

Chapitre 1

Curriculum vitae

Laurent Tapie

Maître de Conférences en Génie Mécanique CNU 60 – Université Paris 13

Titulaire de la Prime d'Encadrement Doctoral et de Recherche (Campagne 2016)

Né le 18 Octobre 1979, Marié, 1 enfant

Etablissement de rattachement : Université Paris 13

Institut Universitaire de Technologie de Saint-Denis - Département Génie Mécanique et Productique

Place du 8 Mai 1945, 93206, Saint-Denis Cedex

Mél : laurent.tapie@univ-paris13.fr - Tél. : 01 49 40 61 67

Laboratoire de rattachement : Unité de Recherche en Biomatériaux Innovants et Interfaces, EA 4462

Faculté de chirurgie dentaire – Université Paris Descartes

1 rue Maurice Arnoux, 92120, Montrouge

Mél : laurent.tapie@parisdescartes.fr - Tél. : 01 58 07 67 51

1.1 Expériences professionnelles

2009 **Maître de Conférences**, IUT de Saint-Denis, Univ. Paris 13

Chercheur permanent, URB2i, Univ. Paris Descartes - Paris 13

Chercheur permanent (2009-2012), LURPA, ENS Cachan

2007-2009 **Professeur Agrégé**, IUT de Saint-Denis, Univ. Paris 13

Chercheur associé, LURPA, ENS Cachan

2004-2007 **Moniteur**, ENS Cachan

2003-2004 **Vacataire**, Univ. Marne la Vallée et Paris Sud

1.2 Formations et qualifications

- 2007 **Doctorat** de l'ENS Cachan, spécialité Génie Mécanique
Titre : Décomposition topologique des outillages de forge pour la
génération de trajectoires UGV
- B. ANSELMETTI, Directeur, Université Paris Sud, LURPA
- B. MAWUSSI, Encadrant, Université Paris 13, LURPA
- H. PARIS, Président, Université J. Fourier Grenoble, G-SCOP
- G. RIS, Rapporteur, Université H. Poincaré Nancy I, CRAN
- W. RUBIO, Rapporteur, Université P. Sabatier Toulouse, LGMT
- A. WAGNER, Examinateur, Ingénieur Ascoforge Safe S.A.S.
Hagondange
- 2000-2004 **Elève stagiaire fonctionnaire**, ENS Cachan
- 2004 **DEA** de Production Automatisée, ENS Cachan,
Université Nancy I
- 2003 **Agrégation** externe de Génie Mécanique, 5ème rang
- 2002 **Maîtrise** de Technologie Mécanique, Université Paris 6,
ENS Cachan
- 2001 **Licence** de Technologie Mécanique, Université Paris 6,
ENS Cachan
- 1997-2000 **Classes Préparatoires** aux Grandes Ecoles Physique et
Technologie, Lycée Turgot, Limoges
- 1997 **Baccalauréat** série S option Sciences de l'Ingénieur, Lycée
Dautry, Limoges

Chapitre 2

Activités d'enseignement

2.1 Responsabilités pédagogiques

Directeur des études – Master Ingénierie de la Santé et Biomatériaux - Univ. Paris 13, Paris Descartes, Paris Diderot

- Depuis septembre 2015
- Environ 50 étudiants par an
- Coordination de la rédaction du bilan HCERES
- Coordination de la rédaction et mise en place de la maquette pédagogique
- Gestion des vacataires et de l'emploi du temps (en coordination avec les facultés de chirurgie dentaire – Université Paris Descartes et Paris Diderot et l'Institut Galilée – Université Paris 13)
- Recrutement des étudiants

Référent de l'UE Ingénierie des Matériaux – Master Ingénierie de la Santé et Biomatériaux - Univ. Paris 13, Paris Descartes, Paris Diderot

- Depuis septembre 2015
- Environ 40 étudiants par an
- Responsabilité partagée du contenu pédagogique

Créateur et référent de l'UE CFAO – Master Ingénierie de la Santé et Biomatériaux - Univ. Paris 13, Paris Descartes, Paris Diderot

- Depuis février 2013
- Environ 50 étudiants par an
- Responsabilité du contenu pédagogique, recrutement et suivi des intervenants

Créateur et référent de l'enseignement de CFAO – Diplôme d'état de docteur en chirurgie dentaire - Univ. Paris Descartes

- Depuis septembre 2014
- Environ 60 étudiants par an

- Responsabilité partagée du contenu pédagogique, de la coordination et du suivi des Assistants Hospitalo-Universitaires des départements de biomatériaux et de prothèse en charge des travaux pratiques

Référent des modules méthodes – production en 2ème année DUT Génie Mécanique et Productique - Univ. Paris 13

- Depuis septembre 2009
- Environ 60 étudiants par an
- Mise en place de la progression pédagogique : structuration des contenus pédagogiques et coordination avec les intervenants, le directeur des études et les enseignants de 1ère année

Président des commissions ad hoc de recrutements PRAG mécanique - sciences de l'industrie et de l'ingénieur

- Nommé par le président de l'université pour la campagne de recrutement 2017

Correspondant productique au plateau technique de l'IUT de Saint-Denis - Univ. Paris 13

- Depuis septembre 2011
- Mise en place de la politique d'investissement des équipements lourds d'enseignement en partenariat avec les chefs de départements industriels (Génie Mécanique et Productique, Génie Industriel et Maintenance et Science et Génie des Matériaux)

Coordinateur des relations industrielles pôle alternance - pôle industriel de l'IUT de Saint-Denis - Univ. Paris 13

- De septembre 2010 à septembre 2011
- Co-organisation d'un forum de l'alternance : rencontre entre industriels et futurs candidats aux formations par alternance de l'IUT
- Gestion des offres de stage, d'alternance et d'emploi en relation avec les responsables de formation

Directeur des études du DUT Génie Mécanique et Productique formation par apprentissage de l'IUT de Saint-Denis - Univ. Paris 13

- De septembre 2008 à septembre 2010
- Gestion du volet pédagogique de la formation (suivi de la formation en entreprise et à l'IUT, emploi du temps, réunions employeur – équipe pédagogique, soutenances de stage) en relation avec le CFA Sup 2000
- Relation avec les services techniques et de ressources humaines des entreprises (proposition de candidats, recherche d'offres de stage en alternance)
- Recrutement et suivi des candidatures (sélection des candidats et soutien dans leur recherche de contrat)

Élu au Conseil de Département Génie Mécanique et Productique de l'IUT de Saint-Denis - Univ. Paris 13

- D'octobre 2007 à octobre 2009
- Mise en place de la pédagogie en DUT et licences professionnelles rattachées au département (organisation, administration et vie du département)
- Avis sur l'élection du chef de département

2.2 Enseignements à l'Université Paris 13

J'assure mes enseignements à l'IUT de Saint-Denis et à l'Institut Galilée, composantes de l'Université Paris 13.

