles et le respect qu'elles ont suscité parmi vos pairs sont un exemple,

**A Isa**, ma marraine de choc !

**A Véronique, Marie-Jacques, Marc et Olivier**, mes tatas et tontons de cœur,

**A Pierre**, pour tous nos beaux moments et ceux qui nous restent à vivre.

Tu embellis ma vie,

**A Emma**, pour nos innombrables fous rires, ton amitié compte,

**A Adélie, Chachou, Maudichon et Camo**, pour nos épiques retours de soirées et nos inoubliables vacances. La vie à Toulouse est beaucoup moins fun sans vous, les filles !

**A Benny**, pour notre amitié débutée sur les bancs de Saint Stanislas. Ma P1 aurait été moins réjouissante sans toi. Mademoiselle Tessier serait fière de nous !

**A Sacha et Lulu**, pour nos souvenirs à la Fac mais surtout ailleurs.

Aux CRIT de copines avec leurs : « cafés - petits gâteaux », « tartiflettes pour cinq », « danseuses professionnelles » et « Pau-Pau-Paulette » bien sûr !

**A Marion**, pour nos souvenirs de P1, nos soirées à Saint-Jean, à Bayonne et aux « Happy Nights » de chez Tonton ...

**A mes amis d'enfance :**

**Magouche, Tatoune et Ninie**, pour nos parties de « cache-cache » légendaires en Espagne, nos tours « à cheval » et pour nos inoubliables moments d'enfance,

**Camcam, Boubou et Erwann**, pour nos souvenirs à Luchon et ailleurs,

**Benji**, mon frère de lait, pour ton aide et ta foi sans faille durant ma P1,

**Polo, Nico et Loulou**, vous êtes insupportables, mais qu'est ce qu'on se marre !

**Vincent et Loulou**, les sacrés Bélo !

**A Lalao**, ma super binôme, ta force tranquille aura su calmer mon sale caractère !

**A Loïc**, pour ton humour que nous adorons avec « Môman »,

**A tous mes camarades de la Faculté et de promotion**, pour tous les moments que nous avons partagés durant ces cinq années. Grâce à vous, j'ai vécu à ce jour les plus belles années de ma vie.

***A notre président du jury,***

**Monsieur le Professeur Philippe POMAR,**

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Vice-Doyen de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse,
- Lauréat de l'institut de Stomatologie et de Chirurgie Maxillo-Faciale de la Salpêtrière,
- Chargé de cours aux Facultés de Médecine de Toulouse-Purpan, Toulouse-Rangueil et à la Faculté de Médecine Paris VI,
- Enseignant-chercheur au CNRS-Laboratoire d'Anthropologies Moléculaires et Imagerie de Synthèse (AMIS-UMR 5288 CNRS),
- Habilitation à Diriger des recherches (H.D.R),
- Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques.

*Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous nous faites en acceptant la présidence de ce Jury de Thèse.*

*Qu'il nous soit permis de vous exprimer nos sincères remerciements et notre respect le plus profond.*

***A mon directeur de Thèse,***

**Monsieur le Docteur Jean CHAMPION,**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Vice-Doyen de la Faculté de Chirurgie dentaire de Toulouse,
- Responsable de la sous-section de Prothèses,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur d'Etat en Odontologie,
- DU Implantologie de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Marseille,
- Diplôme d'Implantologie Clinique de l'Institut Brånemark-Göteborg (Suède),
- Vice-Président du Conseil National des Universités (section : 58),
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

*Vous m'avez fait le très grand honneur de diriger cette thèse.*

*Je vous remercie de la qualité de votre enseignement ainsi que de votre simplicité et votre gentillesse durant mes années d'étude.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de ma gratitude et de mes sentiments les plus sincères.*

***A mon co-directeur de Thèse,***

**Madame le Docteur Elsa SOULES,**

- Ancienne Assistante Hospitalo-Universitaire d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Master 1 « Biosanté » mention : Anthropologie, ethnologie, sociologie de la santé.

*Je vous suis très reconnaissante d'avoir accepté de diriger ce travail.*

*Vos compétences et votre disponibilité m'auront été d'une grande aide.*

*Veillez trouver ici le témoignage de ma profonde reconnaissance et de mon amitié sincère.*

***A notre Jury,***

**Monsieur le Docteur Rémi ESCLASSAN,**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur de l'Université de Toulouse (Anthropobiologie),
- D.E.A d'Anthropobiologie
- Ancien Interne des Hôpitaux,
- Chargé de cours aux Facultés de Médecine de Toulouse-Purpan, Toulouse-Rangueil et Pharmacie (L1)
- Enseignant-Chercheur au Laboratoire d'Anthropologie Moléculaire et Imagerie de Synthèse (AMIS-UMR 5288-CNRS)
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

*Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de faire partie de ce jury de Thèse.*

*Votre gentillesse, votre disponibilité et votre empathie auront marqué mes études.*

*Ce fut un réel plaisir d'avoir fait partie de votre équipe en Prothèse Conjointe.*

*Veillez trouver ici le témoignage de ma plus grande gratitude.*

**- TABLE DES MATIÈRES -**

<b>INTRODUCTION</b>	p.15
<b>PARTIE 1 : LA CFAO EN ODONTOLOGIE</b>	p.17
<b>1. Généralités</b>	p.18
1.1. Définitions, domaines d'application et matériaux	p.18
1.1.1. Définitions	p.18
1.1.2. Domaines d'application	p.18
1.1.3. Matériaux	p.18
1.2. Historique	p.19
1.3. Contexte actuel	p.20
<b>2. Composants de la CFAO dentaire</b>	p.21
2.1. CFAO « directe », « semi-directe » ou « indirecte »	p.21
2.2. Etapes de la chaîne numérique	p.22
2.2.1. Acquisition des données numériques	p.22
2.2.1.1. Prise d'empreinte intra-buccale au cabinet	p.23
a) La CFAO « directe »	p.24
b) La CFAO « semi-directe »	p.27
2.2.1.2. Acquisition 3D au laboratoire	p.32
2.2.2. La conception assistée par ordinateur : CAO	p.33
2.2.2.1. La modélisation des restaurations	p.33
a) Au cabinet dentaire	p.33
b) Au laboratoire	p.34
2.2.2.2. Flux de données, systèmes ouverts ou fermés	p.34
2.2.3. La fabrication assistée par ordinateur : FAO	p.35
2.2.3.1. Deux techniques de FAO	p.36
a) Les techniques soustractives	p.36
b) Les techniques additives	p.37
2.2.3.2. Deux objectifs de fabrication	p.38
a) Fabrication de modèles calcinables	p.38
b) Fabrication en bonne matière	p.38

## **PARTIE 2 : ENQUÊTE AUPRÈS DE PRATICIENS ET DE PROTHÉSISTES EN MIDI-PYRÉNÉES** p.40

<b>1. Evaluation de la CFAO par les chirurgiens dentistes en Midi-Pyrénées</b>	p.41
1.1. Objectifs de l'enquête	p.41
1.2. Matériel et méthode	p.41
1.2.1. Recueil des données	p.41
1.2.2. Population cible	p.41
1.2.3. Méthode	p.42
1.3. Résultats	p.42
1.3.1. Renseignements généraux sur l'échantillon	p.42
1.3.1.1. La durée d'exercice	p.42
1.3.1.2. La localisation du cabinet	p.43
1.3.1.3. Le nombre de praticiens	p.43
1.3.2. La CFAO au cabinet dentaire	p.44
1.3.2.1. Utilisation d'outils CAO/FAO en cabinet dentaire	p.44
1.3.2.2. Praticiens n'utilisant pas d'outils CAO/FAO en technique directe, semi-directe ou indirecte : Les motifs	p.44
1.3.2.3. Praticiens utilisant des outils CAO/FAO en technique directe, semi-directe ou indirecte	p.45
a) Formations continues	p.45
b) Domaines d'application	p.46
c) Techniques	p.46
d) Impact sur l'activité au cabinet	p.47
a. Modification des habitudes de travail	p.47
b. Domaines modifiés	p.47
1.3.2.4. Praticiens travaillant en technique directe	p.48
a) Le taux	p.48
b) La machine utilisée	p.48
c) Les difficultés d'apprentissage	p.49
1.3.2.5. Praticiens travaillant en technique semi-directe ou indirecte : Lieux de fabrication des restaurations	p.50
1.3.2.6. Volonté d'investissement des praticiens	p.50
1.3.3. Questions plus générales sur la CFAO en odontologie	p.51
1.3.3.1. Avantages de la CFAO	p.51

1.3.3.2. Limites de la CFAO	p.52
a) Les inconvénients	p.52
b) Céramique usinée/maquillée versus céramique stratifiée	p.52
1.3.4. CFAO et pratique quotidienne	p.53
1.3.4.1. Avenir de la numérisation intra-buccale	p.53
1.3.4.2. Décision thérapeutique	p.53
1.3.4.3. Nouvelles technologies	p.54
1.3.4.4. Intérêt des patients	p.54
1.3.4.5. Relation praticien-prothésiste	p.55
a) Communication	p.55
b) Rupture de contrat	p.55
c) Avenir des « petits » laboratoires	p.56
d) La CPLD	p.56
1.3.4.6. Formation des futurs praticiens	p.57
1.4. Discussion	p.58
1.4.1. La CFAO au cabinet dentaire	p.58
1.4.1.1. La prise d'empreinte optique intra-orale	p.58
1.4.1.2. La CFAO directe au cabinet	p.59
1.4.2. Avantages et limites de la CFAO	p.60
1.4.3. Impact de la CFAO et évolution des pratiques	p.61
1.4.3.1. La CFAO et les patients	p.62
1.4.3.2. La CFAO et relation praticien-prothésiste	p.63
1.4.3.3. La CFAO et formation des futurs chirurgiens dentistes	p.64
1.5. Les limites de cette étude	p.65
<b>2. Evaluation de la CFAO par les prothésistes dentaires en Midi-Pyrénées</b>	p.67
2.1. Objectifs de l'enquête	p.67
2.2. Matériel et méthode	p.67
2.2.1. Recueil des données	p.67
2.2.2. Population cible	p.68
2.2.3. Méthode	p.68
2.3. Résultats	p.69
2.3.1. Renseignements généraux sur l'échantillon	p.69
2.3.1.1. La durée d'exercice	p.69

2.3.1.2.	Localisation du laboratoire de prothèse	p.69
2.3.2.	La CFAO au laboratoire de prothèse	p.70
2.3.2.1.	Utilisation d'outils CAO/FAO au laboratoire	p.70
2.3.2.2.	Prothésistes dentaires n'utilisant pas d'outils CAO/FAO	p.71
	a) Les motifs	p.71
	b) Volonté d'investissement	p.71
2.3.2.3.	Prothésistes dentaires utilisant des outils CAO/FAO	p.72
	a) Mode de travail	p.72
	b) Domaines de travail	p.72
	c) Méthodes de numérisation	p.73
2.3.2.4.	Prothésistes dentaires faisant de la FAO interne, mixte ou mutualisée	p.74
	a) Type(s) de machine(s) utilisée(s)	p.74
	b) Type(s) de matériau(x) utilisé(s)	p.74
2.3.3.	CFAO et pratique quotidienne	p.75
2.3.3.1.	Avantages de la CFAO	p.75
2.3.3.2.	Limites de la CFAO	p.76
2.3.3.3.	Empiètement de leurs parts de marché	p.77
	a) Les centres d'usinage	p.77
	b) Les machines de CFAO directe	p.77
2.3.3.4.	Relation praticien-prothésiste	p.78
	a) Instauration d'un partenariat avec les praticiens	p.78
	b) Communication praticien-prothésiste	p.78
2.3.3.5.	Transformation de leur profession par la numérisation	p.79
	a) Impact du numérique sur leur profession	p.79
	b) Déshumanisation de leur profession	p.79
2.3.3.6.	Evolution de leur profession	p.80
	a) Disparition des « petits » laboratoires	p.80
	b) La CPLD	p.80
2.4.	Discussion	p.81
2.4.1.	La CFAO au laboratoire de prothèse	p.81
2.4.2.	Avantages et limites de la CFAO	p.83
2.4.3.	Impact de la CFAO et évolution de leur métier	p.84
2.4.3.1.	Une nouvelle concurrence	p.84
2.4.3.2.	Relation praticien-prothésiste	p.85

2.4.3.3. Une nouvelle méthode de travail : la mutualisation	p.86
2.5. Les limites de cette étude	p.87
<b>CONCLUSION</b>	p.88
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	p.90
<b>ANNEXES</b>	p.94

## **INTRODUCTION**

Depuis les années 80 où elle a vu le jour, la CFAO n'a cessé d'évoluer et de se perfectionner dans le domaine de l'odontologie.

Aujourd'hui, les industriels ont compris l'enjeu du développement de ces outils de travail.

Les évolutions sont quasi quotidiennes, que ce soit dans la pratique en cabinet ou en laboratoire.

Aussi, de plus en plus de praticiens et prothésistes franchissent le pas et investissent dans ces nouveaux outils.

La CFAO devient incontournable, notamment en Allemagne où près de 84% des restaurations « tout céramique » sont aujourd'hui réalisées à l'aide d'outils CAO/FAO.

Dans ce contexte, nous avons souhaité connaître l'opinion des praticiens et des prothésistes sur la CFAO ainsi que l'impact de cette technique sur leur exercice quotidien en 2013.

A cette fin, après avoir parcouru la CFAO et ses caractéristiques dans une première partie, nous nous sommes intéressés à la CFAO dans la pratique quotidienne en cabinet dentaire et en laboratoire, dans la région Midi-Pyrénées, en 2013.

**PARTIE 1 : LA CFAO EN ODONTOLOGIE**

## **1. Généralités**

### 1.1. Définition, domaines d'application et matériaux (2, 4, 21, 31)

#### 1.1.1. Définition

Le sigle CFAO est l'abréviation de Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur.

Dans la profession, la CFAO désigne tous les équipements utilisés dans la chaîne numérique allant de la modélisation à la fabrication des prothèses dentaires.

Outre les logiciels de conception et de fabrication assistées par ordinateur, la CFAO dentaire comprend, en amont, les équipements de numérisation 3D (scanners) et en aval, les équipements de fabrication à commande numérique.

#### 1.1.2. Domaines d'application

Cette technologie utilisée à la fois en laboratoire et en cabinet dentaire peut être appliquée aux inlays, onlays, facettes, inlay-cores, prothèses fixes (unitaires et plurales), prothèses fixes sur implants (collées ou vissées), prothèses amovibles et prothèses amovibles sur implants.

Ces systèmes sont aussi utilisés en orthodontie, chirurgie et prothèse maxillo-faciale.

Pour chaque famille, les procédés de fabrication diffèrent mais les processus numériques restent sensiblement les mêmes.

#### 1.1.3. Matériaux (2, 12, 21)

Afin de satisfaire tous les types de prothèses, les matériaux disponibles sont plus nombreux que ceux qu'offrait la méthode traditionnelle.

Nous disposons d'une palette de matériaux en augmentation constante :

Les métaux (précieux ou non), les résines (composites ou associées à des céramiques) et les céramiques (vitreuses, feldspathiques ou autres zircones) sont travaillés en CFAO.

De plus en plus d'armatures sont fraisées en titane ou en cobalt-chrome.

La CFAO a, par ailleurs, permis la banalisation du tout céramique.

Les matériaux exploitables en CFAO dépendent de la technique de FAO utilisée, par addition ou soustraction.

Ainsi, en plus de procédés soustractifs indirects, qui produisent des prothèses dentaires à partir de blocs de matériaux bruts par enlèvement de matière, d'autres procédés additifs directs sont utilisés.

### 1.2. Historique (8, 9, 10, 27, 28, 29)

La CFAO a été développée dans les années 60 dans l'industrie aéronautique et automobile afin de simplifier et standardiser les techniques dans la réalisation de formes répétitives.

Or, dans le domaine dentaire, chaque pièce est unique.

Aucune dent n'est identique à une autre, chaque prothèse est fabriquée à un seul exemplaire.

Il était donc légitime de penser que la CFAO avait peu d'avenir dans un tel domaine.

En 1973, François DURET fut le concepteur et l'inventeur de la CFAO dentaire en proposant d'extrapoler ce concept à la réalisation de pièces prothétiques dentaires.

Il posa les bases de ce qui est aujourd'hui la CFAO dentaire dans sa thèse « L'empreinte optique ».

Ce travail, fruit de deux ans de recherches, décrit toutes les techniques aujourd'hui utilisées en CFAO : l'utilisation d'une lecture optique 3D, d'un ordinateur et d'un centre d'usinage.

L'équipe de chercheurs français constituée par François DURET présenta ses travaux pour la première fois aux Entretiens de Garancière en 1983.

Lors du congrès de l'ADF en novembre 1985, il démontra l'efficacité de son système en créant une couronne unitaire à son épouse en une heure.

Il développa plus tard le Sopha-System®.

D'autres équipes ont cherché à développer la CFAO, tant aux Etats-Unis qu'au Japon, mais ce sont finalement les travaux Européens qui ont fait aboutir la CFAO dentaire.

En 1987, l'association du Dr MÖRMANN (Suisse) et de Mr BRANDESTINI a permis la mise au point du Cerec 1<sup>®</sup> (Chairside Economical Restauration of Esthetic Ceramics). Ce système permettait de faire une empreinte en bouche et d'usiner des inlays en quelques minutes. Il fait aujourd'hui partie de la firme Sirona Dental System<sup>™</sup>.

Le Procéra<sup>®</sup> a vu le jour en 1987 grâce au Dr ANDERSON (Suédois). Il s'agit d'un système manufacturant de couronnes dentaires de haute précision.

Biocare<sup>™</sup> commercialisa le Procera<sup>®</sup> AllCeram en 1993.

A partir de 1985, il n'était plus nécessaire de démontrer la faisabilité de cette technologie, mais de prouver son efficacité et son intérêt pour la profession.

C'est dans les années 2000 qu'elle a acquis sa crédibilité chez les praticiens et les prothésistes.

Cette technologie a permis à l'odontologie d'entrer dans l'aire du numérique.

### 1.3. Contexte actuel (10)

La CFAO dentaire est devenue en moins de 25 ans un véritable système intégrable dans les laboratoires ou les cabinets dentaires.

Elle s'impose de plus en plus dans les laboratoires de prothèse et les cabinets dentaires commencent à s'équiper de caméras de prise d'empreinte 3D intra-orales, de scanners ou de systèmes de CFAO directe.

Elle est utilisée par plus de 33000 praticiens en méthode directe et participe à la réalisation de millions de prothèses chaque année.

En France, 1616 laboratoires sur 4800 étaient équipés en CFAO en 2011.

En 2010, le chiffre d'affaire de la CFAO était de 230 millions d'euros et représentait 50% du chiffre d'affaire des laboratoires équipés.

Le nombre de laboratoires s'équipant en CFAO ne cesse de progresser depuis 2007.

## **2. Composants de la CFAO dentaire (31)**

### 2.1. CFAO « directe », « semi-directe » ou « indirecte » (18, 19, 21)

L'évolution de la CFAO s'est faite dans deux directions :

- La première permet de réaliser une restauration en une seule séance en cabinet dentaire.
- La seconde fait appel à des laboratoires ou à des centres de production afin de réaliser des restaurations plus complexes, avec des matériaux plus difficiles à travailler.

Ainsi, nous pouvons différencier différentes méthodes de CFAO :

- En CFAO directe, le praticien réalise au cabinet et en une seule séance la restauration.

L'empreinte optique intra-buccale est traitée sur place, par le praticien qui réalise la restauration également sur place, à l'aide d'une unité d'usinage à commande numérique.

Cette technique ne permettant qu'un usinage de pleine masse de blocs de céramique ou de matières synthétiques, la machine du praticien fabrique en méthode directe des inlays, onlays, facettes céramiques, couronnes unitaires ou bridges provisoires.

- En CFAO semi-directe, l'empreinte optique enregistrée par le praticien est envoyée via internet à un laboratoire ou à un centre d'usinage partenaire.
- En CFAO indirecte, le praticien réalise une empreinte classique physico-chimique, la transmet au prothésiste, qui réalise l'acquisition numérique des données.

CFAO DIRECTE	CFAO SEMI-DIRECTE	CFAO INDIRECTE
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Empreinte optique intra-buccale</li> <li>2. Réalisation d'un modèle virtuel</li> <li>3. CAO</li> <li>4. FAO : usinage à froid et finitions</li> <li>5. Assemblage</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Empreinte optique intra-buccale</li> <li>2. Réalisation d'un modèle virtuel</li> <li>3. Envoi au labo via internet</li> <li>4. Fabrication d'un modèle résine par stéréolithographie ou usinage</li> <li>5. CAO</li> <li>6. FAO</li> <li>7. Finitions</li> <li>8. Retour au cabinet pour assemblage</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Empreinte classique physico-chimique</li> <li>2. Réalisation d'un modèle physique et scannage du modèle ou scannage de l'empreinte</li> <li>3. CAO</li> <li>4. FAO</li> <li>5. Finitions</li> <li>6. Retour au cabinet pour assemblage</li> </ol>

- Au cabinet
- Au laboratoire de prothèse

## 2.2. Etapes de la chaîne numérique (31, 17, 20)

La chaîne numérique correspond à l'ensemble des activités numériques menées sur un produit tout au long de son cycle de vie, sans rupture numérique.

Dans le domaine de la prothèse dentaire, elle commence à la saisie de la prescription du praticien, jusqu'à la fin de vie de la prothèse.

En CFAO, elle va de la numérisation de l'empreinte à la fabrication de la prothèse.

### 2.2.1. Acquisition des données numériques (23, 25)

Tout système CFAO en odontologie débute par l'acquisition des données topographiques de la zone de travail et de l'arcade antagoniste.

Ces données analogiques sont alors converties en données numériques : chaque point est alors mathématiquement défini par des coordonnées x, y et z.

Plusieurs concepts cohabitent actuellement :

- L'acquisition extra-orale sur des modèles coulés, des empreintes ou des maquettes. Elle est faite au laboratoire de prothèse par micropalpatation ou par scannage optique.
- L'empreinte optique intra-orale à l'aide d'une caméra intra-buccale.

#### 2.2.1.1. Prise d'empreinte intra-buccale au cabinet (1, 2, 3, 16, 24)

L'empreinte optique (PEO) intra-buccale, inventée par François DURET dans les années 70, est apparue au milieu des années 80 pour rester jusqu'à ces derniers temps assez confidentielle.