Statut : Maître de Conférences

Domaines : Ingénierie de Conception et Production, Chaîne numérique, CFAO, MOCN, Usinage, Procédés additifs

Détails des enseignements : 220 HETD (année type)

Diplôme Universitaire et Technologique en Génie Mécanique et Productique

<i>Intitulé</i>	<i>Responsabilité</i>	<i>Format</i>	<i>Thème</i>
Méthodes S3 2ème année Niveau L2	Référent	4h de CM, 8h de TD, 12h de TP	Etude et simulation de phase-optimisation des coûts
Production S3 2ème année Niveau L2	Référent	4h de CM, 8h de TD, 20h de TP	Préparation d'une production sur machine CN
Production S4 2ème année Niveau L2	Référent	2h de CM, 8h de TD, 20h de TP	Préparation d'une production dans des conditions industrielles
Méthodes S4 2ème année Niveau L2	Référent	6h de CM, 8h de TD, 2x12h de TP	Industrialisation multi-procédés

- Suivi de stages formation initiale : 1 à 2 étudiants par an

Master Ingénierie de la Santé et Biomatériaux

<i>Intitulé</i>	<i>Responsabilité</i>	<i>Format</i>	<i>Thème</i>
Ingénierie des Matériaux Niveau M1	Référent	6h de CM, 6h de TD	Etude de l'industrialisation multi-procédés de prothèse Fabrication additive dans les applications biomédicales
CFAO Niveau M1	Référent	10h de CM, 6h de TD	Etude et mise en œuvre de chaînes numériques de CFAO dentaire
Workshop Niveau M1 et M2	Intervenant	Conférences et ateliers pédagogiques	Evolution et innovation des technologies numériques dans le domaine biomédical

— Encadrement de stages (M1 et M2) : 2 à 3 étudiants par an

2.3 Enseignements à l'ENS Cachan (2004-2012)

J'ai assuré des enseignements à l'ENS Cachan en tant que Moniteur de septembre 2004 à septembre 2007 puis en tant que vacataire jusqu'à septembre 2012.

Statuts : Moniteur et vacataire

Domaines : Mise en œuvre et réglages de machines-outils à commande numérique, CFAO, Métrologie dimensionnelle, UGV

Détails des enseignements : 64 HETD (année type en monitorat), 8 HETD (année type en vacation)

Master Sciences de l'Ingénieur spécialité Mécanique et Ingénierie des Systèmes (UPMC Paris 6, ENSAM Paris, ENS Cachan)

<i>Intitulé</i>	<i>Responsabilité</i>	<i>Format</i>	<i>Thème</i>
Programmation et pilotage de MOCN Niveau M1	Intervenant	4h de TD et 2 x 20h de TP	Mise en œuvre de cellules élémentaires d'usinage Validation d'une production sur machine CN
Trajectographie Niveau M2	Intervenant	8h TP vacation à partir de septembre 2007	Comportement cinématique du couple MO-CN en Usinage Grande Vitesse

Préparation à l'Agrégation Externe de Génie Mécanique

<i>Intitulé</i>	<i>Responsabilité</i>	<i>Format</i>	<i>Thème</i>
Préparation à l'épreuve orale de travaux pratiques Niveau M2	Intervenant	2 x 10h de TP	Mise en œuvre rigoureuse de démarches expérimentales de résolution de problèmes de fabrication

2.4 Enseignements en formations d'ingénieur à l'Université Marne la Vallée et à l' Université Paris Sud (2003-2004)

Statut : Vacataire pour l'année universitaire 2003-2004

Domaines : Mise en œuvre et réglages de machines-outils conventionnelles et à commande numérique

Volume horaire : 68 HETD

1ère année d'école d'Ingénieur : Ingénieur 2000 - Univ. Marne La Vallée, Formation d'Ingénieur Univ. Paris Sud Orsay

<i>Intitulé</i>	<i>Responsabilité</i>	<i>Format</i>	<i>Thème</i>
Usinage par commande numérique Niveau L3	Intervenant	2 x 26h de TP	Mise en œuvre de cellules élémentaires d'usinage
Initiation aux procédés d'usinage Niveau L3	Intervenant	2 x 8h de TP	Etude des phénomènes de coupe

Chapitre 3

Activités scientifiques

3.1 Introduction à mes travaux de recherche

Cette partie présente succinctement l'ensemble de mes travaux de recherche. Une première partie est consacrée à la description des activités de 2004 à 2012, couvrant mes travaux de DEA, de doctorat, puis en tant que chercheur associé et permanent au LURPA. Dans une seconde partie, les activités de recherche menées depuis janvier 2012 en tant que chercheur permanent à l'URB2i sont détaillées.

3.1.1 2004-2012 : Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée - EA1385

Entre septembre 2004 et septembre 2012, j'ai réalisé mes activités de recherche au sein de l'équipe Geo 3D du Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan - Université Paris Sud.

Travaux de DEA - 2003-2004

Les travaux de recherche en DEA (Tapie, 2004) ont porté sur la caractérisation expérimentale du comportement du couple MO-CN en UGV. Une partie des travaux a été réalisée grâce à une collaboration avec la division « Usinage de pièces prismatiques » de la Direction de l'Ingénierie du Process de RENAULT et a débouché sur un protocole de caractérisation du comportement du couple MO-CN en UGV, utilisé par RENAULT, pour évaluer les offres de constructeurs de machines-outils et par la suite équiper l'usine de production de Cléon (environ 80 machines). Ce protocole est basé sur des tests de comportement à vide évaluant les performances cinématiques des axes machines et caractérisant les défauts géométriques liés au positionnement des axes. Ces tests à vide sont complétés par des tests en charge par usinage d'une pièce test représentative de l'industrie automobile basée sur des entités spécifiques (alésage pour portée et boîtier de roulement, ensemble de trous de passage de vis et de trous taraudés). Les résultats des tests ont été formalisés par des indicateurs de performance en termes de capacité cinématique, de qualité géométrique des axes machine, de temps d'usinage et de qualité géométrique des entités usinées. Ces travaux ont donné lieu à une publication en revue internationale (Tapie et al., 2007b) et en conférence internationale (Mawussi and Tapie, 2005).