La PEO restait, jusqu'il y a peu de temps, le maillon faible de la chaîne numérique dans les cabinets dentaires.

Aujourd'hui, une quinzaine de caméras permet de faire des empreintes optiques 3D en bouche.

Ces caméras utilisent sensiblement le même principe d'empreinte optique, mais avec des fonctionnalités cliniques différentes.

Elles permettent une technique de prise d'empreinte plus rapide, précise et confortable.

Les systèmes de prise d'empreinte intra-orale peuvent se présenter sur « chariot ».

Les caméras Bluecam<sup>®</sup>, Omnicam<sup>®</sup> et Apollo DI<sup>®</sup> de Sirona<sup>™</sup>, la E4D Dentist<sup>®</sup> de D4D Technologie<sup>™</sup>, l'iTero<sup>®</sup> d'Align<sup>™</sup>, la Lava C.O.S<sup>®</sup> de 3M ESPE<sup>™</sup> et la TRIOS<sup>®</sup> de 3Shape<sup>™</sup>, sont les systèmes principalement utilisés en cabinet dentaire en France.

Les caméras permettant une PEO intra-orale au cabinet peuvent également être portatives. Elles sont plus compactes que les caméras sur « chariot » et sont connectables sur un ordinateur via un port USB, Firewire ou via une station. Nous pouvons citer, par exemple : la Cyrtina<sup>®</sup> de Cyrtina Oratio<sup>™</sup>, la Detection Eye<sup>®</sup> de Zirkohnzahn<sup>™</sup> ou la Trios<sup>®</sup> de 3Shape<sup>™</sup>.

Les PEO peuvent se classer comme suit selon leur destination :

a) La CFAO « directe »

Les données restent au cabinet pour y être traitées par un système de CFAO directe.

Différents systèmes peuvent-être utilisés :

➤ Le système Cerec® de Sirona™ (34)

Ces deux caméras sont associées à un clavier, un « trackball », un écran et un centre d'usinage.

○ La caméra Bluecam®



**Figure a** : La caméra Bluecam® (34)

Cette caméra a été présentée en 2009. Elle fonctionne en « point and click », par saisie d'un petit nombre de clichés et création d'un modèle 3D. La caméra projette une lumière bleue et se déclenche automatiquement. Elle nécessite un poudrage préalable des surfaces à enregistrer.

Ce système permet au praticien de fabriquer la prothèse entièrement au cabinet ou de se connecter à un laboratoire équipé en CAO.

○ La caméra Omnicam®



**Figure b** : La caméra Omnicam® (34)

Chez Sirona™, le dernier système est le système Omnicam®.

Il est commercialisé depuis le 16 août 2012.

Cette caméra fonctionne sur la base d'une saisie continue des données (« 3D in motion ») et la modélisation du modèle 3D en couleur.

Cette caméra ne nécessite pas de poudrage.

Ce système permet au praticien de fabriquer la prothèse entièrement au cabinet ou de se connecter à un laboratoire équipé en CAO.

Sirona™ a décliné différents systèmes en CFAO directe.

Les deux caméras et les trois centres d'usinage Cerec®, sont désormais disponibles en trois gammes : Classic, Advanced et Premium.

- La gamme Classic comprend la caméra Bluecam® et le centre d'usinage MCXL. Ce système permet de réaliser des reconstitutions unitaires.
- La gamme Advanced comprend la caméra Omnicam® et le centre d'usinage MCXL. Ce système permet de réaliser des reconstitutions unitaires, des bridges (3 éléments) ou des gouttières chirurgicales.
- La gamme Premium comprend la caméra Omnicam® et le centre d'usinage Inlab MCXL. Ce système offre l'éventail le plus complet de matériaux et le centre d'usinage le plus performant et permet l'usinage de bridges de grande étendue (jusqu'à 12 éléments), de modèles d'étude en résine (...)

➤ Le système E4D<sup>®</sup> de D4D<sup>™</sup> (32)



**Figure c** : Le système E4D<sup>®</sup> (32)

Cette caméra a été présentée en 2008.

Elle est associée à un écran, une souris, un clavier et un centre d'usinage.

L'acquisition de l'image se fait en « point and click ».

La caméra émet un laser.

Les surfaces à enregistrer ne nécessitent pas de poudrage.

Ce système permet au praticien de fabriquer la prothèse entièrement au cabinet ou de se connecter à un laboratoire équipé en CAO.

b) La CFAO « semi-directe »

Les données sont enregistrées au cabinet dentaire, par exemple grâce aux systèmes sur « chariot » : Apollo DI<sup>®</sup> de Sirona, iTero<sup>®</sup> d'Align, TRIOS<sup>®</sup> de 3Shape ou avec des caméras portatives.

On parle de CFAO semi-directe : les fichiers sont adressés via internet au laboratoire partenaire ou à un centre de production.

➤ La caméra APOLLO DI<sup>®</sup> de SIRONA (34)



**Figure d** : La caméra APOLLO DI<sup>®</sup> (34)

Cette caméra développée par Sirona<sup>™</sup> est destinée à externaliser la production via le portail Sirona Connect<sup>™</sup>.

Elle est disponible sur le marché depuis mars 2013.

Le système se compose d'une unité de prise d'empreinte, de la caméra intra-orale APOLLO DI<sup>®</sup> et du logiciel APOLLO Connect<sup>™</sup>.

Cette caméra nécessite un poudrage des surfaces à enregistrer.

Les données de modélisation numérique réalisées à partir du logiciel APOLLO Connect<sup>™</sup> sont transmises via la plateforme internet Sirona Connect<sup>™</sup> au laboratoire dentaire où elles sont ensuite traitées avec le système inLab<sup>™</sup> ou avec des systèmes externes (fichiers ouverts).

➤ Le système Lava C.O.S<sup>®</sup> de 3M ESPE<sup>™</sup> (13, 22, 35)



**Figure e** : Le système Lava C.O.S<sup>®</sup> (35)

Le système de prise d'empreinte Lava C.O.S<sup>®</sup> (Chairside Oral Scanner) de 3M ESPE<sup>™</sup> a été lancé en 2008 aux USA.

L'unité d'acquisition se compose d'un ordinateur, d'un écran tactile, d'une caméra et d'un vaporisateur de poudre.

Il est relié au réseau internet sans fil, pour l'envoi de fichiers numériques au laboratoire.

Le système d'empreinte optique Lava C.O.S<sup>®</sup> est destiné à l'acquisition des données en prothèse fixées (couronnes, bridges, inlays/onlays, facettes, ou des systèmes implantaires).

A l'aide du logiciel Lava C.O.S Lab Software<sup>™</sup>, le prothésiste assure le marquage des limites de préparation et la découpe des dies, avant de commander les modèles d'étude stéréolithographiés, chez 3M ESPE<sup>™</sup>. Ils serviront de support de travail au prothésiste. Si le modèle de travail n'est pas indispensable (prothèse unitaire), le prothésiste modélise et fabrique la pièce prothétique directement au laboratoire.

Le système d'empreinte optique Lava C.O.S<sup>®</sup> est destiné à l'acquisition des données en prothèse fixée (couronnes, bridges, inlays/onlays, facettes et systèmes implantaires).

➤ Le Système iTero®/Cadent d'Align™ (3, 5, 33)



**Figure f :** Le système iTero® (33)

Le système est arrivé sur le marché en 2007. D'abord commercialisé par Straumann™, il a récemment été racheté par la société Align™.

L'unité d'acquisition se compose d'une caméra, d'un écran, de pédales, d'une souris et d'un clavier.

La caméra émet un laser et repose sur le principe de l'imagerie confocale parallèle. L'acquisition de l'image se fait en « point and click ».

Le poudrage des surfaces à enregistrer n'est pas nécessaire.

Deux types de logiciels sont proposés :

- Un logiciel à l'intention des orthodontistes : Align™ développe en effet depuis peu des solutions pour l'orthodontie par CFAO (Invisalign®, OrthoCAD®)



**Figure g :** Traitement Invisalign® par gouttières (33)

- Un logiciel à l'intention des omnipraticiens : pour la réalisation des empreintes d'actes prothétiques.

Ce système est dit « ouvert » à la CAO, plusieurs logiciels de conception peuvent être utilisés par les prothésistes dentaires : DentalWings™, CIL™, Straumann Care™, 3M™, 5 Axis™ (...)

Cependant, seul le logiciel Straumann Care™ permettrait de traiter les cas implantaires.

➤ Le système TRIOS® de 3Shape™ (36)



**Figure h** : Le nouveau système TRIOS® (36)

Le nouveau système TRIOS® Color s'est enrichi de nouvelles technologies et de nouvelles fonctionnalités.

Il se compose d'une caméra et d'un chariot doté d'un écran tactile.

Les images 3D couleur sont désormais enregistrées sans poudrage ou spray.

La vitesse d'enregistrement des données est également accrue.

La gamme 3Shape TRIOS® se décline et propose aujourd'hui les produits suivants :

- TRIOS®
- TRIOS® Color
- TRIOS® Pod
- TRIOS® Color Pod

La version Pod<sup>TM</sup> permet aux praticiens de connecter la caméra directement à leur PC ou leur iPad. Elle peut être intégrée au fauteuil ou contrôlée à distance. Cette fonctionnalité permet de substituer le chariot TRIOS<sup>®</sup>.



**Figure i :** Le TRIOS<sup>®</sup> Pod (36)

Le système TRIOS<sup>®</sup> associé au logiciel 3Shape Ortho Analyzer<sup>TM</sup> offre des solutions pour l'orthodontie.

La réalisation d'inlay-cores en CFAO est la nouveauté proposée par ce nouveau système. Des corps de scannage (3Shape Scan Posts<sup>TM</sup>) sont placés en bouche, dans le logement canalaire. Reconnus par la machine, ils permettent la fabrication de tenons faux-moignons. L'inlay-core et la couronne sont alors conçus et réalisés en une seule étape (à l'aide du logiciel 3Shape Dental System<sup>TM</sup>).



**Figure j :** TRIOS<sup>®</sup> et inlay-cores (36)

L'empreinte optique s'imposera de plus en plus dans notre activité et va considérablement évoluer dans les années à venir.

Les laboratoires de prothèses recevant ces empreintes sont aujourd'hui capables de répondre à la quasi-totalité des prothèses que désirera réaliser le chirurgien-dentiste, du simple inlay aux reconstitutions implantaires les plus complexes.

#### 2.2.1.2. Acquisition 3D au laboratoire (2, 7, 31)

La numérisation 3D au laboratoire est généralement obtenue à partir d'un modèle en plâtre coulé issu d'une empreinte classique.

Il existe différentes méthodes de numérisation :

- Méthode par contact ponctuel ou mécanique : un micropalpeur touche la surface de l'objet et enregistre des points de surface sous la forme de coordonnées x, y et z, alors transmises à un ordinateur.

On distingue :

- La lecture dite universelle (système Procera<sup>®</sup>)
- La lecture à la « volée » (système Bego<sup>®</sup>)

- Méthode par empreinte optique ou ondulatoire : en projetant un rayonnement laser sur un objet et en mesurant la déformation du rayonnement renvoyé par l'objet.

On distingue :

- La méthode par triangulation
- La méthode par temps de vol

Le fichier informatique obtenu est appelé « modèle numérique 3D ».

Les prothésistes ont à leur disposition de multiples scanners offrant un niveau de précision d'environ 20 microns.

Les prothésistes ont même la possibilité de scanner des articulateurs afin d'utiliser des articulateurs virtuels.

Les fabricants font également évoluer leurs systèmes vers la numérisation des empreintes.

Cette numérisation peut être faite par le prothésiste ou le praticien.

Ce dernier peut l'adresser au prothésiste via un portail sécurisé sur internet.

Avec ce système, les prothésistes n'ont plus l'utilité d'un scanner de table.

Il est possible de disposer d'un modèle réel usiné ou stéréolithographié.

La numérisation constitue aujourd'hui une véritable alternative à la méthode traditionnelle.

## 2.2.2. La Conception Assistée par Ordinateur : CAO (6, 11, 24, 31)

### 2.2.2.1. La modélisation des restaurations

Le sigle CAO signifie Conception Assistée par Ordinateur.

La CAO correspond à la modélisation des restaurations dentaires.

La conception informatisée de la pièce prothétique se réalise à l'aide de logiciels de plus en plus performants.

Aujourd'hui, le praticien et le prothésiste disposent d'une grande diversité de méthodes d'imagerie performantes et de logiciels ergonomiques.

Les programmes de CAO permettent la transformation de données analogiques (situations cliniques intra-buccales) en données numériques.

Ils permettent également d'enregistrer ou de déterminer les rapports inter-maxillaires.

La plupart des logiciels de CAO utilisent un noyau graphique de modélisation géométrique polygonale.

Ainsi, les données issues de la numérisation 3D (caméras intra-orales ou scanners) sont exploitées directement :

#### a) Au cabinet dentaire

Dans le cas de la numérisation 3D intra-buccale, il s'agit toujours d'un procédé qui génère un modèle 3D par maillage et triangulation.

Une fois l'empreinte enregistrée, elle est transmise à une unité informatique, munie d'un logiciel mathématique CAO, pour la modélisation du modèle prothétique.

Ce traitement peut se faire, soit au cabinet directement, si le praticien dispose de l'équipement dans sa totalité, soit au laboratoire de prothèse, si ce n'est pas le cas.

Le fichier STL est importé dans le logiciel de CAO dentaire pour la conception.

#### a) Au laboratoire

Les systèmes de numérisation 3D utilisés par les prothésistes pour digitaliser les modèles en plâtre ou les empreintes génèrent un maillage de points.

Les points sont alors reliés entre eux pour constituer un modèle 3D par triangulation.

Ces données sont alors transférées vers les logiciels de modélisation, sous un format de fichier STL.

Le traitement d'image est fait directement par le logiciel qui supprime les informations inutiles ou redondantes.

Le praticien ou le prothésiste dessinent alors les contours de la future prothèse.

La modélisation se fait à partir d'une bibliothèque d'images.

Les logiciels de CAO actuels permettent de reproduire tous les gestes effectués au laboratoire. Ils permettent, par exemple, de visualiser l'espace prothétique utilisable, de mettre en évidence les contre-dépouilles ou de tourner le modèle dans tous les sens de l'espace (...)

#### 2.2.2.2. Flux de données, systèmes ouverts ou fermés (26)

La plupart des logiciels de CAO dentaire - et c'est le cas des logiciels les plus répandus - utilisent un noyau graphique de modélisation polygonale qui leur permet d'exploiter directement les données issues de la numérisation 3D.

Les fichiers exportés par la plupart des logiciels de CAO dentaire sont des fichiers au format STL.

Il convient de préciser qu'il existe malgré tout diverses formes de formats de fichiers STL ; aussi, leur compatibilité d'une chaîne à l'autre est toujours à vérifier.

Les différentes étapes de la chaîne numérique nécessitent une transmission des données.

Ce flux de données peut-être :

- Fermé, c'est à dire dédié à un système bien particulier.
- Ouvert : les données peuvent être transmises d'un système à un autre (de marque différente).

L'utilisation des fichiers au format STL permet une compatibilité entre les différents systèmes de conception et de fabrication (systèmes ouverts).

Face au plébiscite des prothésistes dentaires pour les systèmes ouverts, les fournisseurs ont été amenés à ouvrir leurs systèmes de fabrication à des logiciels de CAO communicants.

### 2.2.3. La Fabrication assistée par ordinateur : FAO (31)

La Fabrication Assistée par Ordinateur consiste en deux principales opérations :

- La préparation de la fabrication en fonction du procédé de mise en forme et du matériau utilisé.
- La création de séquences de mise en forme d'une ou plusieurs maquettes numériques à fabriquer simultanément.

La FAO est une composante essentielle de la chaîne numérique sans rupture.

En effet, la FAO est l'interface entre la CAO et la machine de mise en forme du matériau.

Le logiciel FAO prépare la séquence de production en adéquation avec la machine associée.

Les développeurs de logiciels FAO travaillent essentiellement avec les constructeurs de machines à usiner.

La préparation d'une production consiste à placer les maquettes 3D à fabriquer dans le brut ou sur le plateau. L'information est ensuite envoyée au centre de production.

### 2.2.3.1. Deux techniques de FAO

La fabrication assistée par ordinateur peut se faire par addition ou par soustraction.

#### a) Les techniques soustractives (14, 31)

La fabrication par technique soustractive ou usinage consiste à mettre en forme un objet par soustraction de matière.

L'usinage est une technique permettant de réaliser tous types de composants des prothèses fixées et hybrides.

Cette technique permet aujourd'hui d'usiner de la zircone pré-frittée, des matériaux calcinables et plastiques.

Certains centres d'usinage sont équipés de machines capables d'usiner le titane, le cobalt-chrome et la zircone frittée.

L'usinage de la pièce peut se faire selon trois, quatre ou cinq axes :

- Les machines trois axes sont suffisantes pour usiner des couronnes, des chapes et des bridges. Le nombre d'éléments d'un bridge dépend du bloc à usiner supporté par la machine.  
Elles permettent également d'usiner des barres à sens d'insertion simple.
- Les machines quatre axes permettent d'étendre l'usinage à la fabrication des piliers.
- Les machines cinq axes sont nécessaires pour usiner des suprastructures complexes, telles que des barres à directions divergentes ou pour l'usinage simultané d'une série de piliers.

Aujourd'hui, une vingtaine de machines-outils adaptées à la production de restaurations dentaires est disponible en France.

L'usinage est la technique qui offre le plus de précision, elle est donc indiquée dans la réalisation des suprastructures implantaires nécessitant une excellente passivité.

Cependant, cette technique engendre des pertes importantes de matériaux lors de l'usinage.

b) Les techniques additives (30, 31)

La fabrication additive consiste en la mise en forme d'un objet par ajout de matière par empilement de couches successives (contrairement à l'usinage qui met en forme un objet par enlèvement de matière).

On parle dans ce cas de « fabrication directe » car on forme une pièce directement à partir de sa représentation numérique 3D, sans passer par un moule ou par l'usinage d'un bloc.

Elle permet la fabrication simultanée de pièces de morphologies différentes et de formes complexes.

En technique additive, chaque machine est dédiée à un seul type de matériau.

Ces machines sont réservées aux laboratoires ou aux centres d'usinage, contrairement aux usineuses utilisables par les praticiens en CFAO directe.

La technique additive regroupe différents types de machines :

a. Les imprimantes 3D

Elles permettent le modelage par dépôt sélectif en jets multiples d'une cire durcie par chauffe ou d'une résine photosensible liquide durcie par polymérisation UV.

L'expression « imprimante 3D » désigne les machines de fabrication additive utilisant le même principe que l'impression par jet d'encre pour le dépôt sélectif, soit du matériau à l'état liquide, soit d'un liant venant agglomérer des poudres.

Dans le langage usuel, cette expression désigne les machines de fabrication additive pouvant s'utiliser dans un environnement de bureau et permettant un rechargement facile du matériau, en remplaçant une cartouche ou en remplissant un bac.

b. La Stéréolithographie

Elle consiste en le modelage par polymérisation UV sélective d'un mélange cire/résine liquide photosensible contenue dans une cuve.

### c. La Microfusion (ou Frittage Laser)

En 2003, la fabrication additive a fait une avancée importante avec la microfusion de poudres métalliques par Laser ou par faisceaux d'électrons.

Le procédé consiste à fondre la poudre selon les paramètres géométriques définis à partir du fichier CAO, puis la poudre fondue est solidifiée rapidement formant des cordons de matière solide.

Cette technique est aujourd'hui la plus adaptée pour la fabrication d'armatures et de châssis en métaux durs, car plus rapide et plus rentable que le procédé de fonderie ou d'usinage.

Actuellement, la mise en forme de pièces en céramique ne se fait pas par fabrication directe.

#### 2.2.3.2. Deux objectifs de fabrication

##### a) Fabrication de modèles calcinables

Avec ce procédé, seul le travail du maquettiste est assisté par ordinateur.

Ce processus permet de bénéficier des avantages de la CAO, mais les gains de productivité en fabrication sont faibles.

La fabrication additive permet de créer tous les modèles calcinables, y compris les châssis de prothèses amovibles.

L'usinage permet de créer tous les modèles calcinables pour prothèses dentaires fixes et hybrides.

Ces modèles sont en cire, résine ou élastomère calcinables.

##### b) Fabrication en bonne matière

Ce procédé est celui qui permet réellement l'industrialisation de la production de structures de prothèses dentaires, en automatisant la fabrication grâce à une chaîne numérique allant de la numérisation jusqu'à la fabrication des structures en bonne matière.

La fabrication additive est une technique éprouvée pour la fabrication de couronnes, chapes, bridges, ou de châssis métalliques de prothèses mobiles.

Le cobalt-chrome est le matériau de choix de cette technique.

L'usinage permet de fabriquer tous les composants des prothèses fixes et hybrides.

L'alumine, la céramique, le cobalt-chrome, le titane ou la zircone peuvent être usinés.

**PARTIE 2 : ENQUÊTE AUPRÈS DE PRATICIENS ET  
DE PROTHÉSISTES EN MIDI-PYRÉNÉES**

# **1. Evaluation de la CFAO par les chirurgiens dentistes en Midi-Pyrénées**

## 1.1. Objectifs de l'enquête

La CFAO dentaire s'impose de plus en plus dans les cabinets dentaires.

Les praticiens commencent à s'équiper de caméras optiques intra-buccales et certains sont séduits par la CFAO directe.

Il est indiscutable que la CFAO va faire partie intégrante de l'environnement de travail et de la pratique quotidienne du chirurgien-dentiste.

Aussi, nous avons souhaité faire le point, connaître la place de la CFAO dans leur pratique quotidienne et leur opinion sur cette technique.

## 1.2. Matériel et méthode

### 1.2.1. Recueil des données

Ce sondage a été réalisé grâce à un questionnaire, élaboré avec deux enseignants de la faculté Toulousaine et testé par deux praticiens (un ancien assistant des Hôpitaux de Toulouse et un jeune diplômé Toulousain).

Le questionnaire a ensuite été mis en ligne sur la plate-forme Google Documents.

Il se compose de 26 questions :

- Trois questions donnant des renseignements généraux sur l'échantillon
- Douze questions portant sur l'utilisation de la CFAO au cabinet dentaire
- Onze questions plus générales sur la CFAO en odontologie, son impact sur la pratique et son évolution
- Remarques

➤ *Voir questionnaire vierge en annexe*

### 1.2.2. Population cible

Cette enquête transversale cible les praticiens de la région Midi-Pyrénées.