Mots-clefs : UGV, Comportement MO-CN, Pièce test

Travaux de thèse et activités de recherche au LURPA - 2004-2012

Sous le statut d'allocataire et moniteur, j'ai réalisé de 2004 à 2007 sous la direction de B. Anselmetti et le co-encadrement de B. Mawussi, une thèse de doctorat (Tapie, 2007). J'ai ensuite poursuivi ces travaux en tant que chercheur associé de 2007 à 2009, puis chercheur permanent de 2009 à 2012. Les travaux de recherche ont porté sur le développement d'une méthodologie et d'outils permettant le passage des données issues de la CAO vers la FAO en vue de la préparation à l'Usinage Grande Vitesse de pièces de formes complexes. Le schéma directeur de ces activités de recherche est détaillé figure 3.1.1. L'objectif des travaux réalisés était de mettre en place des méthodes et des outils d'assistance spécifiques aux besoins des outilleurs lors de l'industrialisation du processus d'usinage d'outillages de formes complexes. L'objectif de ces modèles et de ces outils est d'intégrer des informations attachées aux difficultés d'usinage inhérentes à la topologie intrinsèque des surfaces à usiner mais aussi de leurs relations topologiques d'adjacence et de proximité. L'intégration de ces données a pour but d'offrir des informations et des outils pertinents attachés à la géométrie de la pièce lors de la phase de préparation à la fabrication de la pièce et s'intègre dans une démarche de CAPP (Computer Aided Process Planning). Les modèles et les outils proposés permettent de décrire le modèle numérique de conception selon le point de vue du processus de fabrication assurant un transfert des entités de conception au cœur du modèle CAO vers les entités d'usinage au cœur du modèle FAO.

Ma démarche de recherche a reposé sur le constat que le travail du technicien FAO consiste à décomposer la surface de la pièce, décrite par le modèle CAO, en zones à usiner avec diverses stratégies d'usinage. La démarche impose une analyse topologique de la géométrie de la pièce selon des critères de contraintes de fabrication et de relations topologiques entre les surfaces à usiner. La démarche proposée permet d'aider le technicien FAO à détecter toutes les zones pouvant faire l'objet de difficultés d'usinage. Cette démarche appelée « décomposition topologique » est illustrée figure 3.1.1.a. (Tapie et al., 2006; Tapie, 2007; Tapie and Mawussi, 2007, 2008a). La décomposition topologique comporte une première étape de caractérisation de la géométrie de l'outillage afin notamment d'identifier et de grouper (1) les zones de la pièce susceptibles d'être usinées avec la même zone de contact outil/pièce, (2) les zones de la pièce susceptibles d'être enchaînées selon une même direction d'usinage. Ainsi, des cartographies de difficultés d'usinage de l'outillage ont été développées (Tapie and Mawussi, 2008b) et ont données lieu à l'implémentation d'un logiciel prototype appelé performance viewer (Tapie et al., 2007a). Basé sur ces cartographies, le techniciens FAO peut alors identifier et extraire des entités élémentaires d'usinage. Une entité élémentaire d'usinage peut être définie comme l'agrégation d'une entité géométrique (surface à usiner et sa courbe frontière associée) et de données techniques (matériau, traitements surfaciques et thermiques associés) et fonctionnelles (défaut de forme, état de surface) à laquelle il est possible d'associer un processus d'usinage type. L'extraction de ces entités élémentaires d'usinage constitue le premier niveau de décomposition topologique. Une fois les entités élémentaires d'usinage extraites, la sélection des surfaces à proximité ou adjacentes doit être effectuée. Ces identifications de surfaces « proches » ou « adjacentes » de l'entité élémentaire d'usinage permettent de sélectionner les dimensions de l'ensemble outil/porte-outil pour rendre accessible les surfaces à usiner ou éviter les collisions, ou encore de prolonger les trajectoires d'usinage au-delà des frontières de l'entité élémentaire à usiner. Dans le cadre de la génération de processus