La liste des praticiens a été réalisée au hasard, leurs adresses électroniques étant sélectionnées dans l'annuaire téléphonique.

Nous les avons démarchés par courriel, en les invitant à remplir le questionnaire en ligne, sur la plate-forme Google Documents.

### 1.2.3. Méthode

Les réponses ont été traitées à l'aide du tableur Microsoft Excel.

Tout champ non renseigné a été affecté à la catégorie non renseignée (NR).

Toute réponse partielle, illisible ou non exploitable a été affectée à la catégorie non exploitable (NE).

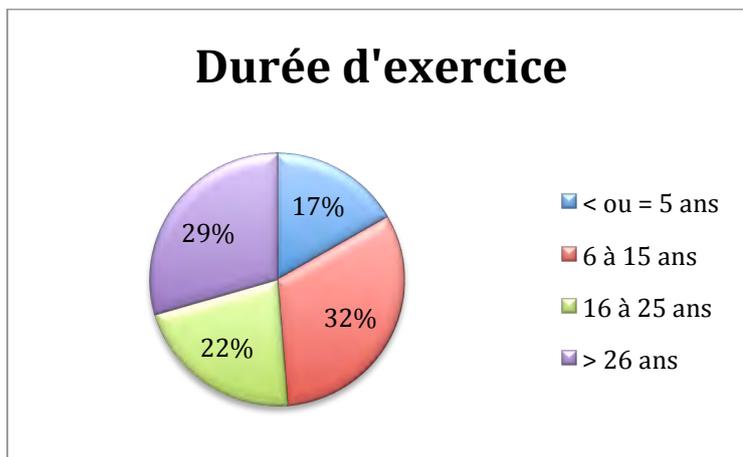
Nous avons obtenu 80 réponses entre Février et Juillet 2013, dont 78 réponses exploitables.

Les réponses des praticiens n° 8 et n° 65 ont été affectées à la catégorie NE pour toutes les questions, nous les avons éliminées de l'étude.

## 1.3. Résultats

### 1.3.1. Renseignements généraux sur l'échantillon

#### 1.3.1.1. La durée d'exercice

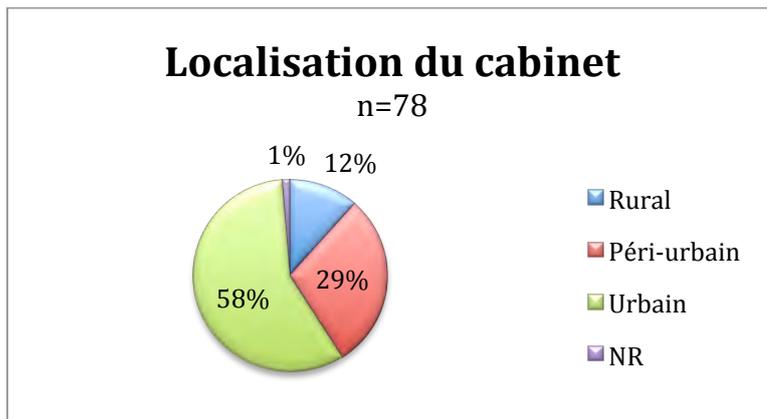


**Figure 1** : Temps d'exercice des praticiens

La **Figure 1** renseigne sur la durée d'exercice des praticiens :

- 17% exercent depuis 5 ans ou moins
- 36% ont entre 6 et 15 ans d'exercice
- 22% ont entre 16 et 25 ans d'exercice
- 29% exercent depuis 26 ans ou plus

### 1.3.1.2. La localisation du cabinet

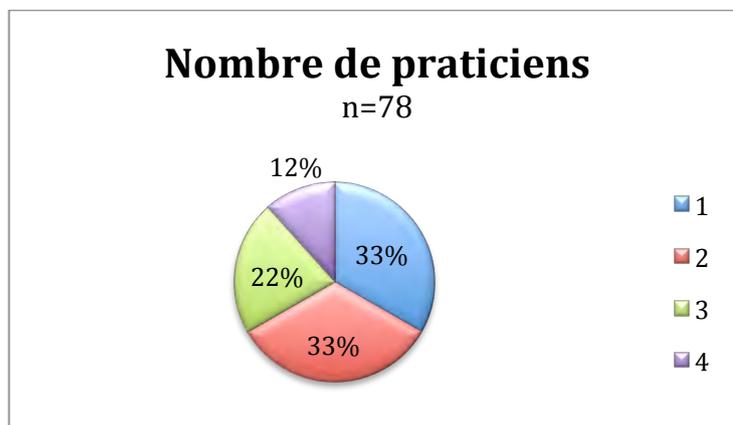


**Figure 2** : Localisation géographique du cabinet

La **Figure 2** renseigne sur la localisation géographique des cabinets des praticiens sondés :

- 12% exercent en zone rurale
- 29% exercent en zone péri-urbaine
- 58% exercent en zone urbaine

### 1.3.1.3. Le nombre de praticiens



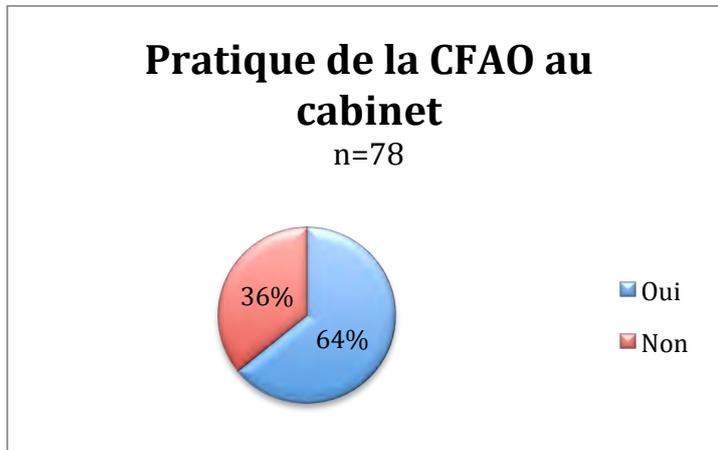
**Figure 3** : Nombre de praticiens

La **Figure 3** indique le nombre de praticiens exerçant au sein du cabinet dentaire :

- 33% des praticiens sondés travaillent seul
- 33% des praticiens sondés travaillent à deux
- 22% des praticiens sondés travaillent à trois
- 12% des praticiens sondés travaillent à quatre

### 1.3.2. La CFAO au cabinet dentaire

#### 1.3.2.1. Utilisation d'outils CAO/FAO au cabinet dentaire

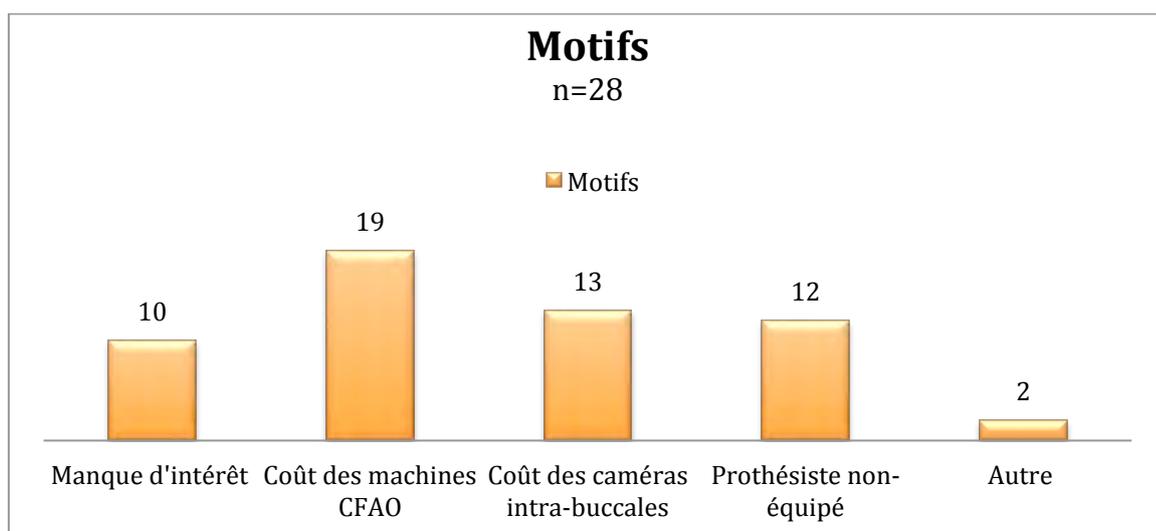


**Figure 4 :** Pratique de la CFAO au cabinet dentaire

D'après la **figure 4** :

- 64% des praticiens sondés utilisent des outils CAO/FAO, en technique directe, semi-directe ou indirecte
- 36% de praticiens sondés n'utilisent pas d'outils CAO/FAO

#### 1.3.2.2. Praticiens n'utilisant pas d'outils CAO/FAO en technique directe, semi-directe ou indirecte : Les motifs



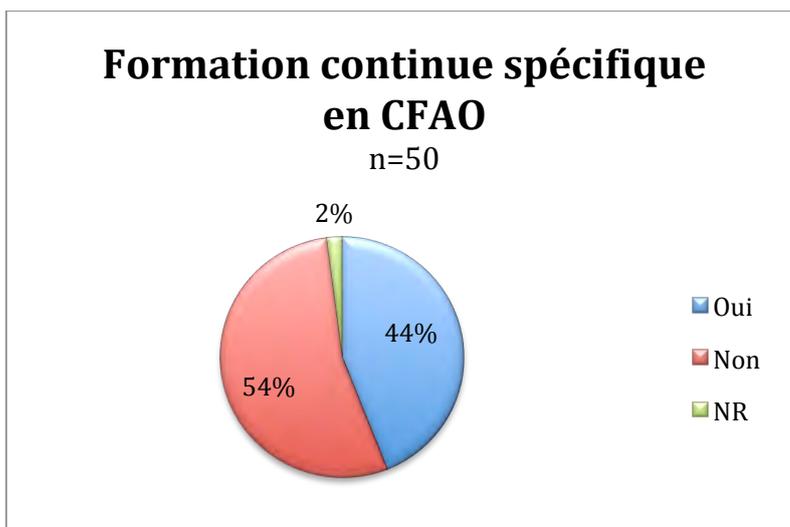
**Figure 5 :** Raisons pour lesquelles ils n'utilisent pas la CFAO dentaire

La **figure 5** nous informe pour quelles raisons les praticiens n'utilisent pas d'outils CAO/FAO :

- Le coût des machines CFAO pour 68%
- Le coût des caméras intra-buccales pour 46%
- Prothésiste n'est pas équipé en machine de CFAO pour 43%
- Manque d'intérêt pour 36%
- Absence d'offre concrète en ODF ou technique à l'étude par le praticien pour 7%

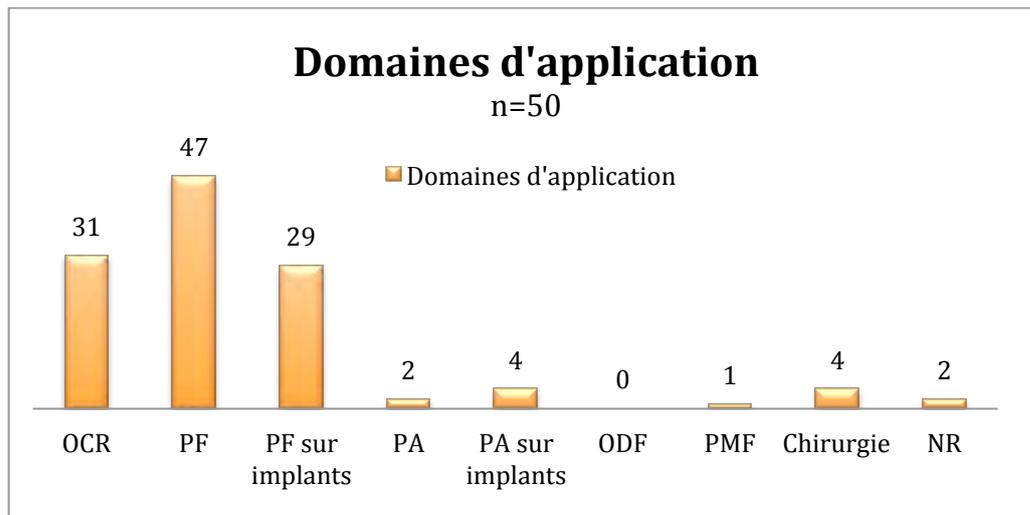
1.3.2.3. Praticiens utilisant des outils CAO/FAO en technique directe, semi-directe ou indirecte

a) Formations continues



**Figure 6** : Pourcentage de praticiens ayant effectué une formation continue spécifique en CFAO

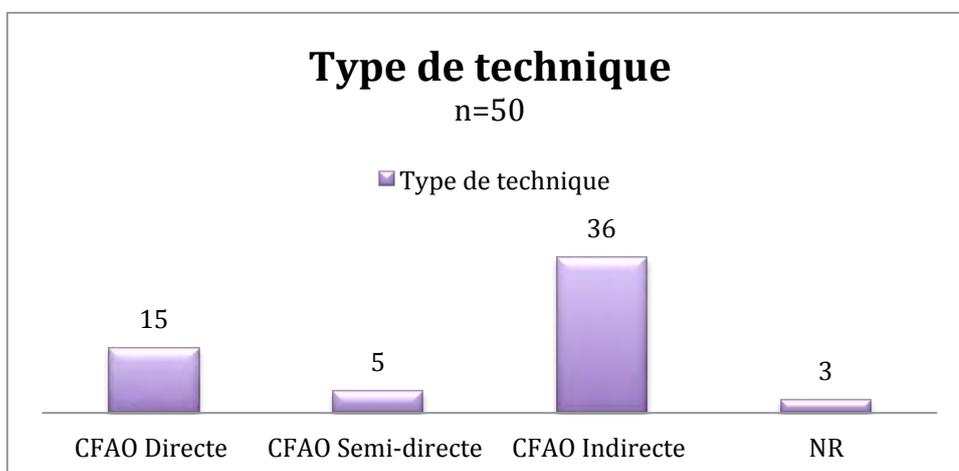
D'après la **figure 6**, 44% des praticiens utilisant des outils CAO/FAO ont suivi une formation continue spécifique.

b) Domaines d'application

**Figure 7** : Les domaines d'application en CFAO dentaire

La **figure 7** nous montre dans quels domaines les praticiens utilisent la CFAO, en technique directe, semi-directe ou indirecte :

- 94% en prothèse fixée
- 62% en OCR : facettes/inlay/onlay
- 58% en prothèse fixée sur implants
- 8% en prothèse amovible sur implants
- 8% en chirurgie
- 4% en prothèse amovible
- 2% en PMF

c) Techniques

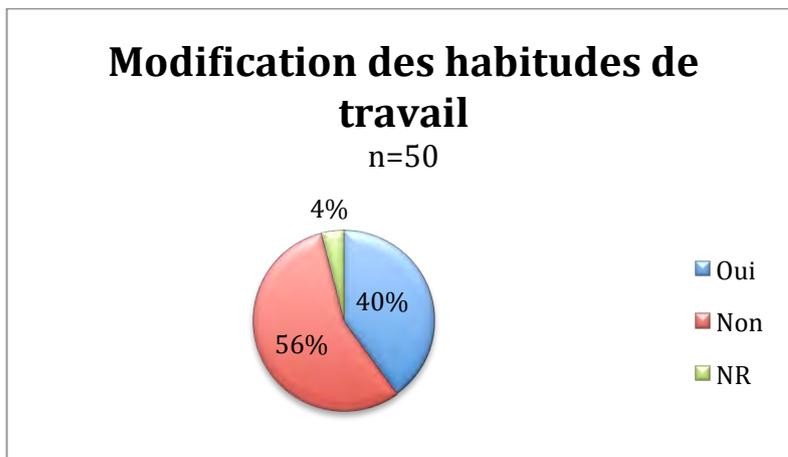
**Figure 8** : Les types de techniques de CFAO utilisées par les praticiens

La **figure 8** indique le (ou les) type(s) de technique(s) utilisée(s) par les praticiens en CFAO :

- CFAO indirecte : 72%
- CFAO directe : 30%
- CFAO semi-directe : 10%

d) Impact sur l'activité au cabinet

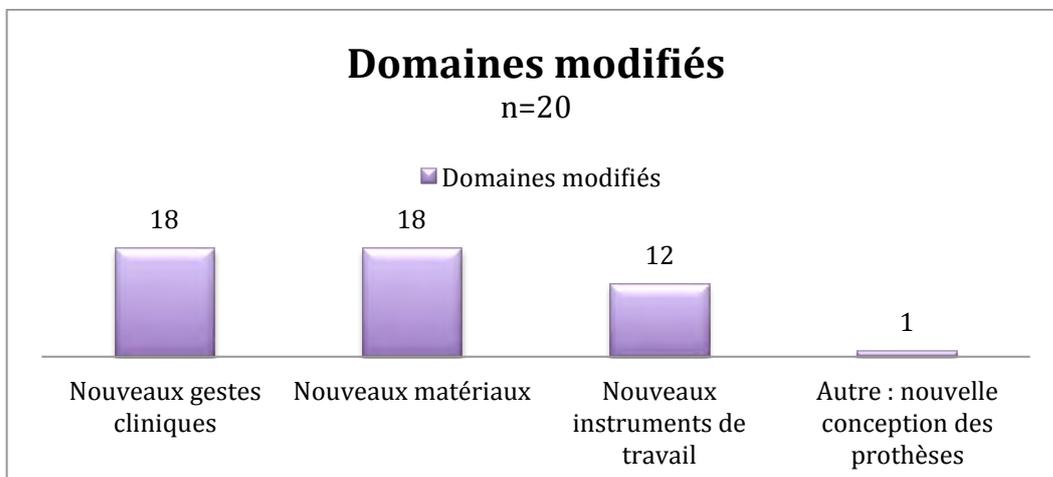
a. Modification des habitudes de travail



**Figure 9** : Modification des habitudes de travail avec la CFAO

D'après la **figure 9**, 40% des praticiens sondés trouvent que la CFAO a modifié leurs habitudes.

b. Domaines modifiés



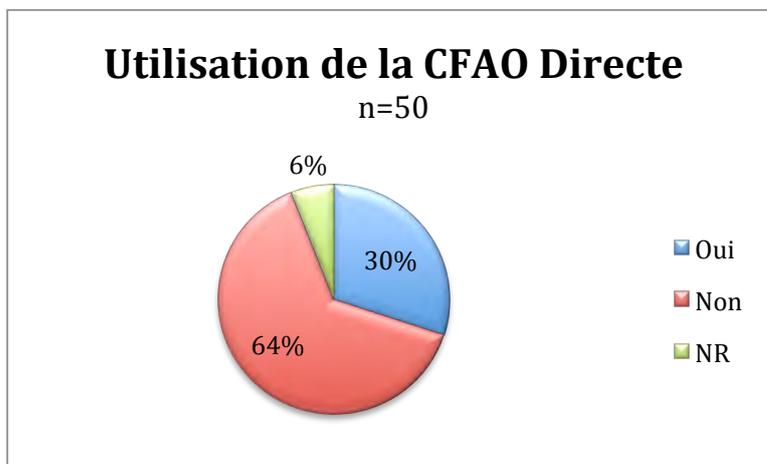
**Figure 10** : Domaines modifiés par l'utilisation de la CFAO

D'après la **figure 10**, les domaines modifiés seraient :

- Nouveaux gestes cliniques pour 90%
- Nouveaux matériaux pour 90%
- Nouveaux instruments de travail pour 60%
- Nouvelle conception des prothèses pour 5%

#### 1.3.2.4. Praticiens travaillant en technique directe

##### a) Le taux

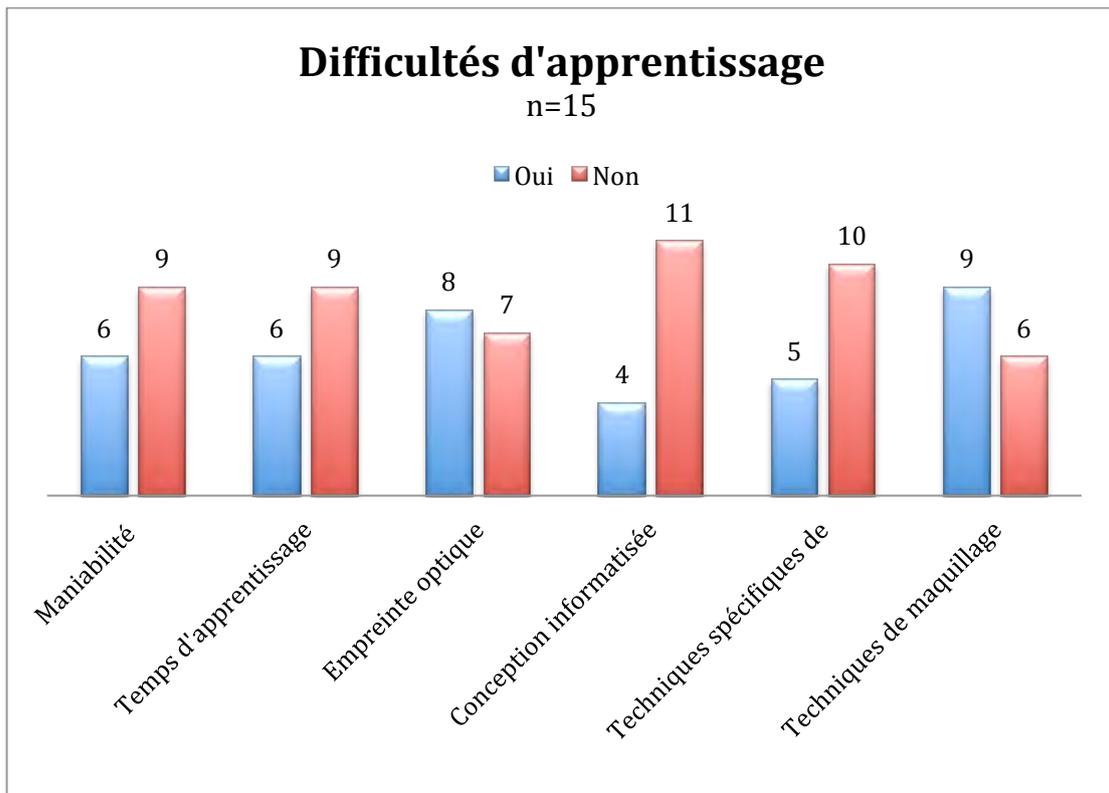


**Figure 11** : Utilisateurs de machines de CFAO directe

D'après la **figure 11**, quinze praticiens ont une machine de CFAO directe au cabinet, soit 30% des praticiens sondés.