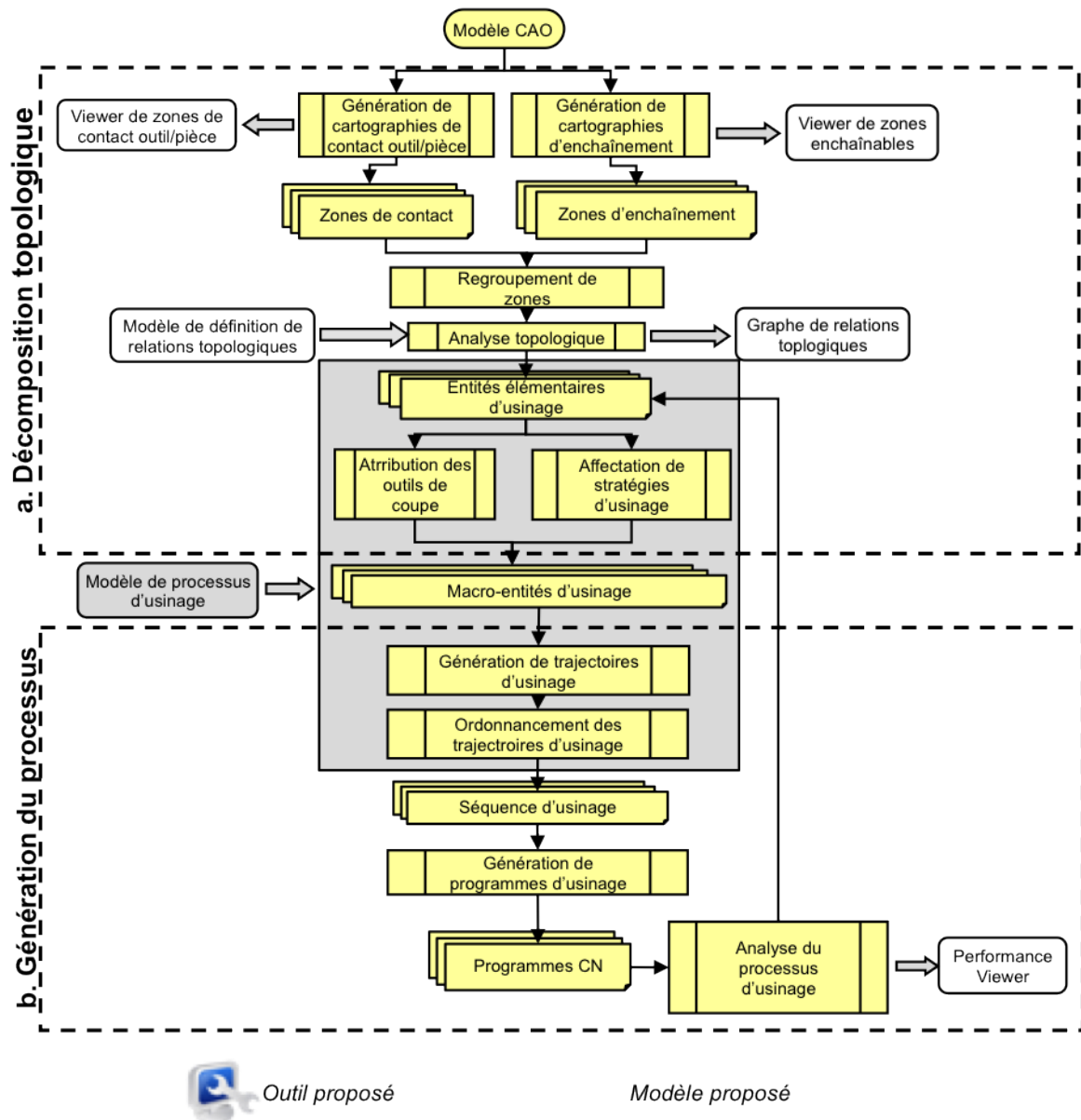


FIGURE 3.1.1 – Schéma directeur des travaux de recherche au LURPA

d'usinage d'outillage de forge deux types de macro-entités d'usinage, les entités « cavité » et les entités « protrusion », sont alors extraites. Une macro-entité, « cavité » ou « protrusion », est composée d'une entité élémentaire d'usinage de type « flanc » (contact outil/pièce proche de l'équateur de l'hémisphère d'un outil cylindro-hémisphérique) et d'une à plusieurs entité(s) élémentaire(s) d'usinage de type « fond » (contact outil/pièce proche du pôle de l'hémisphère d'un outil cylindro-hémisphérique). Afin, de permettre le regroupement d'entité élémentaire d'usinage en macro-entités d'usinage, un modèle de relations topologiques entre entités élémentaires d'usinage a été développé (Tapie et al., 2012). Ce modèle s'accompagne d'un formalisme graphique permettant de construire un graphe de relations topologiques (GRT). Ce graphe permet au technicien FAO d'avoir une représentation complète de la géométrie de l'outillage sous forme d'entité élémentaires d'usinage collectant à la fois les informations d'usinage, issues du premier niveau de décomposition topologique, mais aussi les informations topologiques d'adjacence et de proximité entre les différentes entités élémentaires d'usinage. Nous avons alors proposé un algorithme d'analyse du GRT permettant au technicien FAO de réduire le GRT en sous-graphe, chaque sous-graphe représentant une macro-entité d'usinage. Cette décomposition topologique plus macroscopique, constitue le second niveau de décomposition topologique.

Afin de permettre la génération d'un processus d'usinage d'outillage de forge, passage d'entités et macro-entités d'usinage à un modèle FAO, j'ai alors développé un ensemble de modèles de données permettant l'association des paramètres et des éléments géométriques caractérisant une entité élémentaire d'usinage ou une macro-entité d'usinage aux paramètres et éléments proposés dans les outils logiciels FAO. (1) Le modèle de stratégie d'usinage est défini par un jeu de paramètres caractéristiques : la direction d'usinage, le mode de balayage, le mode de coupe, le pas transversal et la tolérance d'usinage. Il a alors été établi les liens à considérer, par le technicien FAO, entre les paramètres de l'entité élémentaire d'usinage (surface à usiner, frontière d'usinage, matériau, état de surface, défaut forme) et ceux de la stratégie d'usinage, lors de la génération du modèle FAO (calculs des trajectoires d'usinage). (2) Le modèle outil se base sur la définition géométrique du modèle APT de la pointe de l'outil, un ensemble de dimensions caractéristiques de l'ensemble outil/porte-outil (longueur d'outil, diamètre d'attachement) et le matériau outil. Le technicien FAO peut alors considérer les liens entre les paramètres d'une entité élémentaire d'usinage et les paramètres géométriques de la pointe outil et les paramètres de coupe. Les liens entre les paramètres de macro-entité d'usinage (hauteur de protrusion, profondeur de cavité, hauteur de dépassement d'une protrusion dans une cavité), dans laquelle est impliquée une entité élémentaire d'usinage, et les paramètres géométriques de corps et attachement outil permettent la sélection des dimensions porte-outil/outil. (3) Enfin, un modèle de séquence d'usinage, série organisée et ininterrompue de trajectoires d'usinage calculées à partir d'un outil unique, permet de définir un processus de génération des différentes trajectoires d'usinage par l'association de stratégies d'usinage et d'outils aux entités élémentaires d'usinage. Basé sur ces modèles, nous avons alors défini une démarche d'association, des paramètres entités et macro-entités d'usinage avec les paramètres des logiciels FAO, en plusieurs étapes. Cette démarche appliquée par le technicien FAO permet de sélectionner successivement les éléments géométriques nécessaires aux calculs de trajets d'usinage, de trajets d'approche et de retrait, de trajets de transition inter passe et au positionnement des points de parking puis d'instancier les différents paramètres outil/porte-outil, stratégie et séquence d'usinage. L'ensemble des modèles proposés a été agrégé sous un méta-modèle de processus d'usinage (Mawussi and Tapie, 2011). L'objectif

de ce modèle est d'agréger les paramètres associés aux outils FAO aux entités élémentaires d'usinage et aux macro-entités d'usinage issus du modèle CAO.

Dans notre méthodologie, la seconde étape de génération du processus d'usinage (figure 3.1.1.b.), a pour objectif d'optimiser la génération de trajectoires associées au modèle FAO. Nous exploitons alors le concept de décomposition topologique au niveau des trajectoires d'usinage générées en FAO. Ce troisième niveau de décomposition topologique permet notamment d'optimiser le choix de la direction d'usinage selon la topologie de l'entité élémentaire d'usinage. Ainsi, une démarche itérative de choix et définition de directions d'usinage, basée sur l'analyse des trajectoires d'usinage et la topologie de l'entité élémentaire d'usinage a été proposée. Cette analyse est réalisée en intégrant le comportement cinématique du couple MO-CN et le logiciel FAO dont dispose le programmeur FAO. Pour réaliser cette décomposition, un premier processus d'usinage obtenu à partir de stratégies d'usinage standard, présentes dans tous les logiciels de FAO commerciaux, par direction de guidage planaire (plans parallèles et niveaux de Z) est généré. Ce processus d'usinage est réalisé en s'appuyant sur les deux niveaux de décomposition topologique en entité élémentaire et macro-entité d'usinage. Chaque séquence d'usinage, associée à une entité élémentaire d'usinage, est alors post-traitée pour obtenir un programme CN. Les programmes CN sont alors envoyés dans un module de simulation que nous avons développé, le High Speed Performance Viewer (HSPV). Le HSPV a pour objectif d'analyser les trajectoires d'usinage programmées selon le couple MO-CN et le logiciel FAO retenu. Plusieurs outils et paramètres d'analyse sont alors à disposition du technicien FAO :

1. Un jeu de paramètre et d'histogramme caractérisant le nombre d'entrées/sorties matière et les longueurs de courbes pour chaque passe d'usinage. Ces outils d'analyse permettent d'évaluer les interruptions de l'engagement outil dans la matière pour une même séquence d'usinage. En UGV, les recommandations étant de maintenir autant que possible l'engagement outil dans la matière pour éviter des marquages de la pièce ou des variations brusques d'effort de coupe.
2. Une cartographie des chutes de vitesses d'avance le long des trajectoires d'usinage obtenue par simulation du comportement cinématique du couple MO-CN. Cet outil d'analyse permet d'évaluer les fortes chutes de vitesses d'avance dans une séquence d'usinage. En UGV, ces chutes de vitesses altèrent le phénomène de coupe et entraînent une dégradation de l'intégrité des surfaces usinées mais aussi une chute du temps de production.

En se basant sur les données fournies par le HSPV le technicien FAO peut alors choisir de modifier les paramètres de stratégie d'usinage retenus pour améliorer le processus d'usinage. Dans le cadre de nos travaux nous avons démontré l'intérêt du HSPV en appliquant notre démarche à la création d'un réseau de courbes guides, associé à une stratégie d'usinage par suivi de courbe, minimisant les chutes de vitesses d'avance pour un couple MO-CN donné et un logiciel FAO donné (Tapie et al., 2013). L'implémentation du HSPV s'est basé sur la modélisation du comportement MO-CN d'un centre d'usinage grande vitesse Mikron UCP 710 équipé d'un directeur de commande numérique Siemens 840 D et d'un ensemble d'essais expérimentaux à effectuer avec le centre d'usinage pour identifier les paramètres du modèle (Tapie, 2007). L'ensemble de la démarche de transfert d'un modèle CAO d'outillage de forge à un modèle FAO de processus UGV a été validée sur un outillage industriel de l'entreprise Ascoforge, entreprise partenaire lors de ces travaux. Le HSPV a fait l'objet d'une première implémentation dans le logiciel FAO Esprit.

Les apports scientifiques de ces travaux ont donné lieu à la mise en place de plusieurs concepts et modèles :

1. Le concept de décomposition topologique permet l'intégration de données technologiques liées à l'UGV afin d'identifier, d'extraire et de choisir des courbes et surfaces issues du modèle CAO et nécessaires à la génération d'un modèle FAO ;
2. Le concept de graphe de relations topologiques (GRT) facilite le regroupement et l'enchaînement des surfaces de la pièce sous forme d'entités d'usinage élémentaires et de macro-entités d'usinage. D'une part, le concept de GRT a permis de faciliter l'extraction de macro-entités d'usinage ayant une signification dans le vocabulaire courant des préparateurs à l'usinage d'outillage de forge. D'autre part, le GRT est porteur d'informations d'usinage permettant la génération de processus d'usinage.
3. Le concept de viewer exploité à travers les différentes cartographies implémentées dans le « high speed performance viewer » démontre l'adaptabilité de ce concept à différents critères d'analyse. La facilité de visualisation des difficultés d'usinage ou du comportement cinématique du couple MO-CN lié à ce concept est un apport important pour l'analyse du technicien FAO.
4. La formalisation d'un modèle de processus d'usinage et d'un modèle de relations topologiques entre entités d'usinage a permis l'agrégation des données géométriques et technologiques manipulées par le technicien.

Au bilan, ces travaux ont fait l'objet de ma thèse de 2004 à 2007, de mes activités de recherche de 2007 à 2012 dont le co-encadrement d'un stage de master 2 (Goeldel, 2009). Les publications associées sont 5 revues internationales, 4 conférences internationales, 3 conférences nationales.

<i>Mots-clefs</i> : Modèle topologique, Concept d'entité, Préparation de l'usinage, Formes complexes, Processus UGV, CFAO, Outillage de forge

3.1.2 Depuis 2012 : Unité de Recherche en Biomatériaux Innovants et Interfaces - EA4462

Depuis septembre 2012, je suis chercheur permanent à l'URB2i-EA4462. Mes activités de recherche sont réalisées dans le contexte de la « Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur (CFAO) dentaire » et tout particulièrement la mise en forme de biomatériaux pour la fabrication de prothèses dentaires conjointes (restauration prothétique partielle de la couronne dentaire). La conduite de travaux dans le domaine de la CFAO des prothèses dentaires est un prolongement naturel de mes travaux développés dans le contexte de l'industrie mécanique des outillages de forge. Les formes observées sur ces prothèses possèdent des caractéristiques semblables à certaines zones d'usinage identifiées sur les outillages de forge. Mes travaux actuels portent sur l'évaluation et l'optimisation des systèmes de CFAO dentaire.

Depuis plusieurs années, les équipements de CFAO dentaire font l'objet de développement et de mise sur le marché par de nombreuses entreprises concurrentes (Tapie et al., 2015). Ils permettent de fabriquer des restaurations prothétiques, unitaires ou plurales, au cabinet dentaire ou au laboratoire de prothèse par usinage de blocs de biomatériaux divers. Ces systèmes, structurés sous forme d'une chaîne technologique, présentent des capacités spécifiques à réaliser des prothèses dentaires en fonction de différents paramètres dépendant de chacun des maillons de cette chaîne ainsi que des matériaux usinés (Figure 3.1.2).

Chaque étape de cette chaîne introduit des dispersions ou approximations, compensées ou aggravées par l'étape suivante, entraînant des problèmes d'assemblage et d'adaptation de la prothèse sur la dent à restaurer (Tapie et al., 2014). La résolution de la caméra optique nécessaire au scannage des tissus dentaires d'ancrage de la prothèse, la fiabilité des logiciels et des algorithmes de conception et de génération des trajets d'usinage, les performances de la machine d'usinage ainsi que les propriétés mécaniques du matériau usiné sont des éléments clés pour assurer la longévité de l'assemblage dento-prothétique et le succès thérapeutique. Il existe un certain nombre de protocoles proposés dans la littérature pour évaluer la qualité et la précision de l'assemblage dento-prothétique. Ces protocoles sont très souvent basés sur la métrologie dimensionnelle de la prothèse ou du jeu laissé entre la dent et la prothèse appelée hiatus dento-prothétique (jeu destiné à être comblé par un ciment ou par un adhésif). Néanmoins, il est très difficile de trouver des protocoles faisant consensus et le manque de robustesse de la métrologie dimensionnelle proposée est souvent constatée. Ainsi, des dispersions importantes (supérieures à 50%) de la valeur moyenne du hiatus, conduisent à des conclusions contradictoires quant à la capacité d'une chaîne de CFAO à atteindre le hiatus cliniquement acceptable. D'autre part, peu de travaux abordent la qualité de l'assemblage dento-prothétique par d'autres critères que la mesure dimensionnelle. Or, d'autres aspects micro-géométriques comme la rugosité ou encore les fissures ont un impact direct sur le comportement mécanique (ruine, rétention sur les tissus dentaires...) ou l'esthétiques de la prothèse.