##### b) La machine utilisée

Les résultats montrent que 100% des praticiens interrogés utilisent le système Cerec®.

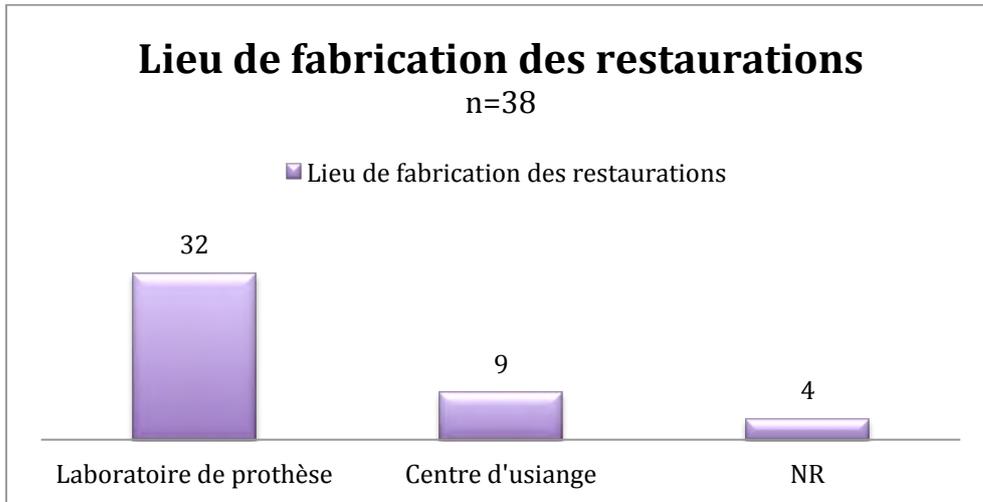
c) Les difficultés d'apprentissage

**Figure 12** : Difficultés d'apprentissage en CFAO directe

La **figure 12** nous montre quelles sont les difficultés rencontrées par les praticiens lors de leur apprentissage de la CFAO directe :

- Les techniques de maquillage : 60%
- L'empreinte optique : 53%
- La maniabilité de la machine : 40%
- Le temps d'apprentissage : 40%
- Les techniques spécifiques de préparation des tissus : 33%
- La conception informatisée : 27%

1.3.2.5. Praticiens travaillant en technique semi-directe et indirecte :  
Lieux de fabrication des restaurations

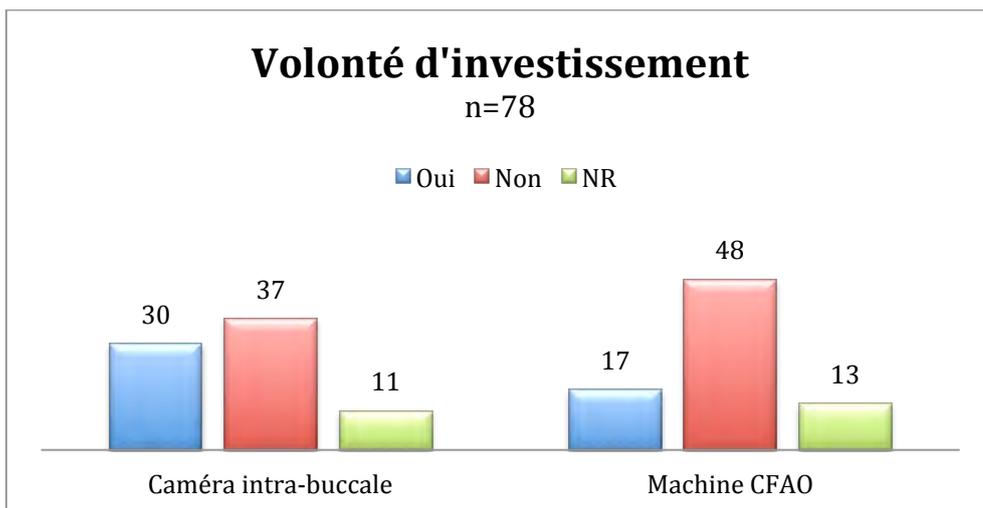


**Figure 13** : Lieux de fabrication des restaurations en CFAO semi-directe et indirecte

La **figure 13** nous indique où sont fabriquées les restaurations, en technique de CFAO semi-directe et indirecte :

- Laboratoire de prothèse : 84%
- Centre d'usinage : 24%

1.3.2.6. Volonté d'investissement des praticiens



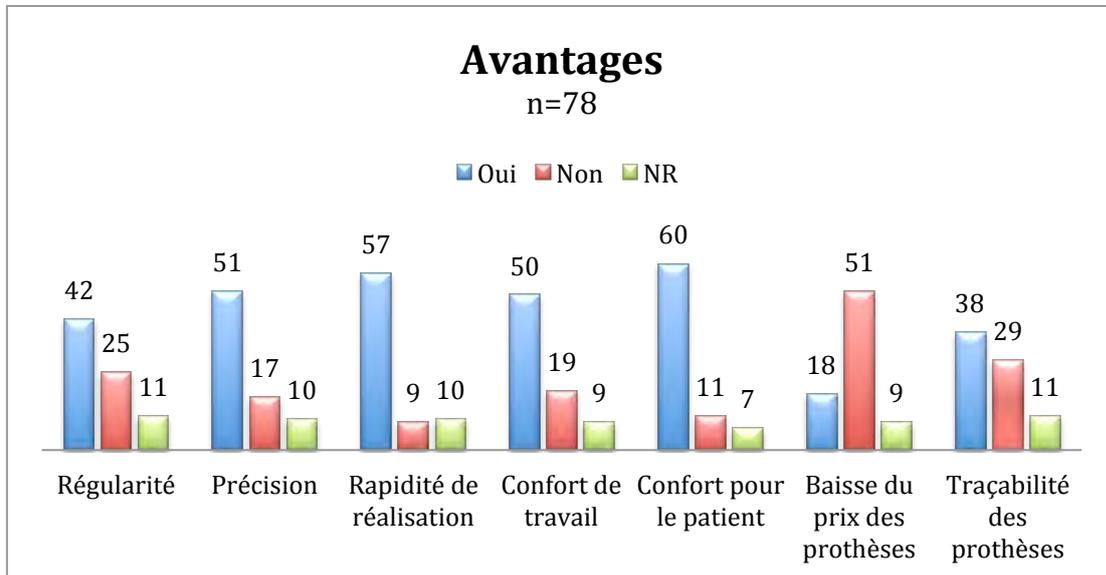
**Figure 14** : Volonté d'investissement d'ici 5 ans des praticiens

La **figure 14** montre que :

- 38% des praticiens souhaitent investir dans une caméra intra-buccale
- 22% des praticiens souhaitent investir dans une machine de CFAO directe

### 1.3.3. Questions plus générales sur la CFAO en odontologie

#### 1.3.3.1. Avantages de la CFAO



**Figure 15** : Les avantages de la CFAO

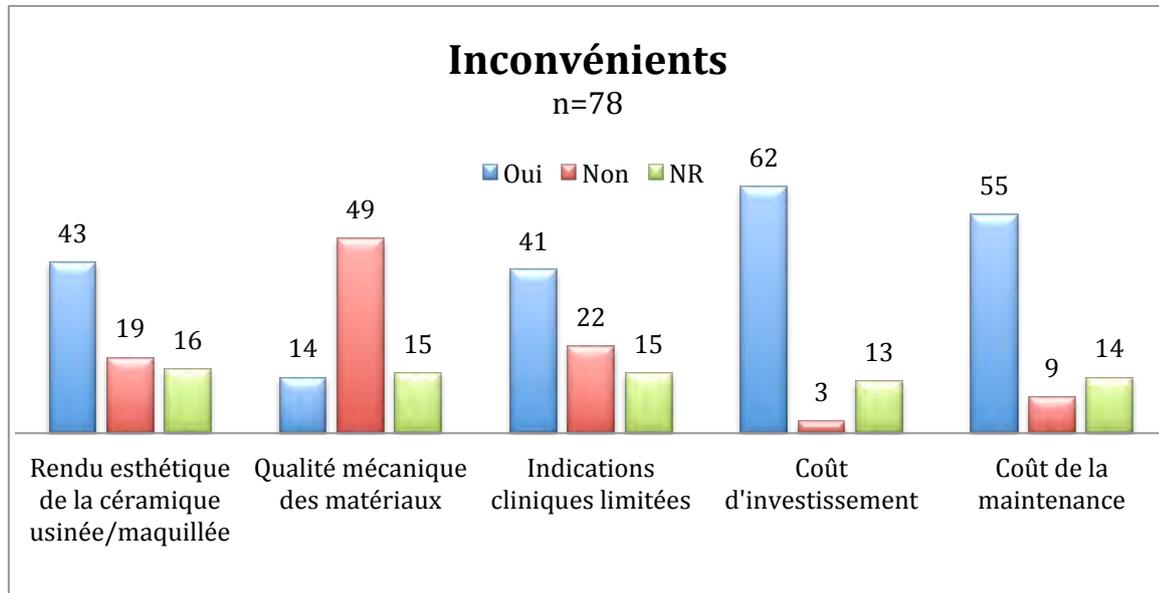
La **figure 15** nous indique quels avantages sont apportés par la CFAO en odontologie :

- Confort pour le patient : 80%
- Rapidité : 73%
- Précision : 65%
- Confort de travail : 64%
- Régularité : 54%
- Traçabilité : 49%

Par contre, 65% d'entre eux ne trouvent pas que la CFAO permet une diminution du prix des prothèses.

### 1.3.3.2. Limites de la CFAO

#### a) Les inconvénients



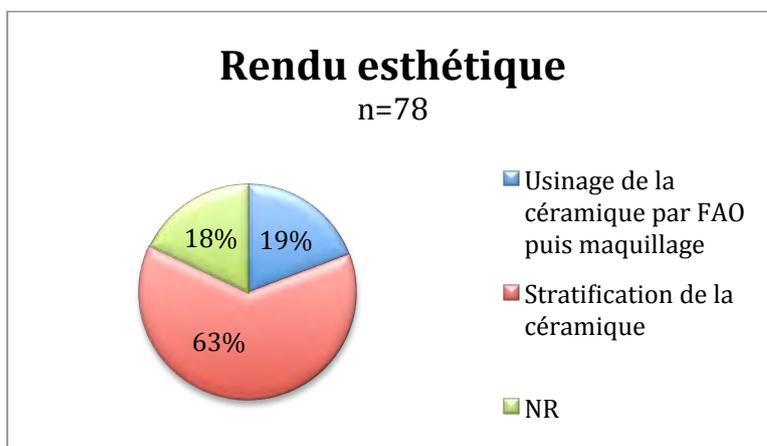
**Figure 16** : Les inconvénients de la CFAO

La **figure 16** nous indique quels sont les inconvénients de la CFAO en odontologie :

- Coût d'investissement pour 79%
- Coût de la maintenance pour 71%
- Rendu esthétique de la céramique usinée/maquillée pour 55%
- Indications cliniques limitées pour 53%

Par contre la qualité mécanique des matériaux semble les satisfaire pour 63%.

#### b) Céramique usinée et maquillée versus céramique stratifiée

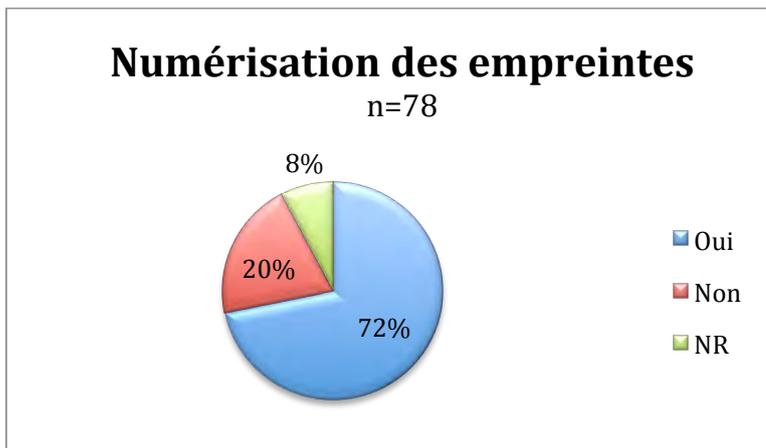


**Figure 17** : Quelle technique a le meilleur rendu esthétique

La **figure 17** indique que les praticiens trouvent la céramique stratifiée plus esthétique (à 63%) que la céramique usinée/maquillée.

#### 1.3.4. CFAO et pratique quotidienne

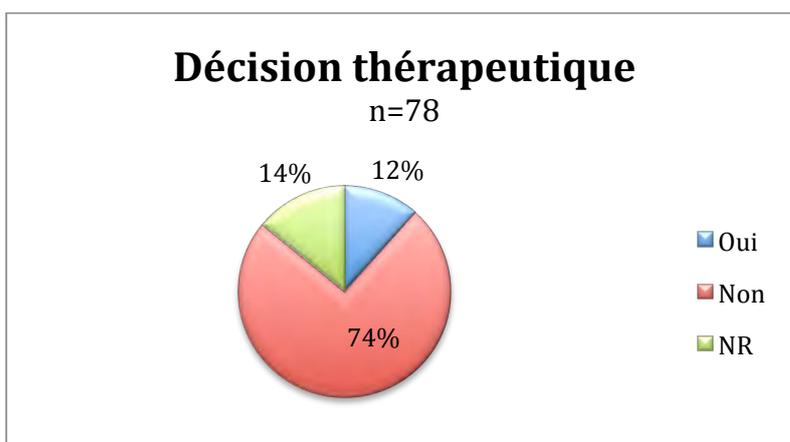
##### 1.3.4.1. Avenir de la numérisation intra-buccale



**Figure 18** : Numérisation des empreintes

D'après la **figure 18**, 72% des praticiens interrogés pensent que la numérisation des empreintes deviendra incontournable.

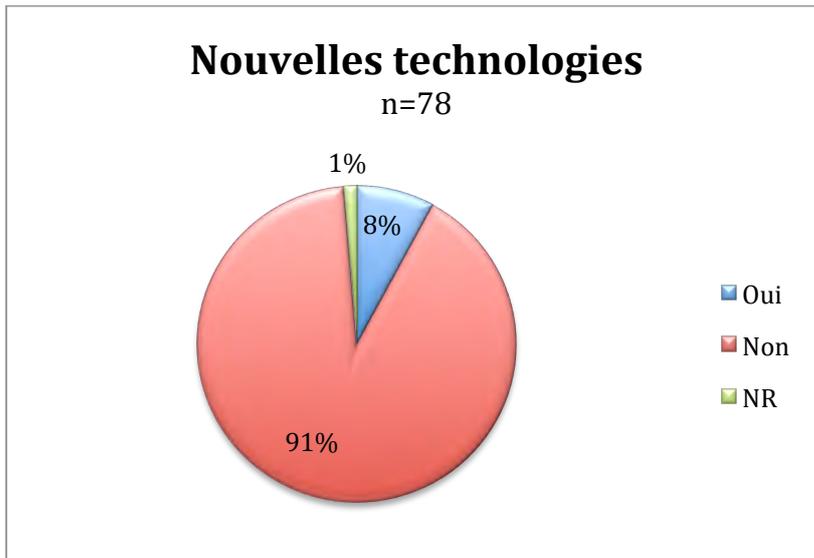
##### 1.3.4.2. Décision thérapeutique



**Figure 19** : Décision thérapeutique

D'après la **figure 19**, 74% des praticiens ne trouvent pas que les nouvelles technologies compliquent leurs décisions thérapeutiques.

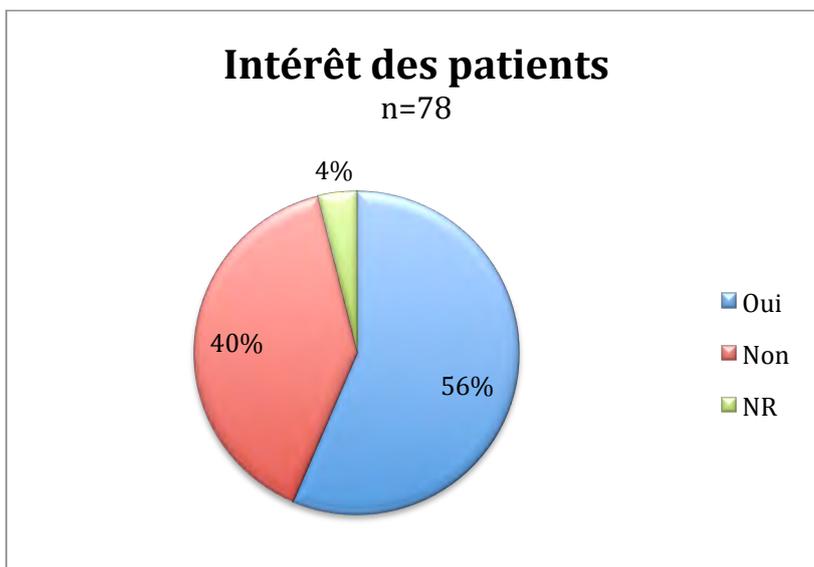
### 1.3.4.3. Nouvelles technologies



**Figure 20** : Nouvelles technologies

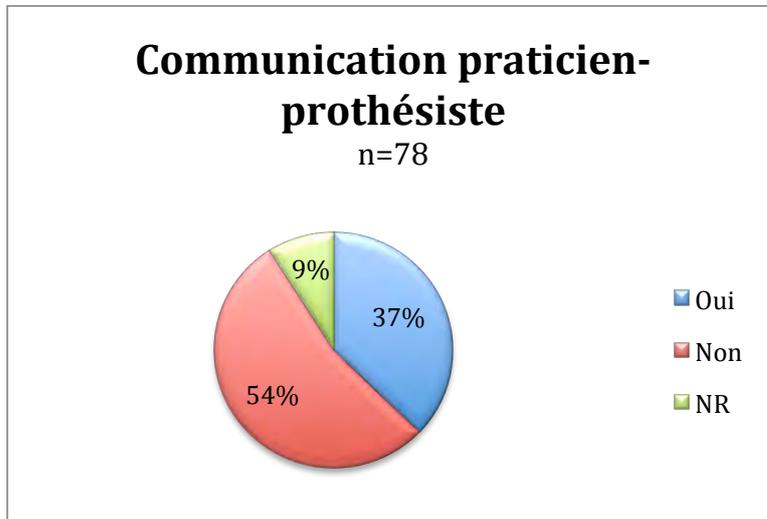
D'après la **figure 20**, les praticiens (pour 91%) ne se sentent pas dépassés par ces nouvelles technologies.

### 1.3.4.4. Intérêt des patients



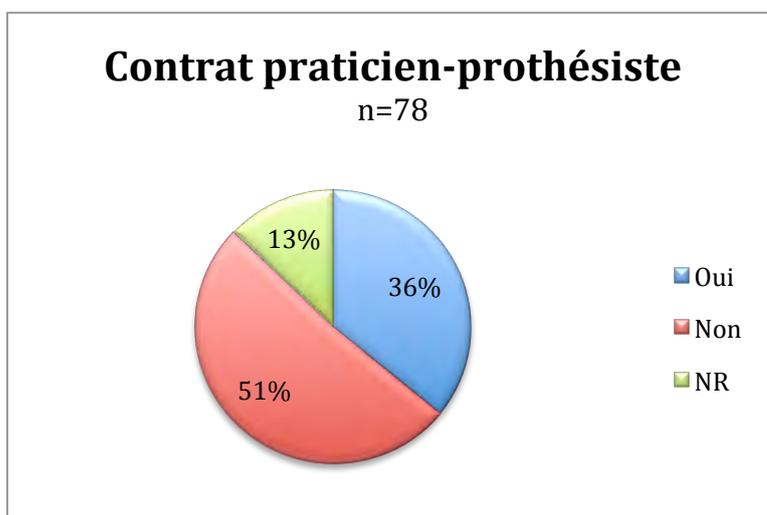
**Figure 21** : Intérêt des patients pour ces nouvelles technologies

D'après la **figure 21**, les praticiens trouvent leurs patients intéressés par ces nouvelles technologies pour 56%.

1.3.4.5. Relation praticien-prothésistea) Communication

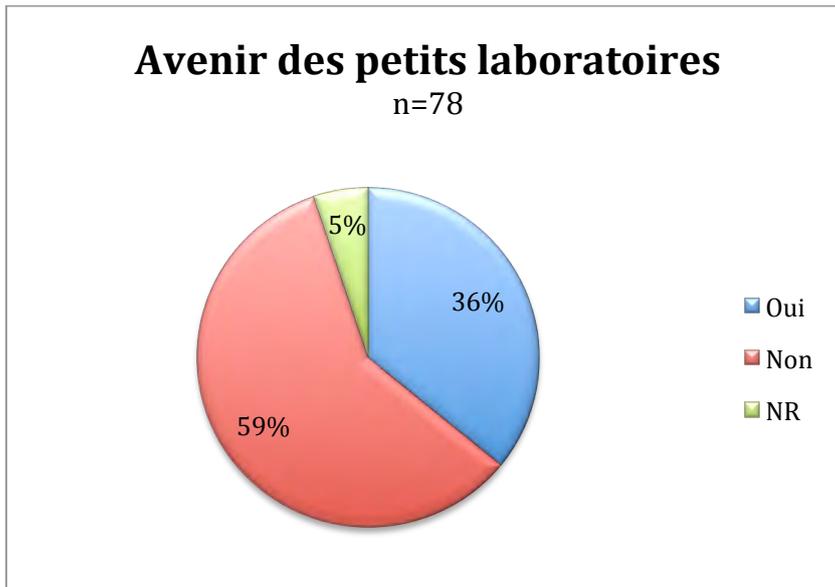
**Figure 22** : Communication praticien-prothésiste

D'après la **figure 22**, les praticiens ne pensent pas que cette numérisation améliore la communication praticien-prothésiste, pour 54%.

b) Rupture de contrat

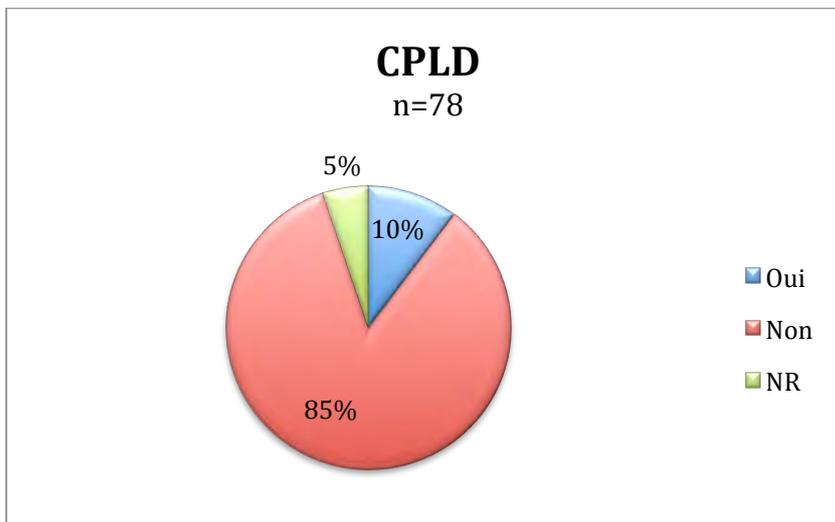
**Figure 23** : Rupture de contrat praticien-prothésiste

D'après la **figure 23**, les praticiens ne seraient pas prêts à changer de prothésiste au motif qu'il n'envisage pas la CFAO, pour 51%

c) Avenir des « petits » laboratoires

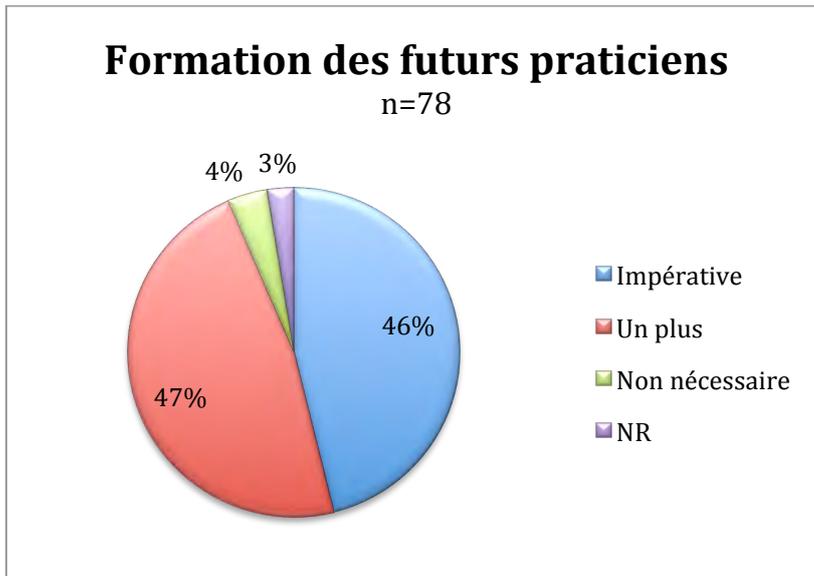
**Figure 24** : Quel avenir pour les petits laboratoires

D'après la **figure 24**, les praticiens ne pensent pas que les petits laboratoires de prothèse sont voués à disparaître, pour 59%.

d) La CPLD

**Figure 25** : Connaissance de la CPLD par les praticiens

La **figure 25** indique que les praticiens n'ont pas connaissance de la CPLD (Coopérative de production des prothésistes dentaires de Midi-Pyrénées), pour 85%.

i) Formation des futurs praticiens

**Figure 26** : Formation des futurs praticiens

La **figure 26** indique que la formation des futurs praticiens serait :

- Impérative : 46%
- Un plus : 47%

La grande majorité des praticiens trouvent que l'apprentissage de la CFAO devra se faire durant le cursus universitaire.

## 1.4. Discussion

### 1.4.1. La CFAO au cabinet dentaire

La CFAO s'impose de plus en plus dans les cabinets dentaires.

64% des praticiens sondés l'utilisent en technique directe, semi-directe ou indirecte.

Ces outils servent principalement en prothèse fixée, en OCR et en prothèse fixée sur implants.

#### 1.4.1.1. La prise d'empreinte optique intra-orale

La prise d'empreinte optique intra-buccale (PEO) se développe considérablement en milieu libéral.

D'après cette étude, 30% des praticiens utilisant des outils CAO/FAO ont un système complet de CFAO directe et 10% ont une caméra intra-buccale, au cabinet.

Par ailleurs, 72% des praticiens pensent que la numérisation des empreintes deviendra incontournable.

De ce fait, 38% des praticiens souhaiteraient investir dans une caméra intra-buccale, d'ici 5 ans.

Face à cette demande émergente une quinzaine de systèmes sont déjà disponibles sur le marché.

Ce choix est d'autant plus d'actualité que de plus en plus de laboratoires sont équipés en machines de CFAO.

La PEO n'étant plus le maillon faible de la chaîne numérique, le nombre et la qualité des produits proposés sur le marché poussent les praticiens à investir.

Ces nouvelles technologies apporteront une assistance importante dans leur acte clinique.

Ces statistiques nous font clairement constater que la « révolution numérique » est en marche et va, de ce fait, engendrer une évolution des principes cliniques des chirurgiens dentistes.

Le débat est déjà ouvert quant à la limite de la dépendance de la pratique clinique à l'utilisation de la CFAO. Par exemple, nous pouvons nous demander si la performance des outils numériques guide les principes de préparation en prothèse fixée.

#### 1.4.1.2. La CFAO directe au cabinet

Les systèmes de CFAO directe au cabinet se composent d'une caméra intra-buccale, d'un logiciel de conception ainsi que d'une machine-outil à commande numérique.

La pratique du tout céramique et le développement des systèmes d'empreintes optiques intra-buccales permettent aux praticiens d'être les premiers acteurs de la chaîne numérique.

D'après l'étude, 19% des praticiens sondés sont équipés du système Cerec<sup>®</sup> et 22% souhaiteraient investir dans une machine de CFAO directe d'ici les cinq années à venir.

La réticence d'une majorité de praticiens peut s'expliquer par le coût de l'investissement et de la maintenance de ces systèmes qui demeure aujourd'hui très élevé.

Egalement par le seuil de rentabilité qui impose de réaliser mensuellement un grand nombre de restaurations (15 à 20 par praticien, source ADF 2013).

Aujourd'hui il est intéressant pour les praticiens d'avoir accès à différents systèmes proposés par différentes marques commerciales afin de choisir la technique, l'ergonomie et le plan économique qui seront le plus en adéquation avec leur exercice.

Les résultats montrent en outre que 60% des praticiens équipés ont eu des difficultés dans l'apprentissage du maquillage des préparations et 53% dans l'apprentissage de l'empreinte optique intra-buccale.

Ces chiffres montrent l'importance de la formation continue en CFAO, pour améliorer la maîtrise de ces équipements, même si 44% des praticiens sondés déclarent en avoir suivi. Ce constat met en évidence la nécessité de développer un plus grand nombre de programmes de formation en CFAO.

Les préparations tissulaires doivent être adaptées aux critères d'exigence de l'empreinte optique, à la conception virtuelle des maquettes et à l'usinage des pièces. D'après les résultats, en CFAO directe, les praticiens n'auraient eu de difficultés, ni dans l'apprentissage des techniques spécifiques de préparation, ni dans celui de la conception informatisée des restaurations.

#### 1.4.2. Avantages et limites de la CFAO

Les praticiens soulignent dans cette étude les nombreuses qualités des outils CAO/FAO.

L'amélioration du confort des patients serait son principal avantage.

Or, la prise en charge de la douleur, l'amélioration du confort des patients, la communication sont devenues des éléments importants de notre pratique.

Aussi, les regards sont tournés vers tout système permettant de répondre à ces critères.

Les gains indéniables de précision, de régularité, de rapidité et de confort obtenus grâce à la CFAO, poussent de plus en plus de chirurgiens-dentistes à entrer dans l'ère du numérique.

Néanmoins, 36% des praticiens n'utilisent ces outils ni en technique directe, ni semi-directe ni indirecte.

Ils l'expliquent par le coût important des machines de CFAO directe et des caméras intra-buccales.

En effet, une caméra intra-buccale et son système « software » minimal coûtent aujourd'hui entre 25 000 et 35 000 €, un système complet de CFAO directe environ 120 000 €.

A ce jour, le coût d'investissement et de maintenance de ces systèmes freine le développement de ces techniques, notamment chez les jeunes praticiens ou les petits cabinets privés.

Néanmoins, face à la demande croissante en CFAO, de plus en plus de marques commerciales proposent leurs systèmes.

Aussi, il semble logique que le jeu de la concurrence et l'augmentation de production des machines amènent à terme à une réduction des coûts de l'investissement.

Des formules économiques telles que le « leasing » semblent plus séduisantes du fait d'une rentabilisation plus efficace et de la possibilité de changer de machine au fil de son évolution. Ceci est d'autant plus intéressant que la vitesse d'évolution est très importante (Exemple : il y a 6 mois, 3Shape<sup>TM</sup> ne permettait pas encore de réaliser un inlay-core en CFAO)

Preuve que des améliorations sont encore à venir : 63% des praticiens jugent le résultat esthétique de la céramique stratifiée supérieur à la céramique usinée/maquillée.

#### 1.4.3. Impact de la CFAO et évolution des pratiques

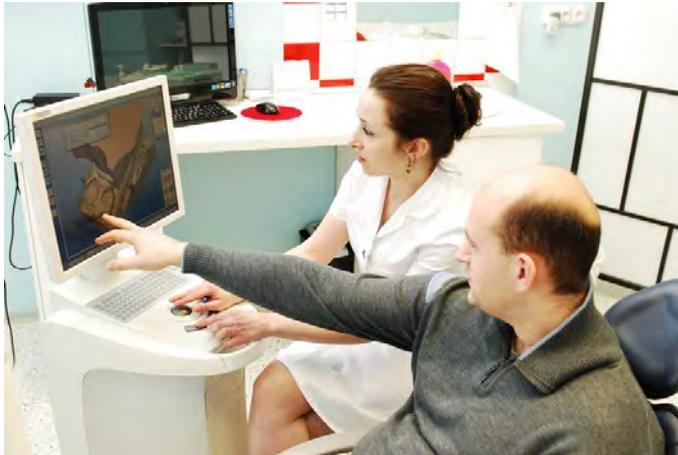
D'après nos résultats, 40% des praticiens utilisant des outils CFAO ont vu leurs habitudes modifiées.

L'inclusion de ces outils numériques dans la pratique quotidienne implique de se familiariser avec de nouveaux gestes cliniques et d'apprendre à travailler de nouveaux matériaux.

Pour la réussite de leur traitement, les praticiens doivent trouver une adéquation entre le geste clinique, les matériaux de reconstitution, leur mise en œuvre et leur mode d'assemblage.

Il est positif de constater que les praticiens sondés ne se sentent pas dépassés par ces nouvelles technologies et pensent que le développement des outils numériques ne compliquerait pas leurs décisions thérapeutiques.

### 1.4.3.1. La CFAO et les patients



**Figure k** : La CFAO et nos patients, le système Cerec® (34)

D'après les résultats, 56% des praticiens trouvent leurs patients intéressés par ces nouvelles technologies.

La CFAO directe améliore sans aucun doute le confort des patients, en permettant de diminuer le nombre de rendez-vous et en accélérant considérablement les délais de fabrication (Exemple : un rendez-vous pour la réalisation d'un inlay au lieu de deux, une seule anesthésie, pas d'empreinte physique, pas de provisoire).

Le développement du numérique nous permet désormais de multiplier les interfaces de communication et d'information de nos patients, mais également d'améliorer leur prise en charge.

La génération actuelle vit constamment dans l'interactivité, de sorte que le support de communication numérique devient une évidence.

La possibilité d'une projection virtuelle du résultat d'un traitement ouvre de nombreux avantages : support de discussion sur la teinte, la forme des dents, support explicatif de la technique utilisée, que ce soit avec le patient ou avec le prothésiste.

A l'avenir, la simulation numérique de traitement pourra peut-être devenir un support médico-légal intéressant pour le praticien.

#### 1.4.3.2. La CFAO et relation praticien-prothésiste

Une relation praticien-prothésiste de qualité est sans aucun doute un facteur déterminant dans la réussite de nos traitements.

Nous avons souhaité savoir si le développement de la CFAO modifiait ce contrat.

D'après l'étude, 54% des praticiens ne trouvent pas que le développement du numérique améliore la communication praticien-prothésiste.

La communication entre le laboratoire et le cabinet est primordiale : l'essor de la CFAO dentaire sera dépendant de cette relation.

La méthode classique de fabrication en laboratoire, avec prise d'empreinte et coulée des modèles, peut générer parfois des erreurs dimensionnelles, souvent sources de conflits.

De même, au stade des préparations tissulaires et des prises d'empreintes réalisées par les praticiens.

Le recours à la CFAO permettra indiscutablement de limiter ces problèmes.

En outre, la problématique récurrente du cabinet est le manque de temps pour communiquer avec le prothésiste.

Aujourd'hui, la communication se fait essentiellement par téléphone, par entretien au cabinet ou via les fiches de laboratoire. Mais nous reconnaissons tous que ces supports sont insuffisants.

Certes, il existe d'autres moyens de communication plus rapides et plus efficaces : tel le réseau internet. Et nous savons que, malgré les restrictions légales, une majorité de cabinets et de laboratoires communiquent des données médicales via des portails internet non conformes (messagerie électronique privée).

Le développement de plateformes sécurisées dédiées à la santé, tels les systèmes de CFAO, permettra de résoudre ces problèmes de communication et constitueront une avancée significative en odontologie.

Nous pouvons aussi souligner que la « neutralité numérique » d'évaluation d'une préparation tissulaire facilite les relations entre cabinet et le laboratoire. Exemple : une contre dépouille trop importante compromettant la réalisation de la pièce prothétique.

La CFAO permettant une augmentation de la rapidité d'exécution et du volume de production, les avantages du cabinet deviendraient ceux du laboratoire.

Pour autant, 51% des praticiens ne seraient pas prêts à changer de prothésiste, même si celui-ci n'envisageait pas d'investir dans la CFAO.

Ceci prouve que la symbiose entre le cabinet et le laboratoire est un critère acquis de réussite des réhabilitations.

La CFAO se doit donc de contribuer à renforcer et à faciliter ce lien.

De plus, les praticiens continuent à faire confiance à leur prothésiste dentaire pour la fabrication de leurs reconstitutions. 84% des praticiens faisant de la CFAO semi-directe ou indirecte travaillent avec un laboratoire de prothèse, contre 24% avec un centre d'usinage.

Enfin, malgré la transformation majeure de leur profession, due au développement du numérique, seuls 36% des praticiens pensent que les « petits laboratoires » sont voués à disparaître.

#### 1.4.3.3. La CFAO et formation des futurs chirurgiens-dentistes

La CFAO se développe de plus en plus, et prend de plus en plus de place dans la pratique quotidienne des chirurgiens-dentistes.

Cette technique, autrefois réservée à des spécialistes, est en train de se démocratiser.

C'est donc sans surprise que plus de 90% des chirurgiens dentistes sondés pensent que la formation des futurs praticiens en CFAO est nécessaire.

La CFAO étant une technologie relativement nouvelle, elle n'était jusqu'à présent pas le centre d'intérêt primordial des universités.

Néanmoins, l'industrie et les universités tendent à collaborer afin de développer des programmes de recherche et d'éducation.

Cette évolution permettrait de former les futurs chirurgiens-dentistes, et ce au profit des patients.

L'apprentissage de ces nouvelles techniques serait d'autant plus facile pour les jeunes générations car elles sont habituées à manipuler des outils numériques en 3D depuis leur plus jeune âge (jeux vidéos, tablettes numériques, ordinateurs ...)

Ce constat a été fait à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse, depuis quelque temps déjà.

L'aménagement d'une nouvelle salle de travaux pratiques en systèmes Cerec® est en cours : elle permettra de dispenser des enseignements théoriques et pratiques aux étudiants toulousains durant leur cursus universitaire.

### 1.5. Les limites de cette étude

Nous avons sélectionné les praticiens au hasard dans l'annuaire téléphonique afin d'avoir un échantillon représentatif de la population.

Nous avons envoyé ce sondage à 460 praticiens sur Midi Pyrénées.

Mais nous n'avons eu que 80 réponses, dont 78 réponses exploitables.

Lors du CNO 2013, certains praticiens ont avoué ne pas avoir répondu au questionnaire car ils n'utilisent pas d'outils de CFAO.

Cela montre que le chemin vers l'évolution technologique est long et qu'une bonne partie des Chirurgiens dentistes n'est toujours pas convaincue à ce jour.

Le travail à accomplir par les industriels est immense; ils doivent, en effet, soumettre leurs machines à des études de qualité et des études comparatives.

Les publications sont encore trop peu nombreuses.

Ils doivent également accroître leur présence et leur ouverture vers les secteurs universitaires. Car c'est là que se trouvent les praticiens de demain, qui sont, de surcroît, pour les raisons ci-dessus exposées, très réceptifs à ces technologies.

Le développement des formations continues professionnelles est un objectif que industriels doivent également se fixer.

Parmi les sondages rendus, on compte un nombre assez important de non réponses (NR) à certaines questions.

Il serait judicieux de mieux dissocier les questions intéressant tous les praticiens de celles qui ne concernent que ceux qui pratiquent la CFAO.

Enfin, cette étude étant une étude descriptive transversale, nous pensons qu'il serait intéressant de la réitérer afin d'en étudier l'évolution.

## **2. Evaluation de la CFAO par les prothésistes dentaires en Midi-Pyrénées**

### 2.1. Objectifs de l'enquête

Les prothésistes dentaires pratiquent au quotidien une activité manuelle.

Mais avec l'arrivée de la CFAO, leurs habitudes sont en train de se modifier radicalement. La haute technologie investit peu à peu les laboratoires et les prothésistes sont de plus en plus nombreux à troquer leurs spatules pour une souris d'ordinateur. L'outil numérique apporte aux prothésistes la précision, la rapidité d'exécution et la rentabilité dont ils ont besoin pour être pérennes aujourd'hui.

Le travail des prothésistes étant étroitement lié à la réussite de nos traitements, nous avons souhaité connaître leur point de vue sur ces avancées technologiques, l'impact sur leur pratique quotidienne ainsi que leurs doléances.

### 2.2. Matériel et méthode

#### 2.2.1. Recueil des données

Cette enquête a été réalisée à l'aide d'un questionnaire, élaboré avec deux enseignants de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse. Il a été testé par un prothésiste dentaire de la région Toulousaine, avant d'être mis en ligne sur la plateforme Google Documents.

Le questionnaire comprend 21 questions. Il est composé de :

- Deux questions générales sur le prothésiste, sa durée d'exercice et sa localisation.
- Dix questions sur la CFAO :
  - o Une question déterminant s'ils utilisent la CFAO
  - o Deux questions pour ceux ne l'utilisant pas
  - o Cinq questions pour ceux pratiquant la CFAO
  - o Deux questions sur les avantages et les limites de la CFAO
- Neuf questions plus générales sur leur exercice, son actualité et son évolution
- Remarques

➤ *Voir questionnaire vierge en annexe*

### 2.2.2. Population cible

Nous avons choisi de réaliser notre enquête chez des prothésistes de la région Midi-Pyrénées, afin que cela corresponde à l'échantillon étudié dans l'enquête chez les praticiens.

Les prothésistes ont été choisis au hasard dans l'annuaire téléphonique.

Nous les avons contactés un à un, afin qu'ils nous transmettent leurs adresses électroniques.

Ils ont ensuite reçu un courriel les invitant à remplir le questionnaire mis en ligne sur la plate-forme Google Documents.

Nous avons obtenu 31 réponses, dont 30 réponses exploitables, entre Février et Juillet 2013.

### 2.2.3. Méthode

Les réponses ont été traitées à l'aide du tableur Microsoft Excel.

Tout champ non renseigné a été affecté à la catégorie NR (non renseignée).

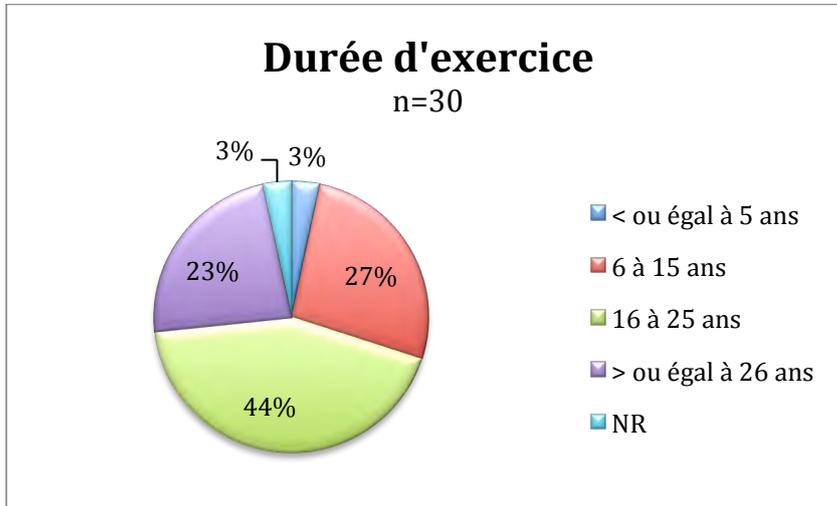
Toute réponse partielle, illisible ou non exploitable a été affectée à la catégorie NE (non exploitable).

Les réponses du prothésiste dentaire n°14 ont été affectées à la catégorie NE pour toutes les questions; nous l'avons donc exclu de l'étude.