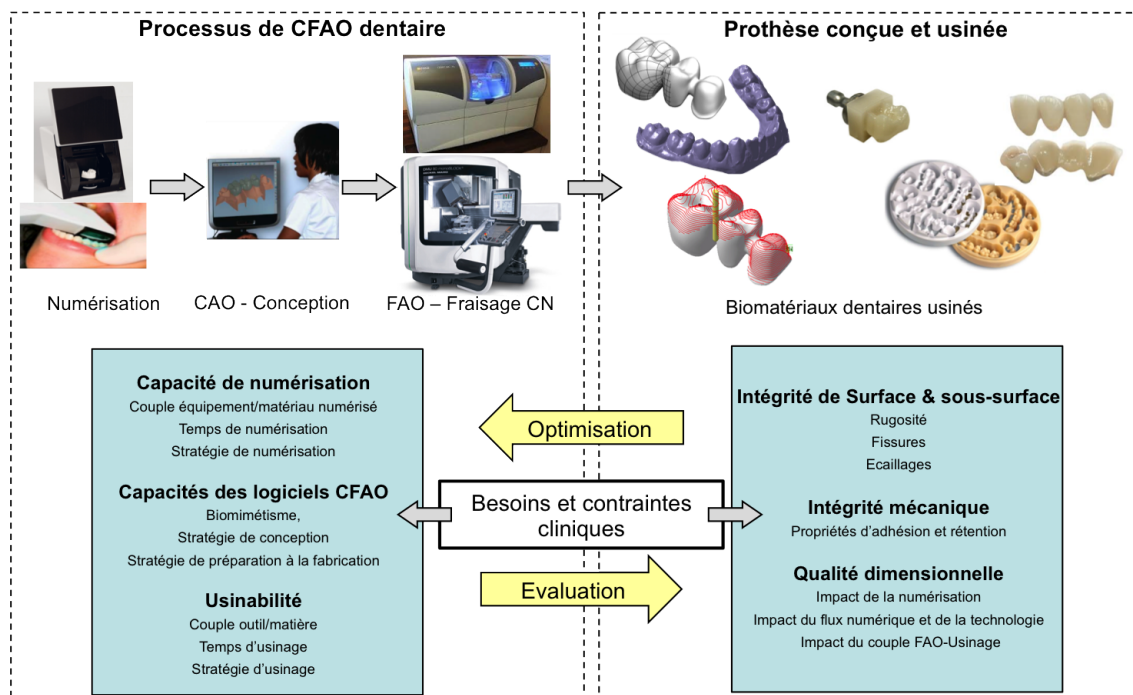


FIGURE 3.1.2 – Schéma directeur des travaux de recherche à l'URB2i

Mes travaux ont pour objectif d'identifier et d'optimiser les paramètres de la chaîne numérique de CFAO dentaire les plus influents sur la qualité dimensionnelle, géométrique et l'intégrité de surface des prothèses obtenues après usinage en se basant sur des protocoles expérimentaux robustes. Afin de mieux comprendre, l'impact des moyens technologiques utilisés lors de la mise en forme des biomatériaux dentaires par CFAO, j'ai pris le parti de développer une approche pluridisciplinaire odontologie – sciences de l'ingénieur. Cette ap-

proche a permis notamment de mettre en avant les lacunes constatées dans les protocoles d'évaluation de systèmes de CFAO dentaire et de développer de nouveaux protocoles et outils « robustes » pour l'évaluation et l'amélioration de la chaîne de CFAO dentaire.

Inspection métrologique des prothèses et assemblages dento-prothétiques

Une première problématique traitée s'est portée sur l'évaluation de l'adaptation marginale et interne par la mesure du hiatus dento-prothétique, élément essentiel du contrôle de la qualité des prothèses. La confrontation du point de vue de l'ingénierie aux protocoles métrologiques rapportés dans la littérature a permis de mettre en exergue la multiplicité des méthodes d'évaluation de l'adaptation et le peu de robustesse et rigueur métrologique d'un certain nombre de méthodes (Boitelle et al., 2014). Ceci a pour conséquence de compromettre la comparaison pertinente des systèmes de CFAO et de mettre en doute la validité des valeurs de hiatus qui ont pu être mesurées.

Le premier volet des travaux réalisés est de proposer des protocoles simples à mettre en œuvre, exacts et reproductibles pour des chercheurs issus d'une formation hospitalo-universitaire ou des intégrateurs de CFAO dentaire pour fournir des données cliniquement objectives et permettre l'ajustement des paramètres de CFAO. Dans le cadre de la thèse de Philippe Boitelle (Boitelle, 2015) et d'une collaboration avec la société GOM, un protocole « triple scan » permettant la standardisation de la métrologie dimensionnelle du hiatus dento-prothétique a été mis en place. La première contribution de ces travaux a été d'étudier, d'améliorer et de valider la reproductibilité de la chaîne de mesure et de sa mise en œuvre (Boitelle et al., 2016). Le protocole a été exploité en comparant la capacité de 3 systèmes de CFAO à reproduire un paramétrage CAO identique du hiatus. Les résultats obtenus donnent une valeur de hiatus cliniquement acceptable mais néanmoins très éloignés des intentions de conception. Afin d'éprouver le protocole « triple scan », une contre-expertise a été menée en comparant les résultats obtenus avec le protocole des « répliques élastomères » (mesure en 2 D sur des coupes physiques d'une copie en élastomère du hiatus) régulièrement employé dans les protocoles hospitalo-universitaires (Boitelle et al., 2018). La seconde contribution des travaux a permis de proposer une amélioration de la reproductibilité du protocole des « répliques élastomères » par la mise au point de deux dispositifs pour fiabiliser la qualité des plans de coupe de la réplique et le positionnement de la réplique lors de sa mesure. D'autre part, cette comparaison a permis d'esquisser une classification des protocoles employés dans la littérature selon l'objectif visé par la mesure du hiatus. Les résultats obtenus permettent de conclure que le protocole « triple-scan » serait plus approprié dans les expertises approfondies des performances des systèmes de CFAO que le protocole des « répliques élastomères ». Même si la méthode des répliques semble plus aisée à mettre en œuvre, ses limitations métrologiques la limite à des études de première intention. Ces travaux ont permis d'évaluer la reproductibilité de protocoles d'évaluation de systèmes de CFAO, néanmoins, l'exactitude métrologique de ces protocoles n'a pas pu être prouvée.