## 2.3. Résultats

### 2.3.1. Renseignements généraux sur l'échantillon

#### 2.3.1.1. La durée d'exercice

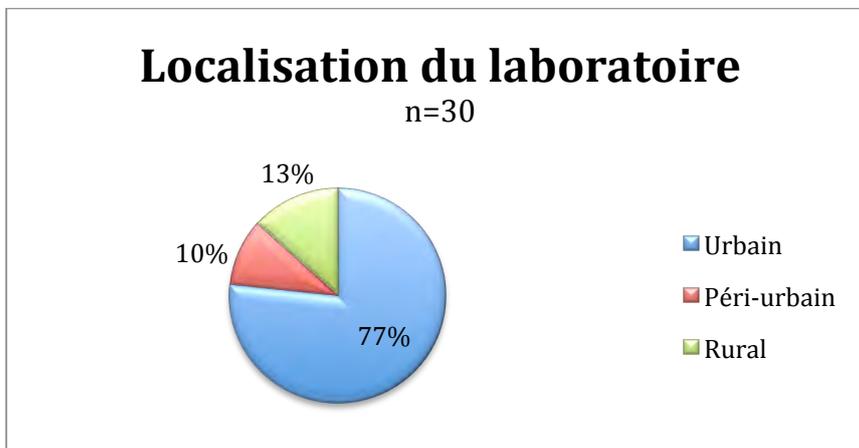


**Figure 1** : Temps d'exercice des praticiens

La **figure 1** renseigne sur la durée d'exercice des prothésistes :

- 3% exercent depuis 5 ans ou moins
- 27% ont entre 6 et 15 ans de pratique
- 44% ont entre 16 et 25 ans de pratique
- 23% exercent depuis 26 ans ou pratique

#### 2.3.1.2. Localisation du laboratoire de prothèse



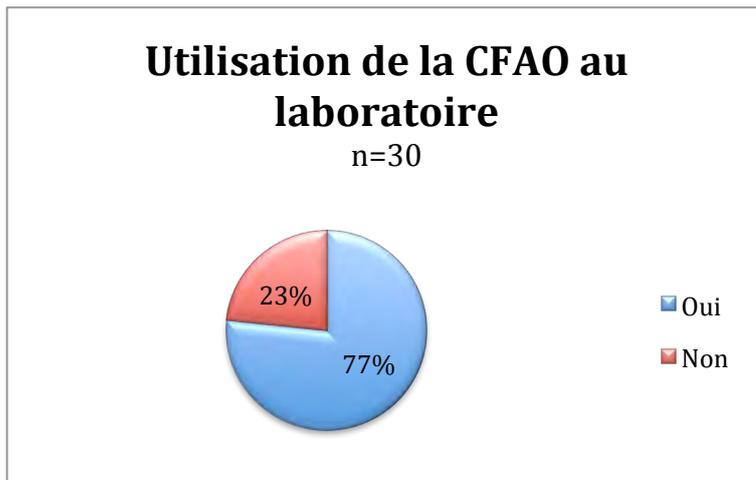
**Figure 2** : Localisation du cabinet

La **figure 2** renseigne sur la localisation géographique du laboratoire :

- 77% exercent en zone urbaine
- 13% exercent en zone rurale
- 10% exercent en zone péri-urbaine

### 2.3.2. La CFAO au laboratoire de prothèse

#### 2.3.2.1. Utilisation d'outils CAO/FAO au laboratoire

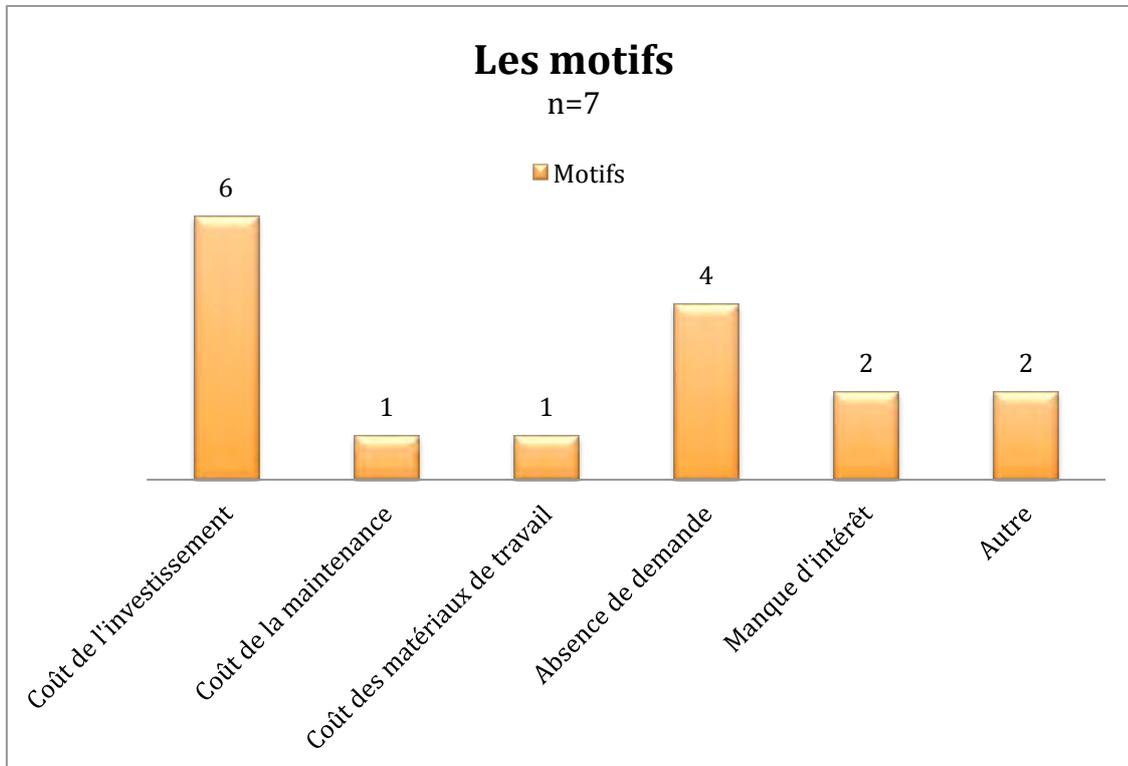


**Figure 3** : Utilisation d'outils CAO/FAO au cabinet

Selon la **figure 3**, 77% des prothésistes dentaires sondés utilisent des outils numériques CAO/FAO.

### 2.3.2.2. Prothésistes dentaires n'utilisant pas d'outils CAO/FAO

#### a) Les motifs



**Figure 4** : Raisons pour lesquelles ils n'utilisent pas d'outils CAO/FAO

La **figure 4** nous indique pour quelles raisons les prothésistes n'utilisent pas d'outils CAO/FAO :

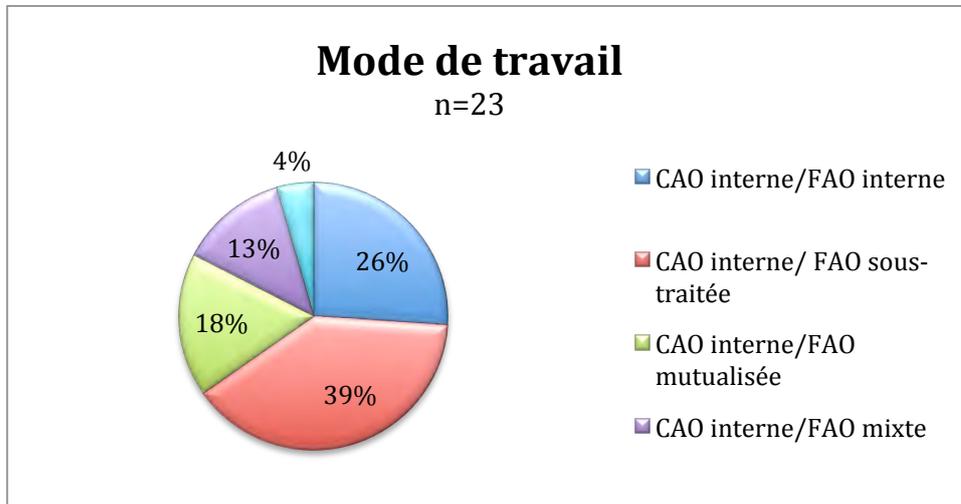
- Le coût d'investissement : 86%
- L'absence de demande : 57%
- Le manque d'intérêt : 29%
- Autre : le manque d'offre en prothèse adjointe : 29%
- Le coût de la maintenance : 14%
- Le coût des matériaux : 14%

#### b) Volonté d'investissement

Les résultats montrent que 100% des prothésistes n'utilisant pas d'outils CAO/FAO, désirent investir d'ici 5 ans.

### 2.3.2.3. Prothésistes dentaires utilisant des outils CAO/FAO

#### a) Mode de travail

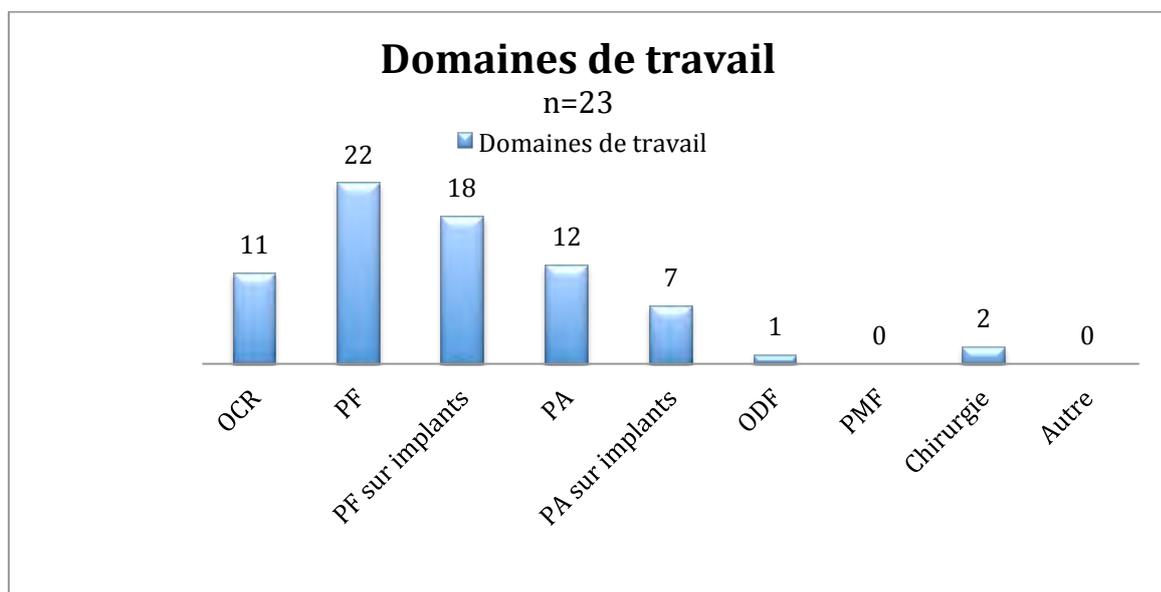


**Figure 5** : Mode de travail des prothésistes équipés

La **figure 5** indique le mode de travail des prothésistes équipés :

- 39% travaillent en CAO interne et FAO sous-traitée
- 26% travaillent en CAO interne et FAO interne
- 18% travaillent en CAO interne et FAO mutualisée
- 13% travaillent en CAO interne et FAO mixte

#### b) Domaines de travail

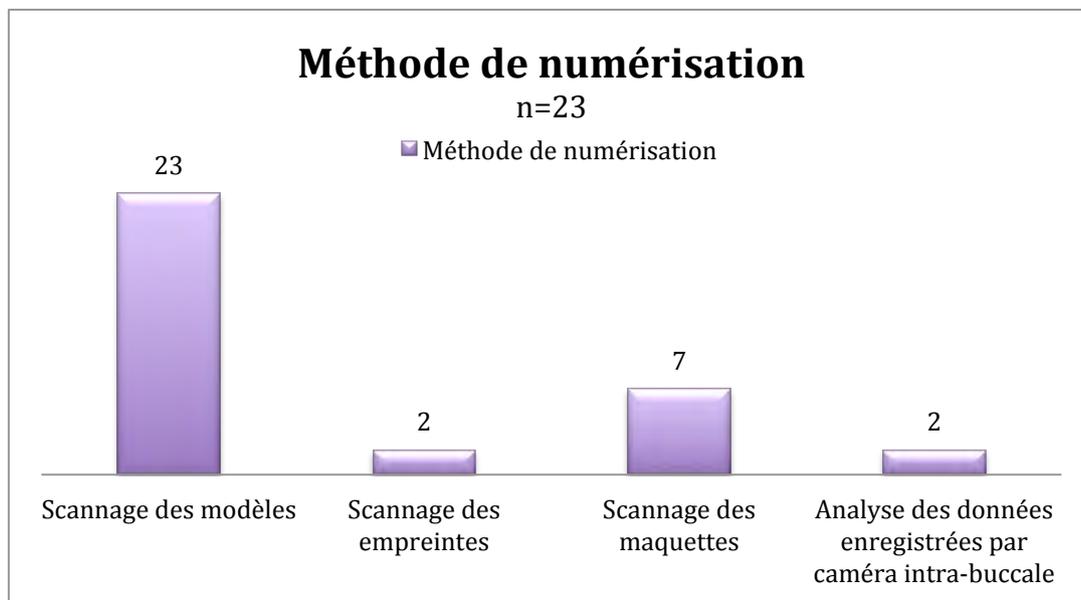


**Figure 6** : Domaines de travail des prothésistes équipés

La **figure 6** nous montre dans quels domaines les prothésistes utilisent les outils CAO/FAO :

- Prothèse Fixée : 96%
- Prothèse Fixée sur implants : 78%
- Prothèse Amovible : 52%
- Odontologie Restauratrice : Inlay/Onlay/Facettes : 48%
- Prothèse Amovible sur implants : 30%
- Chirurgie : 9%
- ODF : 4%
- Aucun en prothèse maxillo-faciale

c) Méthodes de numérisation



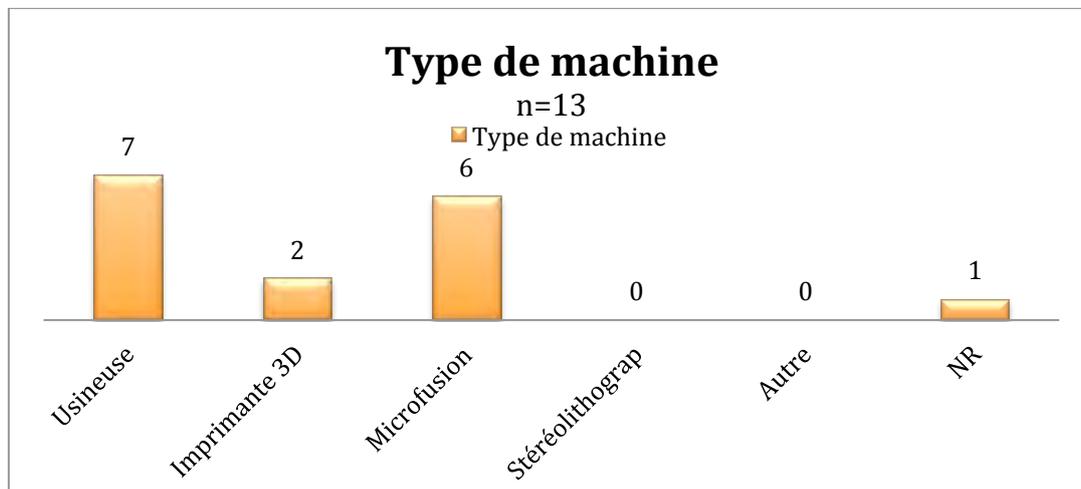
**Figure 7** : Méthodes de numérisation des prothésistes équipés

La **figure 7** nous indique quelles sont les méthodes de numérisation adoptées par les prothésistes sondés :

- Le scannage des modèles : 100%
- Le scannage des maquettes : 30%
- Le scannage des empreintes : 9%
- L'analyse de données enregistrées par caméra intra-buccales : 9%

### 2.3.2.4. Prothésistes dentaires faisant de la FAO interne, mixte ou mutualisée

#### a) Type(s) de machine(s) utilisée(s)

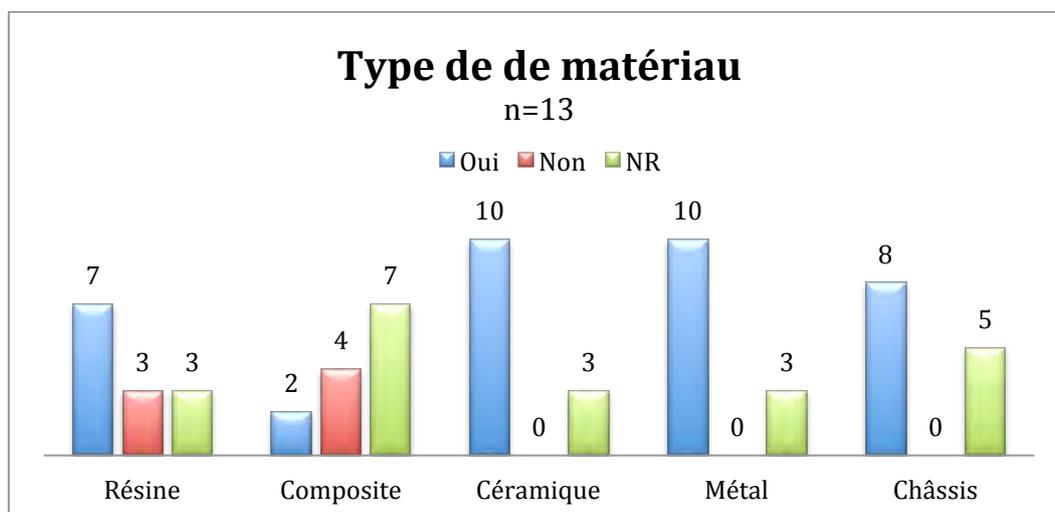


**Figure 8** : Type de machine utilisée en FAO

La **figure 8** nous indique quel(s) type(s) de machine(s) FAO les prothésistes utilisent :

- L'usineuse : 54%
- La micro-fusion : 46%
- L'imprimante 3D : 15%
- Aucun la stéréolithographie

#### b) Type(s) de matériau(x) utilisé(s)



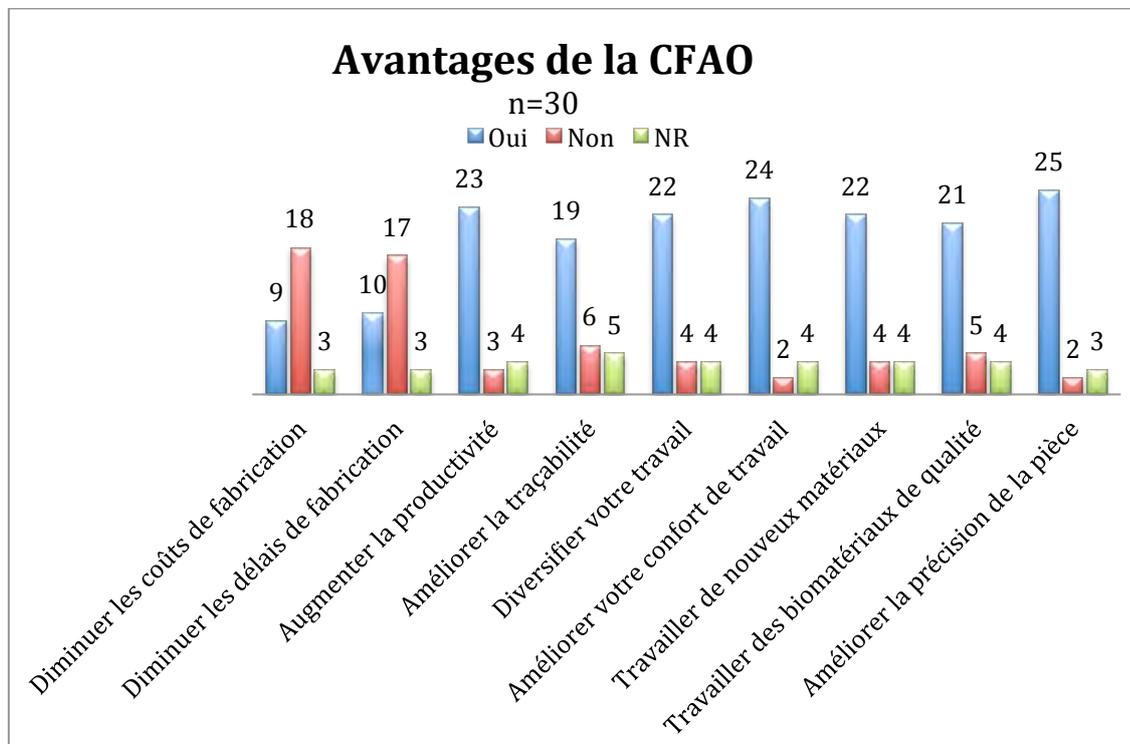
**Figure 9** : Types de matériaux travaillés en FAO

La **figure 9** indique le (ou les types) de matériau(x) travaillé(s) en FAO :

- La céramique : 77%
- Le métal : 77%
- Les châssis : 62%
- La résine : 54%
- Le composite : 16%

### 2.3.3. CFAO et pratique quotidienne

#### 2.3.3.1. Avantages de la CFAO



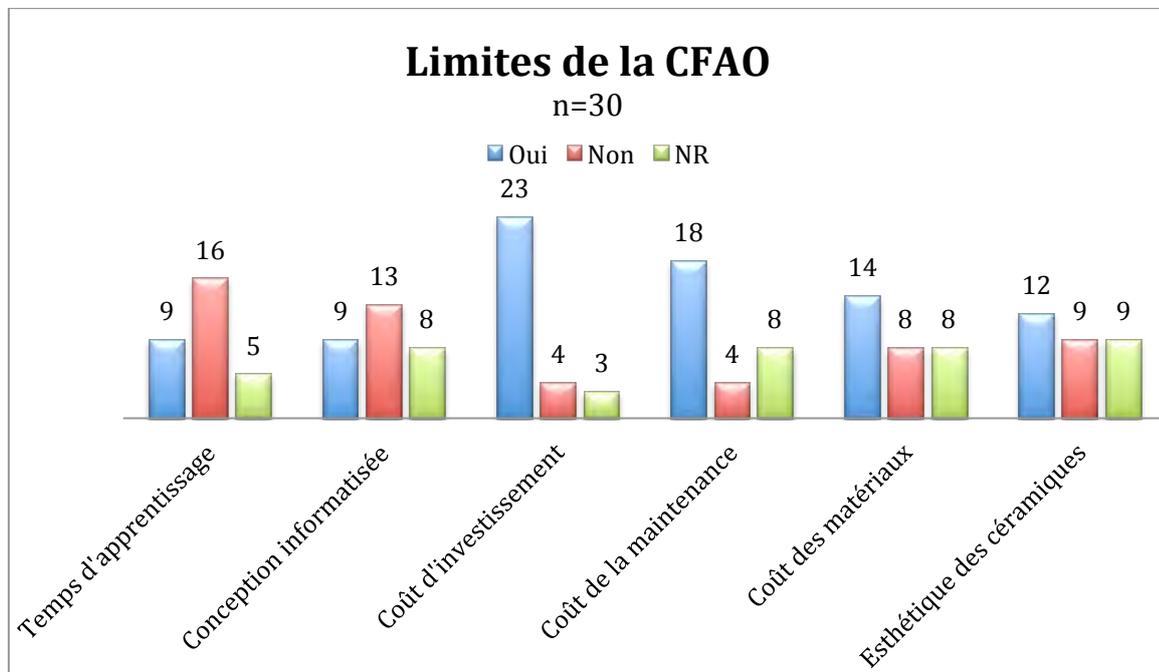
**Figure 10** : Avantages de la CFAO

La **figure 10** indique quels avantages sont apportés par la CFAO :

- Précision de la pièce : 83%
- Confort de travail : 80%
- Productivité : 77%
- Diversification du travail : 73%
- Travail de nouveaux matériaux : 73%
- Travail de biomatériaux de qualité : 70%
- Traçabilité : 63%

Par contre, elle ne permettrait de diminuer ni les délais de fabrication (pour 57%), ni les coûts de fabrication (pour 60%).