Le second volet des travaux s'attache à évaluer l'exactitude des protocoles d'évaluation du hiatus dento-prothétique par la mise en place d'un artefact géométrique de référence et d'un protocole « gold standard » d'évaluation du jeu dento-prothétique. Une étude préliminaire, réalisée dans la thèse de Philippe Boitelle, poursuivie lors du master de Norman Chiche (Chiche, 2014) et la thèse, en cours, de William Pacquet, s'est attachée à réaliser un protocole basé sur la mesure par microtomographie Rx d'un assemblage dento-prothétique de géométries canoniques de référence proches des formes dentaires. Cette chaîne de mesure récemment introduite dans les études d'évaluation du hiatus est caractérisée par une

mesure directe de celui-ci. Néanmoins, les premiers résultats de nos travaux ont mis en évidence différentes problématiques liées (1) à l'exploitation de la microtomographie Rx (acquisition et traitement des données) ; (2) à la réalisation d'une référence géométrique (certification, acception d'une forme « non dentaire » par les cliniciens). Ce protocole se montre prometteur car il est le seul à pouvoir acquérir en 3D de manière directe la géométrie du hiatus dento-prothétique (Tapie et al., 2016). La poursuite de ces travaux nous a menés à proposer un nouveau protocole d'inspection des prothèses par microtomographie Rx. En effet, l'assemblage dento-prothétique est composé de 2 pièces : la dent à restaurer et la prothèse. La prothèse est paramétrée à partir de critères cliniques lors de la CAO sur le maître modèle virtuel (modèle CAO de la dent à restaurer issu d'une numérisation), il apparaît donc pertinent de directement comparer la prothèse usinée au modèle numérique qui a servi de support à cet usinage. En effet, la conception par CAO de la prothèse est par essence le modèle de référence « cliniquement idéal » conçu par un expert de la dentisterie. Partant de ce constat, la nouvelle approche proposée porte sur l'évaluation métrologique d'une prothèse usinée. Ce protocole s'appuie sur un découplage de la géométrie référence nécessaire à la validation ou à l'étalonnage du protocole de mesure, de la géométrie référence nécessaire à l'évaluation clinique : (1) un modèle CAO de la prothèse à réaliser est considéré comme le « gold standard clinique » ou « l'idéal clinique » ; (2) des sphères étalons proches des prothèses dentaires en termes de dimensions et de matériaux utilisés sont exploitées pour étalonner le système de numérisation (composé du microtomographe Rx, de ses algorithmes de reconstructions d'image 3D et du post-traitement des images nécessaire pour l'obtention d'un modèle CAO numérisé). Ce protocole se décompose donc en 2 étapes : (1) l'étalonnage de la chaîne métrologique ; (2) l'évaluation métrologique de la référence clinique. Cette mesure directe de la prothèse nous semble être une approche pertinente pour évaluer la chaîne CFAO par maillon ou par un ensemble de maillons. Dans le cadre de ces travaux, 2 collaborations académiques avec le LMT-ENS Paris Saclay pour l'utilisation de leur plateforme d'imagerie par microtomographie Rx et le LURPA-ENS Paris Saclay pour leur expertise en métrologie dimensionnelle ont été établies.

Evaluation des moyens numériques de la chaîne CFAO

Les travaux présentés précédemment s'attachent à l'évaluation de la capacité de la chaîne de CFAO à réaliser des prothèses cliniquement acceptables. Le problème majeur de ce type d'évaluation est de ne pas pouvoir identifier de manière absolue quels sont les maillons ayant le plus d'influence sur les écarts constatés entre une prothèse conçue idéalement d'un point de vue clinique et la prothèse réalisée. En effet, la prothèse réalisée ne permet que de constater une somme d'écarts ou de dispersions introduites par l'ensemble de la chaîne de CFAO ou par un ensemble de maillons. Afin d'étudier plus en profondeur l'influence de chaque maillon de la chaîne CFAO, des travaux sont en cours pour mettre en place des protocoles d'évaluation « objective » du premier maillon constitué d'un système d'acquisition sans contact, composé d'une caméra intraorale ou d'un scanner de table et d'un système de traitement des données acquises. En effet, la communauté des chirurgiens-dentistes s'accorde à dire que « la fiabilité de l'enregistrement de l'empreinte dentaire numérique est cruciale pour la qualité de la prothèse finale ». D'autre part, la disparité des méthodes d'évaluation existant tant au niveau industriel qu'au niveau académique rend difficile leur comparaison. Une norme fixant les conditions d'évaluation des scanners de table commence à émerger au niveau international mais elle reste encore très perfectible (ISO12836, 2015). L'objectif principal des travaux est de créer un protocole standardisé et donc reproductible qui évalue l'exactitude du résultat de l'acquisition à

l'aide de caméras intra-orales suivant des critères cliniquement objectifs et pertinents. Une procédure de mesure, préfigurant le protocole à construire, a été réalisée sur des cales étalons lors du master 2 de Lucien Dupagne (Dupagne, 2014). Ces résultats ont permis de mettre en évidence la nécessité de construire un protocole approfondi par rapport à la norme actuelle. Les résultats préliminaires ont notamment démontré l'importance de comprendre et d'intégrer l'impact des solutions technologiques (hardware et software) des caméras intra-orales dans la démarche d'évaluation. En effet, la série de tests, accompagnée d'une étude bibliographique sur la technologie des équipements commercialisés, met en évidence des difficultés d'acquisition, de mise en œuvre de la caméra ainsi que des difficultés de traitements des données numériques acquises. Les solutions technologiques disponibles sur le marché se basent sur de nombreux principes optiques, parfois très différents (triangulation, interférométrie, confocale...) engendrant des problèmes de mise en œuvre comme des « bruits » de numérisation voire des pertes d'information sur l'empreinte finale au format STL (STereoLitography, Roscoe et al. 1988). Ainsi différents champs d'investigation sont à considérer pour mieux comprendre les sources d'altérations ou de dispersions influençant la qualité des empreintes numériques : stratégie de déplacement de l'équipement, angle d'incidence de l'équipement sur l'objet à numériser, différence des propriétés optiques des tissus à numériser, spécularité des surfaces à numériser, résolution et capacité d'acquisition de certains détails anatomiques (géométrie et topologie des surfaces), capacité de traitement des données (recalage, filtrage et fusion). Un premier objectif des travaux en cours est d'étudier, par une analyse poussée des techniques de numérisation sans contact et des expérimentations simples, les précautions à prendre lors de la mise en œuvre de tels équipements selon la technologie embarquée et la nature physique, optique et géométrique des objets à numériser. Le second objectif est de permettre de mettre en place un protocole innovant d'évaluation (1. hardware (système optique), 2. software (logiciel) et 3. technique de mise en œuvre) de caméras intra-orales dédiées à la numérisation sans contact de tissus dentaires. Le travail s'articule autour de la formalisation et de la mise en place de critères d'évaluation techniques et cliniques. Les 2 aspects, formalisation et expérimentation, de ces travaux devraient déboucher sur la définition et la validation d'un ou plusieurs artefacts « étalons standards » pour les caméras intra-orales, associés à une mise en œuvre rigoureuse d'un protocole d'évaluation. Ces travaux sont au cœur de la thèse de Lucien Dupagne et du master 2 de Simon Jacques (soutenu en février 2018).