### 2.3.3.2. Limites de la CFAO



**Figure 11** : Limites de la CFAO

La **figure 11** nous indique quelles sont les limites de la CFAO :

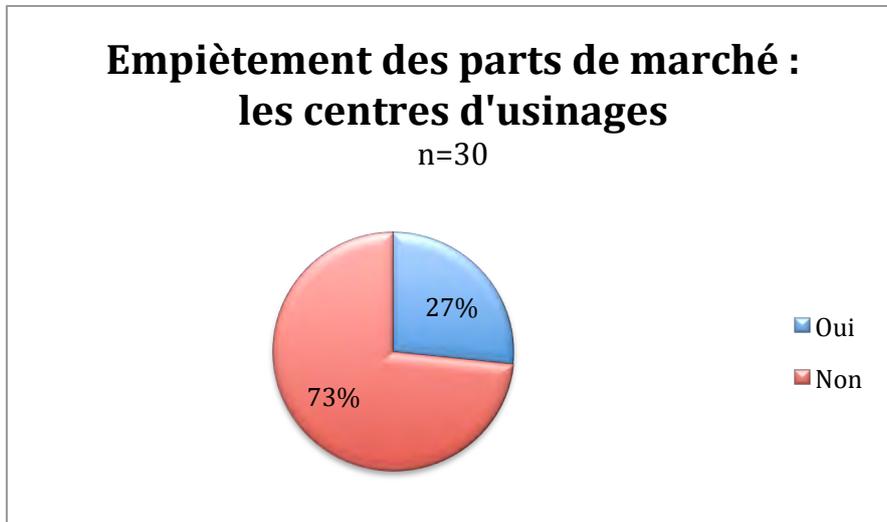
- Le coût d'investissement : 77%
- Le coût de la maintenance : 60%
- Le coût des matériaux : 47%

Par contre les prothésistes ne trouvent ni le temps d'apprentissage fastidieux (pour 53%), ni la conception informatisée compliquée (pour 43%).

En ce qui concerne l'esthétique des céramiques usinée/maquillées, les résultats sont partagés (40% oui, 30% non).

### 2.3.3.3. Empiètement de leurs parts de marché

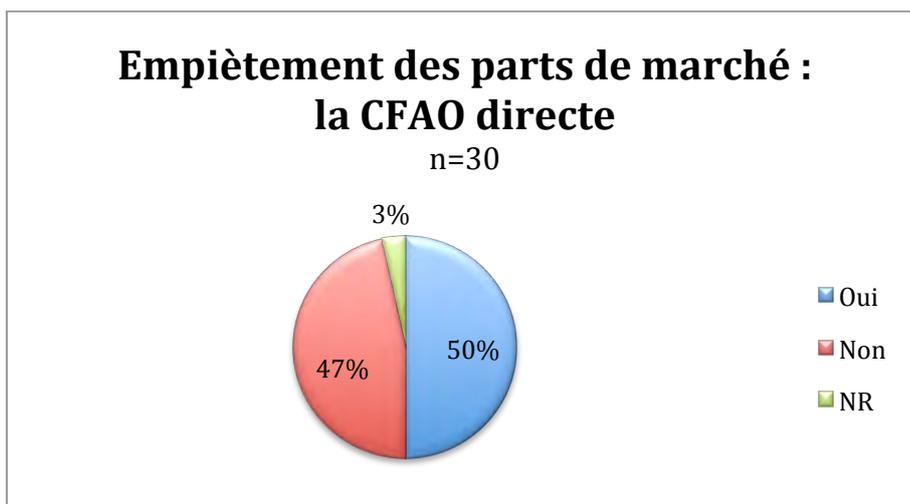
#### a) Les centres d'usinage



**Figure 12** : Empiètement des parts de marché par les centres d'usinage

D'après la **figure 12**, ils sont 73% à penser que les centres d'usinage n'empêchent pas sur leurs parts de marché.

#### b) Les machines de CFAO directe

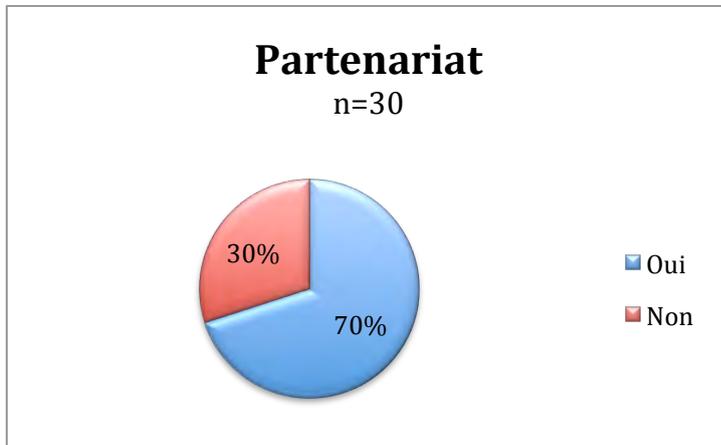


**Figure 13** : Empiètement des parts de marché par les machines de CFAO directe

D'après la **figure 13**, 50% d'entre eux trouvent que les machines de CFAO directe empêchent sur leurs parts de marché.

#### 2.3.3.4. Relation praticien-prothésiste

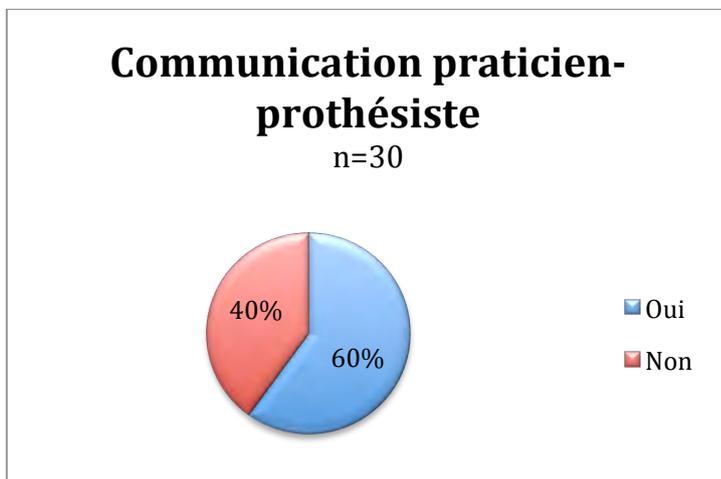
##### a) Instauration d'un partenariat avec les praticiens



**Figure 14** : Echange caméra intra-buccale/exclusivité

D'après la **figure 14**, 70% des prothésistes seraient prêts à offrir une caméra intra-buccale, en échange d'un contrat d'exclusivité.

##### b) Communication praticien-prothésiste

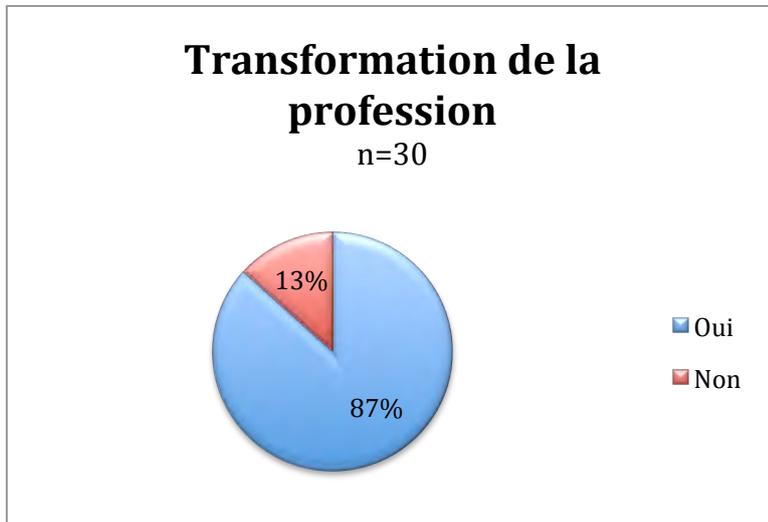


**Figure 15** : Communication praticien-prothésiste

D'après la **figure 15**, ils sont 60% à penser que cette numérisation améliore la communication praticien-prothésiste.

### 2.3.3.5. Transformation de leur profession par la numérisation

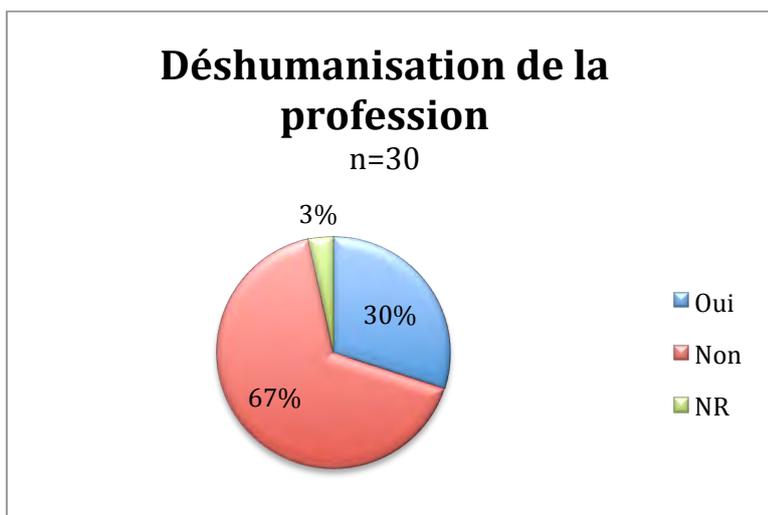
#### a) Impact du numérique sur leur profession



**Figure 16** : Transformation de la profession

D'après la **figure 16**, les prothésistes pensent à 87% que le numérique entraîne une transformation majeure de leur profession.

#### b) Déshumanisation de leur profession

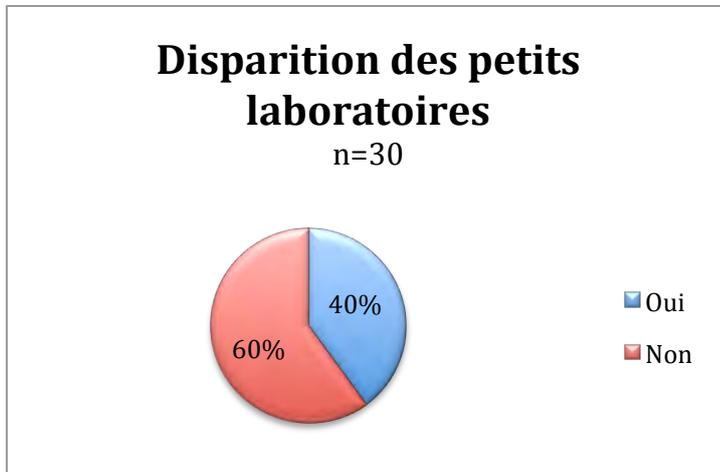


**Figure 17** : Déshumanisation de la profession

D'après la **figure 17**, les prothésistes pensent à 67% que le développement du numérique ne va pas déshumaniser leur profession.

### 2.3.3.6. Evolution de leur profession

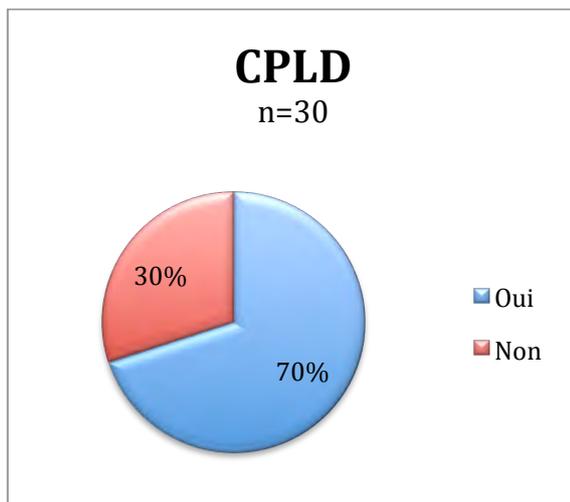
#### a) Disparition des « petits » laboratoires



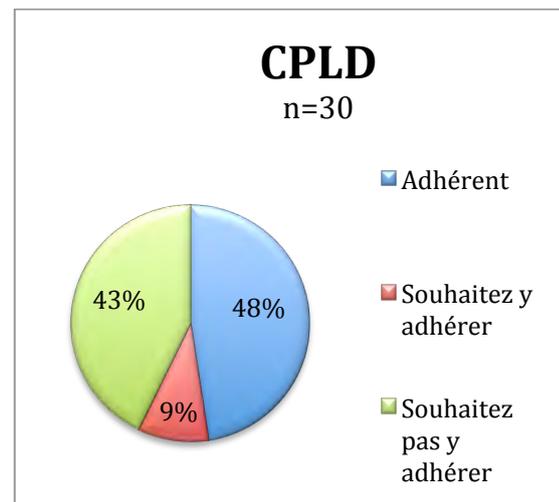
**Figure 18** : Disparition des petits laboratoires

D'après la **figure 18**, ils sont 60% à penser que les petits laboratoires ne sont pas voués à disparaître.

#### b) La CPLD : Coopérative de Production des Laboratoires Dentaires de Midi-Pyrénées



**Figure 19** : Connaissance de la CPLD



**Figure 20** : Ceux qui en font partie

D'après la **figure 19**, ils sont 70% à connaître l'existence de la CPLD.

D'après la **figure 20** :

- 48% des praticiens sondés en font partie
- 9% souhaitent y adhérer
- 43% ne souhaitent pas y adhérer

## 2.4. Discussion (15)

### 2.4.1. La CFAO au laboratoire de prothèse

D'après cette étude, 77% des prothésistes seraient équipés en outils CAO/FAO. Ainsi, ils sont de plus en plus nombreux à investir et la part du chiffre d'affaire occupée par la CFAO est de plus en plus importante.

L'étude nous montre que, en ce qui concerne la numérisation des données, le scannage des modèles d'études reste la technique la plus utilisée.

Par ailleurs, le taux de prothésistes recevant des fichiers enregistrés par caméra intra-buccale est minoritaire, mais devrait augmenter considérablement ces prochaines années.

En effet, nous avons montré précédemment, que les chirurgiens dentistes sont de plus nombreux à investir dans des caméras et la PEO est en train de se démocratiser au sein des cabinets dentaires privés.

L'activité en prothèse fixée reste prédominante et l'implantologie occupe une part de plus en plus importante du chiffre d'affaire en CFAO.

Plus généralement, les études montrent une augmentation de l'ensemble de l'activité.

En ce qui concerne le mode de travail des prothésistes dentaires en CFAO, 39% d'entre eux sous-traitent la fabrication des prothèses.

Ce taux important est sans aucun doute lié au coût important des machines CFAO, aux matériaux ainsi qu'à la maintenance de ces machines.

Il faut également noter que les petits laboratoires équipés en conception numérique, n'ont pas actuellement intérêt à passer en fabrication interne, car leur volume de production ne serait pas suffisant pour amortir le coût d'investissement.

Afin de diminuer ce taux, il faudrait que les prix baissent, ou que l'étendue des offres des petites machines s'élargisse.

Dans ce contexte, les centres d'usinage ont encore de beaux jours devant eux.

L'étude démontre que 26% des prothésistes équipés font de la FAO en interne, 18% de la FAO mutualisée et 13% de la FAO mixte (interne et externalisée).

Parmi ces prothésistes équipés en machines de FAO :

- L'usineuse est la machine préférée des laboratoires. Ceci s'explique par le fait qu'elle est adaptée aux travaux les plus courants des laboratoires, en prothèse fixée et que les restaurations de grande étendue ou nécessitant une passivité et une haute précision doivent être usinées.
- Les microfusions sont des machines extrêmement onéreuses, réservées aux gros laboratoires de prothèses ou aux centres de fabrication mutualisés.
- Les imprimantes 3D sont minoritaires, mais leur nombre risque d'augmenter parallèlement à l'augmentation du nombre de caméras intra-buccales. Elles permettront aux prothésistes de fabriquer des modèles en résine, dès lors que, à l'avenir, il n'y aura certainement plus de modèles d'étude en plâtre.

La CFAO a permis le développement des restaurations tout céramique : c'est actuellement le matériau le plus travaillé en FAO.

Le marché propose aujourd'hui un grand nombre de céramiques (feldspathiques, alumine densifiée par frittage, zircone, alumina (...)) ayant des qualités mécaniques ou esthétiques variables, pour des indications cliniques diverses et variées.

Depuis quelques années, les prothésistes peuvent réaliser des châssis métalliques de prothèses amovibles par CFAO. Cependant, compte tenu de la forme complexe des châssis, l'usinage n'est pas indiqué. Ils peuvent être fabriqués grâce à des techniques additives, avec des imprimantes 3D de modèles calcinables ou directement en métal avec des microfusions (frittage Laser).

Ce domaine reste minoritaire dans notre étude, mais va sans aucun doute se développer au cours des prochaines années.

Ainsi, le développement des machines de FAO, permet de diversifier les matériaux travaillés ainsi que les types de prothèses réalisées.

#### 2.4.2. Avantages et limites de la CFAO

Les résultats montrent que le coût d'investissement, de la maintenance et des matériaux sont les doléances principales des prothésistes.

Parmi les 23% non équipés en outils CAO/FAO, nous notons que le coût d'investissement est un véritable obstacle.

Le manque de demande serait également un frein important.

De ce fait, les prothésistes ne verraient aucun intérêt à se lancer, faute de pouvoir rentabiliser leur investissement.

Malgré tout, 100% des prothésistes non équipés sondés auraient l'intention d'investir d'ici 5 ans.

Le prix des scanners de table a diminué ces dernières années, ce qui a permis, même aux petites structures, de faire cet investissement.

Le coût d'un poste et de la licence CAO est compris entre 20 000 € et 30 000 €.

Néanmoins, le coût des équipements de production FAO est important, entre 40 000 € et 170 000 €, voire plus.

Les prothésistes soulignent les nombreux attraits de la CFAO : confort de travail, productivité améliorée, diversification du travail (...)

Contrairement à ce que nous pourrions penser, ils affirment que la CFAO ne leur aurait pas permis de diminuer les délais ou les coûts de fabrication.

Par ailleurs, ils sont nombreux à signaler que la CFAO n'est qu'une aide et qu'elle ne remplacera jamais la main du prothésiste, son expertise et son savoir-faire.

### 2.4.3. Impact de la CFAO et évolution de leur métier

87% des sondés pensent que le développement du numérique provoque une transformation majeure de leur profession.

En effet, l'avenir des prothésistes dépendra de leurs capacités à se moderniser et à s'industrialiser.

Malgré cette numérisation, les prothésistes restent des artisans, 67% d'entre eux ne pensent pas qu'elle provoquera une déshumanisation de leur profession.

Ils devront maîtriser la CFAO, tout en conservant leur culture de la prothèse artisanale.

Le défi de demain consistera à proposer aux praticiens un travail combinant la performance des outils CFAO et le savoir faire manuel des prothésistes.

#### 2.4.3.1. Une nouvelle concurrence

Après le problème des prothèses importées des pays émergents, la concurrence vient aujourd'hui des industriels et surtout des fournisseurs de laboratoires.

En effet, les prothésistes sont inquiets du développement des machines de CFAO directe; 50% d'entre eux pensent qu'elles empiètent sur leurs parts de marché.

Les praticiens ayant investi dans ces machines auraient fortement réduit les factures de leurs prothésistes.

Certaines sociétés présentent leurs machines comme capables de réaliser tous types de restaurations, sans faire appel aux laboratoires.

Une problématique se soulève aujourd'hui : La répartition des tâches entre le cabinet et le laboratoire est-elle un gage de réussite des réhabilitations ?

A la vue des questionnaires, il semble évident pour les deux parties que la symbiose Chirurgien dentiste-prothésiste est toujours d'actualité.

Le Dr François DURET affirme que « penser que le prothésiste peut-être remplacé par une machine est une vue étroite et fausse ».

Le travail des prothésistes reste (au moins) indispensable pour des restaurations complexes ou de grande étendue.

Par ailleurs, il semble que les praticiens apprécient plus la qualité et l'esthétique des céramiques glacées et stratifiées que celles des céramiques maquillées et usinées. Aussi, même pour les restaurations unitaires, il semble que le travail de laboratoire est indispensable.

La CFAO permet certes l'obtention de pièces précises, mais elle ne permet pas encore de maîtriser toutes les qualités optiques et esthétiques des céramiques.

De plus, il n'est pas certain que tous les chirurgiens dentistes soient enclins à consacrer du temps de travail à la fabrication des prothèses.

Les techniciens de laboratoire craignent également le développement des laboratoires d'importation et des systèmes CFAO fermés, obligeant les praticiens équipés de caméras intra-buccales à faire fabriquer leurs prothèses dans des laboratoires agréés.

Par ailleurs, 70% des prothésistes seraient prêts à réaliser un échange caméra intra-buccale/exclusivité.

En effet, de nombreux laboratoires réfléchiraient à investir dans des caméras pour en proposer la location aux cabinets dentaires avec lesquels ils collaborent.

Ceci montre non seulement leur volonté d'améliorer et d'entretenir la relation praticien-prothésiste, mais aussi leur intérêt pour l'utilisation d'outils plus performants, rendant l'exploitation des données plus précise et plus neutre.

#### 2.4.3.2. Relation praticien-prothésiste

Le développement de la CFAO au cabinet dentaire et au laboratoire crée un nouveau mode de communication praticiens-prothésistes.

Ils sont 60% à penser que la numérisation influe sur cette communication.

Les problèmes de qualité de conservation des empreintes, de coulée des modèles, de mise en articulateur ne seront plus d'actualité.

La numérisation des données permettra d'objectiver les défauts de préparation des tissus durs, et la PEO de supprimer l'étape délicate de l'empreinte physique.

De plus, la réussite des plans de traitement ne peut aboutir que dans le cadre de bonnes relations avec le laboratoire.

L'effort dans la numérisation du matériel est donc impérative tant pour les praticiens que pour les prothésistes, afin d'obtenir une chaîne de travail performante.

Demain, la CFAO dentaire sera dépendante des relations entre le cabinet et le laboratoire.

#### 2.4.3.3. Une nouvelle méthode de travail : la mutualisation

Afin de pallier les problèmes des coûts d'investissement et de maintenance des machines de production, des prothésistes dentaires ont décidé de mutualiser leurs équipements.

18% des prothésistes sondés ont choisi ce mode de travail.

Car la mutualisation des moyens de production évite la sous-exploitation qui met en péril les entreprises.

Ainsi, nous voyons fleurir des coopératives artisanales, notamment la CPLD (Coopérative de Production des Laboratoires Dentaires de Midi-Pyrénées).

70% des prothésistes interrogés connaissent cet organisme, et ils sont 48% à en faire partie.

Cette coopérative mutualise les moyens de production en permettant aux petits laboratoires de travailler avec des outils CAO/FAO. Le droit d'entrée s'élève à 5000€.

La CPLD a également reçu un financement de 70 000€ du Conseil Régional de Midi-Pyrénées.

Ce regroupement leur permettrait de faire face à la concurrence des grands centres de fabrication, et tirer à leur avantage l'industrialisation de la profession.

Même si 60% des sondés ne pensent pas que les petits laboratoires sont voués à disparaître, leur survie dépendra de leurs capacités d'adaptation et de leur réactivité.

### 2.5. Les limites de cette étude

Nous avons sélectionné les prothésistes au hasard dans l'annuaire téléphonique. Contrairement à l'étude faite chez les praticiens, nous n'avons pas accès à leurs adresses électroniques, ce qui nous a obligés à les contacter un à un par téléphone. Nous avons transmis ce sondage à plus de 80 prothésistes, mais nous n'avons eu que 31 réponses, dont 30 réponses exploitables.

Par ailleurs, notre étude comprenant des questions sur la CPLD de Midi-Pyrénées, les adhérents de cette association ont été très intéressés et très nombreux à y répondre, ce qui a pu biaiser certains résultats.

Nous pensons qu'il faudrait réitérer cette étude, en modifiant certaines questions, afin d'avoir un échantillon plus représentatif.

Malgré le faible nombre de réponses, nous avons eu de nombreux messages d'encouragement. Les prothésistes semblaient ravis qu'on les interroge sur leur activité.

Enfin, cette étude étant une étude descriptive transversale, nous pensons qu'il serait intéressant de la réitérer afin d'en étudier l'évolution.

## **CONCLUSION**

François DURET fut le premier à croire à l'intérêt de la CFAO en odontologie.

Depuis 1970, cette technique a parcouru un long chemin et s'impose peu à peu dans les cabinets dentaires et les laboratoires.

Il est aujourd'hui impossible d'ignorer ces nouveaux outils tant ils facilitent la pratique quotidienne des praticiens et des prothésistes dentaires.

Au cabinet, les systèmes de prise d'empreinte 3D et les machines de CFAO directe apportent un gain indéniable de précision, de régularité, de temps et de confort pour les praticiens et leurs patients.

Les outils numériques sont de plus en plus nombreux et performants, ce qui pousse les praticiens à investir.

De même, les laboratoires de prothèse sont de plus en plus nombreux à investir dans la CFAO.

Toutefois, les coûts importants d'investissement et de maintenance de ces outils ralentissent leur démocratisation. Le souci de la rentabilisation de ces machines est aujourd'hui la réticence principale des cabinets et des laboratoires.

Par ailleurs, les laboratoires doivent non seulement faire face à la concurrence des centres d'usinage, mais également à celle des machines de CFAO directe utilisées par les praticiens.

En dépit de tous les avantages que représente la CFAO directe, ces machines ne peuvent en l'état remplacer la main et le savoir faire des prothésistes dans les situations cliniques complexes et les restaurations de grande étendue.

De l'avis commun des praticiens et des prothésistes, la réussite des plans de traitement reste et restera toujours dépendante de la symbiose praticien-prothésiste.

Aussi, l'essor de la CFAO sera sans aucun doute dépendant de cette relation.

Même si la CFAO est aujourd'hui une technique fiable et éprouvée, elle reste encore perfectible et de nombreuses évolutions sont à venir.

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. ALLAND Y., Les empreintes optiques, gadget ou avancée majeure ?, *Quintessence du congrès de l'ADF*, 2011 : p.182-183
2. BERRUET J.L., CIAFFOLONI R., PELISSIER B., La CFAO en cabinet dentaire avec laboratoire, *Quintessence du congrès de l'ADF*, 2012 : p.272-275
3. BIRNBAUM, AARONSON, STEVENS et al. , 3D Digital Scanners : A High-Tech Approach to More Accurate Dental Impressions. *Departments Technology Integration*, 2009 : p.1-14
4. DAVIDOWITZ G., KOTICK P.G., The use of CAD/CAM in dentistry, *Dental clinics*, 2011 : p.559-570
5. DE DIVONNE A.C., Quelle place pour l'empreinte optique au cabinet dentaire, *Clinic*, Septembre 2012, Cahier 2, Vol.33 : p.11-14
6. DURET F., Interview : Le congrès dentaire des technologies 3D et CAD/CAM. *CONGRES IMAGINA DENTAL*. 2013, Monaco.
7. DURET F., Les différentes méthodes de prise d'empreinte pour la CFAO, *Stratégie prothétique*, 2003. 3(5) : p.343-349
8. DURET F., Innovation en prothèse fixée, CFAO et céramique de haute résistance, *Quintessence du congrès de l'ADF*, 2006
9. DURET F., Historique du CAD/CAM, *Technologie dentaire*, 2003 : p.5-14
10. DURET F., DURET B., PELISSIER B., CFAO, une histoire vécue, le temps des pionniers, *Information Dentaire*, Septembre 2007, N°29, Vol 89
11. DURET F., La grande avancée de la CFAO, IDS de Cologne 2011, *Fil Dentaire Magazine*, 2011.
12. DURET F., JACQUOT B., CASTANY E., PELISSIER B., La CFAO dentaire : le système Lava, applications cliniques antérieures, *Formation continue*, article publié dans le CDF n°1453 du 14/10/10
13. JÄGER K., VÖGTLIN C., Processus de travail numérique avec Lava Chairside Oral Scanner C.O.S et la technique Lava, *Pratique quotidienne et formation complémentaire*, Avril 2012.
14. JOULLIE K., JULIA M., NEGREL D., BERTRANF F., Prothèses en CFAO, *Stratégie Prothétique*, Mars-Avril 2011, 11(2) : p.97-106

15. LABORDE G., La CFAO : encore? Toujours?, *Clinic*, Cahier 1, Vol 32, Mai 2011 : p.250-252
16. LANDWERLIN O. IDS 2013 : Les nouveautés en CAD/CAM et imagerie 3D pour le cabinet dentaire, *CAD/CAM n°2/2013*
17. MCLAREN E.A., CULP L., WHITE S., The evolution of digital dentistry and the digital dental team, *Dent Today*, 2008. 27(9) : p.112, 114, 116-7.
18. MOUSSALY C., CAZIER S., TREVELO F., DELEPIERRE V., La CFAO vs humains, préparation et réalisation d'un onlay, *Quintessence du congrès de l'ADF 2011*, p89-92, 2011
19. PERSSON A., Virtual three-dimensional analysis of digitized dental impressions and stone replicas. , in Sweden. 2008, *The Institute of odontology, Karolinska institute* , Stockholm. p. 31.
20. PURI S., Maximizing and Simplifying CAD/CAM Dentistry. *CAD/CAM and Digital Impressions*, 2009 : p. 6-9.
21. RAYNAL J., THOMAS ELKAIM V., COUDRAY L., MOUSSALLY C., JORDAN F., et al, La CFAO en odontologie : ce que l'omnipraticien doit savoir, *Quintessence du congrès de l'ADF 2007*
22. ROUACH T., L'empreinte optique : une réalité au service de l'équipe de soin, *Clinic*, Septembre 2011, Cahier 1, vol.32, p431-439
23. RUDOLPH, H., S.QUAAS, R.G. LUTHARDT, Matching point clouds : limits and possibilities. *Int J Comput Dent*, 2002. 5(2-3) : p. 155
24. SALLES C., Apport de la CFAO dans les reconstitutions plurales en tout céramique en secteur postérieur, *Thèse pour le diplôme d'état de Docteur en Chirurgie Dentaire*, 2011-TOU3-3061
25. TELLIER A., Les empreintes optiques en prothèse fixée, *Thèse pour le diplôme d'état de Docteur en Chirurgie Dentaire*, 2010-TOU3-3037
26. TINSCHERT J., NATT G., HASSENPFUG S. et al., Status of current CAD/CAM technology in dental medicine. *Int J Comput Dent*, 2004. 7(1) : p. 25-45.
27. UNGER F., CFAO, futur prometteur, *Information Dentaire*, 5 Septembre 2007, N°29, Vol 89
28. UNGER F., CFAO le temps des démonstrations, *Information Dentaire*, 5 Septembre 2007, N°29, Vol 89

29. UNGER F., La CFAO dentaire, *Stratégie prothétique*, Novembre 2003, Vol 3, N°5
30. YADROITSEV I., BERTRAND P., SMUROV I., Parametric analysis of the selective laser melting process. *Applied Surface Science*, 2007, p: 8064-8069
31. [www.cnifdp.fr](http://www.cnifdp.fr), Le guide de la CFAO dentaire (accès Septembre 2013)
32. [www.e4d.com](http://www.e4d.com), (accès Septembre 2013)
33. [www.itero.com](http://www.itero.com), (accès Septembre 2013)
34. [www.sirona.fr](http://www.sirona.fr), (accès Septembre 2013)
35. [www.3m.fr](http://www.3m.fr), (accès Septembre 2013)
36. [www.3shape.com](http://www.3shape.com), (accès Décembre 2013)

**ANNEXES**

**ANNEXE N°1 : QUESTIONNAIRE DES CHIRURGIENS DENTISTES**

*Madame, Monsieur,*

*Je suis étudiante à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse et prépare actuellement ma thèse sur le thème suivant : Impact et évolution de la CFAO.*

*A cette fin, j'ai établi un questionnaire que vous trouverez en pièce jointe (ci-dessus).*

*Il me serait extrêmement utile que vous me retourniez ce questionnaire rempli.*

*Cela vous prendra quelques instants, il vous suffit de le compléter en ligne et cliquer sur l'icône "envoyer", à la fin de celui-ci.*

*Avec mes remerciements, je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de mes sentiments respectueux.*

*Caroline Roques*

**Question 1**

Depuis combien de temps exercez-vous ? *(Donner la durée en chiffre)*

**Question 2**

Où exercez-vous ?

- Rural
- Péri-urbain
- Urbain

**Question 3**

Combien de praticiens êtes-vous au cabinet ? *(En chiffre)*

**Question 4**

Utilisez-vous la CFAO (Directe, Semi-directe ou Indirecte) dans la conception et/ou la fabrication des prothèses dentaires ?

- Oui
- Non

**Question 5**

Si non, pourquoi ? *(Plusieurs réponses possibles)*

- Manque d'intérêt
- Coût des machines CFAO
- Coût des caméras intra-buccales
- Prothésiste non équipé
- Autre :

**Question 6**

Si oui, avez-vous suivi une formation continue spécifique en CFAO ?

- Oui
- Non

**Question 7**

Si oui, avec quelle(s) technique(s) ? (*Plusieurs réponses possibles*)

- Directe (CFAO au cabinet)
- Semi-Directe (Enregistrement des données par caméra intra-buccale)
- Indirecte (Enregistrement des données par empreinte classique)

**Question 8**

Si oui, dans quel(s) domaine(s) ? (*Plusieurs réponses possibles*)

- Odontologie Restauratrice : Inlay/onlay/facettes
- Prothèse Fixée
- Prothèse Fixée sur implants
- Prothèse Amovible
- Prothèse Amovible sur implants
- ODF
- PMF
- Chirurgie
- Autre :

**Question 9**

Si vous travaillez en technique Directe, quel système utilisez-vous ?

**Question 10**

Avez-vous rencontré des difficultés dans l'apprentissage de la CFAO Directe pour :

	Oui	Non
Maniabilité de la machine		
Temps d'apprentissage		
L'empreinte optique		
Conception informatisée		
Techniques spécifiques de préparation des tissus		
Techniques de maquillage		

**Question 11**

Si vous travaillez en technique Semi-Directe ou Indirecte, faites-vous fabriquer vos prothèses par : (*Plusieurs réponses possibles*)

- Laboratoire de prothèse
- Centre d'usinage
- Autre :

**Question 12**

Avez-vous l'intention d'investir d'ici 5 ans dans :

	Oui	Non
Caméra intra-buccale		
Machine CFAO		

**Question 13**

Selon-vous, la CFAO permettrait une amélioration :

	Oui	Non
Régularité		
Précision		
Rapidité de réalisation		
Confort de travail		
Confort pour le patient		
Baisse du prix des prothèses		
Traçabilité des prothèses		

**Question 14**

La CFAO présente t'elle des limites pour :

	Oui	Non
Rendu esthétique de la céramique usinée/maquillée		
Qualité mécanique des matériaux		
Indications cliniques limitées		
Coût d'investissement		
Coût de la maintenance		

**Question 15**

La CFAO (Directe, Semi-Directe ou Indirecte) a t'elle modifié vos habitudes de travail ?

- Oui
- Non

**Question 16**

Si oui, dans quel(s) domaine(s) ? *(Plusieurs réponses possibles)*

- Nouveaux gestes cliniques
- Nouveaux matériaux
- Nouveaux instruments de travail
- Autre :

**Question 17**

Pensez-vous que la numérisation des empreintes deviendra incontournable ?

- Oui
- Non

**Question 18**

Selon-vous, quelle technique a le meilleur rendu esthétique :

- Usinage de la céramique par FAO puis maquillage
- Stratification de la céramique

**Question 19**

Ces nouvelles technologies rendent-elles la décision thérapeutique plus difficile ?

- Oui
- Non

**Question 20**

Vous sentez-vous dépassé(e) par ces nouvelles technologies ?

- Oui
- Non

**Question 21**

Vos patients vous semblent-ils intéressés par ces nouvelles technologies ?

- Oui
- Non

**Question 22**

Pensez-vous que cette numérisation améliore la communication praticien-prothésiste ?

- Oui
- Non

**Question 23**

Envisageriez-vous changer de prothésiste si celui-ci ne souhaite pas investir dans la CFAO ?

- Oui
- Non

**Question 24**

Avez-vous entendu parler de la CPLD ? (Coopérative de production des laboratoires dentaires de Midi-Pyrénées)

- Oui
- Non

**Question 25**

Pensez-vous que les "petits" laboratoires sont voués à disparaître ?

- Oui
- Non

**Question 26**

Selon-vous, la formation des futurs praticiens en CFAO est :

- Impérative
- Un plus
- Non nécessaire

**Remarques :**

--

**ANNEXE N°2 : QUESTIONNAIRE DES PROTHÉSISTES DENTAIRES**

*Madame, Monsieur,*

*Je suis étudiante à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse et prépare actuellement ma thèse sur le thème suivant : Impact et évolution de la CFAO.*

*A cette fin, j'ai établi un questionnaire que vous trouverez en pièce jointe (ci-dessus).*

*Il me serait extrêmement utile que vous me retourniez ce questionnaire rempli.*

*Cela vous prendra quelques instants, il vous suffit de le compléter en ligne et cliquer sur l'icône "envoyer", à la fin de celui-ci.*

*Avec mes remerciements, je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de mes sentiments respectueux.*

*Caroline Roques*

**Question 1**

Depuis quand exercez-vous ? *(Donner la durée en chiffre)*

**Question 2**

Où exercez-vous ?

- Rural
- Péri-urbain
- Urbain

**Question 3**

Travaillez-vous avec des outils numériques CAO/FAO ?

- Oui
- Non

**Question 4**

Si non, pourquoi ? *(Plusieurs réponses possibles)*

- Coût de l'investissement
- Coût de la maintenance
- Coût des matériaux de travail
- Absence de demande
- Manque d'intérêt
- Autre :

**Question 5**

Si non, avez-vous l'intention d'investir en CAO/FAO d'ici 5 ans ?

- Oui
- Non

**Question 6**

Si vous êtes équipés, comment travaillez-vous ?

- CAO interne/FAO interne
- CAO interne/FAO sous-traitée
- CAO interne/FAO mutualisée
- CAO interne/FAO mixte

**Question 7**

Dans quel(s) domaine(s) utilisez-vous la CFAO ? *(Plusieurs réponses possibles)*

- Odontologie Restauratrice : onlay/inlay/facettes
- Prothèse Fixée
- Prothèse Fixée sur implants
- Prothèse Amovible
- Prothèse Amovible sur implants
- ODF
- PMF
- Chirurgie
- Autre :

**Question 8**

Quelle(s) méthode(s) de numérisation avez-vous adoptée ? *(Plusieurs réponses possibles)*

- Scannage des modèles
- Scannage des empreintes
- Scannage des maquettes
- Analyse des données enregistrées par caméra intra-buccale

**Question 9**

Si vous faites de la FAO (interne, mutualisée ou mixte) quel(s) type(s) de machine(s) utilisez-vous ? *(Plusieurs réponses possibles)*

- Usineuse
- Imprimante 3D
- Microfusion
- Stéréolithographie
- Autre :

**Question 10**

Quel(s) type(s) de matériaux travaillez-vous en FAO (interne, mutualisée ou mixte) ?

	Oui	Non
Résine		
Composite		
Céramique		
Métal		
Châssis		

**Question 11**

La CFAO permet de :

	Oui	Non
Diminuer les coûts de fabrication		
Diminuer les délais de fabrication		
Augmenter la productivité		
Améliorer la traçabilité		
Diversifier votre travail		
Améliorer votre confort de travail		
Travailler de nouveaux matériaux		
Travailler des biomatériaux de qualité		
Améliorer la précision de la pièce prothétique		

**Question 12**

La CFAO présente des limites pour :

	Oui	Non
Temps d'apprentissage		
Conception informatisée		
Coût d'investissement		
Coût de la maintenance		
Coût des matériaux		
Esthétique des céramiques usinées/maquillées		

**Question 13**

Pensez-vous que les centres d'usinage empiètent sur vos parts de marché ?

- Oui
- Non

**Question 14**

Pensez-vous que la CFAO directe empiète sur vos parts de marché ?

- Oui
- Non

**Question 15**

Seriez-vous prêt à proposer un échange caméra intra-buccale/exclusivité avec les praticiens ?

- Oui
- Non

**Question 16**

Pensez-vous que le développement du numérique entraîne une transformation majeure de votre profession ?

- Oui
- Non

**Question 17**

Pensez-vous que le développement du numérique améliore la communication praticien/prothésiste ?

- Oui
- Non

**Question 18**

Avez-vous entendu parler de la CPLD ? (Coopérative de Production des Laboratoires Dentaires de Midi-Pyrénées)

- Oui
- Non

**Question 19**

Si oui :

- Vous êtes adhérent
- Vous souhaitez y adhérer
- Vous ne souhaitez pas y adhérer

**Question 20**

Pensez-vous que les "petits" laboratoires sont voués à disparaître ?

- Oui
- Non

**Question 21**

Pensez-vous que cette numérisation peut déshumaniser votre métier ? (Perte de la valeur du travail artisanal)

- Oui
- Non

**Remarques :**

**LA CFAO DANS LA PRATIQUE QUOTIDIENNE  
EN CABINET DENTAIRE ET EN LABORATOIRE  
DANS LA RÉGION MIDI-PYRÉNÉES EN 2013  
ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE**

---

**RÉSUMÉ EN FRANÇAIS :**

La CFAO signifie Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur. Cette technique issue de l'aéronautique a été, par la suite, appliquée à l'odontologie.

Le Docteur François DURET, chirurgien-dentiste français a initié ce type de procédures en bouche dans les années 70 ; la première machine de CFAO destinée à l'odontologie est apparue dans les années 80.

Depuis lors, la CFAO n'a cessé d'évoluer et de se perfectionner, tant en cabinet dentaire qu'en laboratoire.

Aujourd'hui, de plus en plus de laboratoires investissent.

Les chirurgiens-dentistes sont également de plus en plus nombreux à s'équiper de caméras de prise d'empreinte 3D intra-buccales ou de systèmes de CFAO directe.

Il est désormais impossible d'ignorer ces nouveaux outils tant ils modifient et facilitent les pratiques du cabinet dentaire et du laboratoire.

Dans ce contexte, ce travail a pour but de décrire la place de la CFAO dans la pratique quotidienne en cabinet dentaire et en laboratoire, dans la région Midi-Pyrénées, en 2013.

---

**TITRE EN ANGLAIS :** The CAD-CAM within the daily practice in dentist's surgery and in laboratory in Midi-Pyrénées, in 2013. Epidemiological study.

---

**DISCIPLINE ADMINISTRATIVE :** PROTHÈSE, ÉPIDÉMIOLOGIE

---

**MOTS-CLÉS :** Prothèses, CFAO, Épidémiologie, Midi-Pyrénées, 2013.

---

**INTITULÉ ET ADRESSE DE L'U.F.R OU DU LABORATOIRE :**

Faculté de Chirurgie Dentaire  
3 chemin des Maraîchers  
31062 Toulouse Cedex 9

---

**DIRECTEUR DE THÈSE :** Docteur Jean CHAMPION

**CO-DIRECTEUR DE THÈSE :** Docteur Elsa SOULES