Evaluation de l'intégrité de surface des prothèses usinées

Un autre aspect des travaux sur la CFAO est consacré à l'incidence de l'usinage par FAO sur les propriétés mécaniques et l'intégrité de surface des prothèses réalisées. L'usinage du matériau entraîne des modifications de sa structure et de son état de surface qui ont une incidence sur le comportement mécanique de la prothèse, le rendu esthétique ou encore la récurrence de maladie carieuse. Actuellement, la partie FAO de la CFAO dentaire est totalement automatisée pour les solutions commercialisées pour le cabinet dentaire ou le laboratoire de prothèse. Cette automatisation, tout à fait pertinente dans la mise en œuvre de telles technologies dans un contexte clinique, s'est accompagnée d'une grande simplification des cinématiques des machines d'usinage mais également de génération de processus d'usinage très simplifiés (Lebon et al., 2016a,b). Dans la plupart des solutions commercialisées pour le cabinet dentaire, le processus d'usinage réalisé se limite à l'exploitation d'un outil d'abrasion associé à une stratégie d'usinage de balayage 3 axes par plans parallèles assurant directement la finition des surfaces prothétiques. Les

retours des praticiens sur la qualité des prothèses obtenues par CFAO sont multiples : écaillage selon le matériau usiné, rugosité inégale selon la zone de la prothèse entraînant des temps de polissage longs, fracture des prothèses céramiques en service. Ainsi, un volet des travaux est consacré à établir le double couplage fonctions prothétiques - intégrité de surface et intégrité de surface - paramètres d'usinage. La première problématique traitée dans ces travaux est la formalisation du cahier des charges d'une prothèse dentaire en termes d'intégrité de surface attendue. Contrairement aux pièces mécaniques où le couplage fonctionnalité - intégrité de surface est spécifié, le couplage entre fonctions prothétiques et intégrité de surface n'est pas clairement établi. En effet, les fonctionnalités attendues d'un point de vue clinique sont souvent exprimées de manière qualitative et peu ou mal quantifiées. Les résultats des travaux, réalisés dans le cadre du master 2 (Lebon, 2013) et de la thèse de Nicolas Lebon (soutenue en juin 2017) ont principalement contribué à établir que la rugosité est une des composantes prépondérantes de l'intégrité de surface intervenant dans la majeure partie des fonctionnalités prothétiques. Les travaux ont démontré l'importance de spécifier la rugosité selon plusieurs critères. En effet, selon la fonctionnalité attendue dans une zone topologique de la prothèse, la définition d'un jeu de critères de rugosité est nécessaire. La seconde partie des travaux est consacrée à l'établissement du couplage intégrité de surface-paramètres d'usinage. Ce couplage a été réalisé par l'évaluation expérimentale de l'intégrité de surface après usinage de biomatériaux dentaires dans des conditions d'usinage proches de celles proposées dans les outils de CFAO dentaire (Lebon et al., 2015, 2016d). Les résultats du protocole expérimental basé sur l'étude de la rugosité des prothèses après usinage a permis d'évaluer les écarts entre les spécifications de rugosité attendues dans chaque zone topologique d'une prothèse et la rugosité résiduelle obtenue après usinage dans des conditions de cabinet dentaire. Ces résultats ont été capitalisés par le développement d'un logiciel prototype de prédiction des rugosités des surfaces prothétiques après usinage (Lebon et al., 2016c). Cet outil, appelé « Dental Surface Integrity Analyser », reprend le concept de viewer à base de cartographies développé lors de mes travaux antérieurs au LURPA. Il permet de prédire et d'analyser, à travers un ensemble de cartographies et de critères d'évaluation de l'intégrité de surface, les zones de la prothèse où les fonctionnalités prothétiques seront plus ou moins bien respectées. La simplicité de cet outil le rend exploitable par les praticiens ou par les prothésistes dentaires afin de visualiser les zones topologiques de la prothèse qui nécessiteront un polissage complémentaire afin d'atteindre les besoins cliniques. Ces résultats seront étendus à d'autres composantes de l'intégrité de surface et préfigurent la transposition de la démarche de décomposition topologique adoptée pour les outillages de forge aux prothèses dentaires. Cette démarche devrait permettre, aux développeurs de la partie logicielle de la CFAO dentaire, d'assurer un passage plus adapté de la CAO à la FAO en intégrant les contraintes d'usinage et les contraintes de mise en œuvre dans un contexte clinique. Lors de ces travaux un partenariat avec la société LYRA - GACD via la mise à disposition d'une machine prototype servant de support pour les activités de recherche a été mis en place. Parallèlement à ces travaux, des activités d'expertise pour des partenaires industriels ont pu être développées autour de la caractérisation des machines d'usinage dentaire et de la détermination des conditions de coupe/abrasion en fonction des biomatériaux usinés.

Dans le cadre du projet « Emergence » du Labex Lasips, intitulé ProgeoMeca – Université Paris Saclay, des travaux sur le couplage entre la tenue mécanique en bouche et la chaîne de fabrication d'une prothèse dentaire par CFAO sont développés. Ce projet a permis de renforcer les partenariats académiques avec le laboratoire MSSMat de Centrale-

Supélec et le LMT-ENS ParisSaclay. Dans ce cadre, Kyo Shindo, doctorant au laboratoire MSSMat, a travaillé avec moi pour développer et valider un outil de rétroconception. Cet outil a pour objectif d'obtenir des modèles CAO des différents tissus dentaires sains ou préparés par un praticien (émail, dentine, cavité pulpaire, géométrie de préparation dentaire). Ces modèles CAO sont ensuite exploités pour effectuer des simulations numériques du comportement mécanique d'assemblages dento-prothétiques obtenus par CFAO dentaire (Shindo et al., 2015).

Les apports scientifiques de ces travaux ont donné lieu à la mise en place de plusieurs concepts, outils logiciels et protocoles expérimentaux :

1. Plusieurs protocoles de métrologie dimensionnelle pour l'évaluation de la « précision » de la numérisation et de la chaîne de CFAO complète ;
2. Un protocole innovant d'évaluation de « l'usinabilité » de biomatériaux dentaires ;
3. Un prototype de logiciel informatique pour la simulation de la qualité des prothèses après usinage.

Ces travaux se sont accompagnés de la pérennisation de partenariats et de collaborations industrielles et académiques :

1. Constitution d'une plateforme technologique en CFAO dentaire (3 chaînes de CFAO prêtées par des industriels) ;
2. Activités de recherche, de développement et d'expertise avec un réseau d'industriels de la CFAO dentaire (Planmeca, Sirona, Lyra, Carestream) ;
3. Collaborations avec l'équipe GEO 3D du LURPA- ENS Paris Saclay, les membres de la plateforme de micro CT Rx du LMT-ENS Paris Saclay et des membres du laboratoire MSSMat de CentraleSupélec.

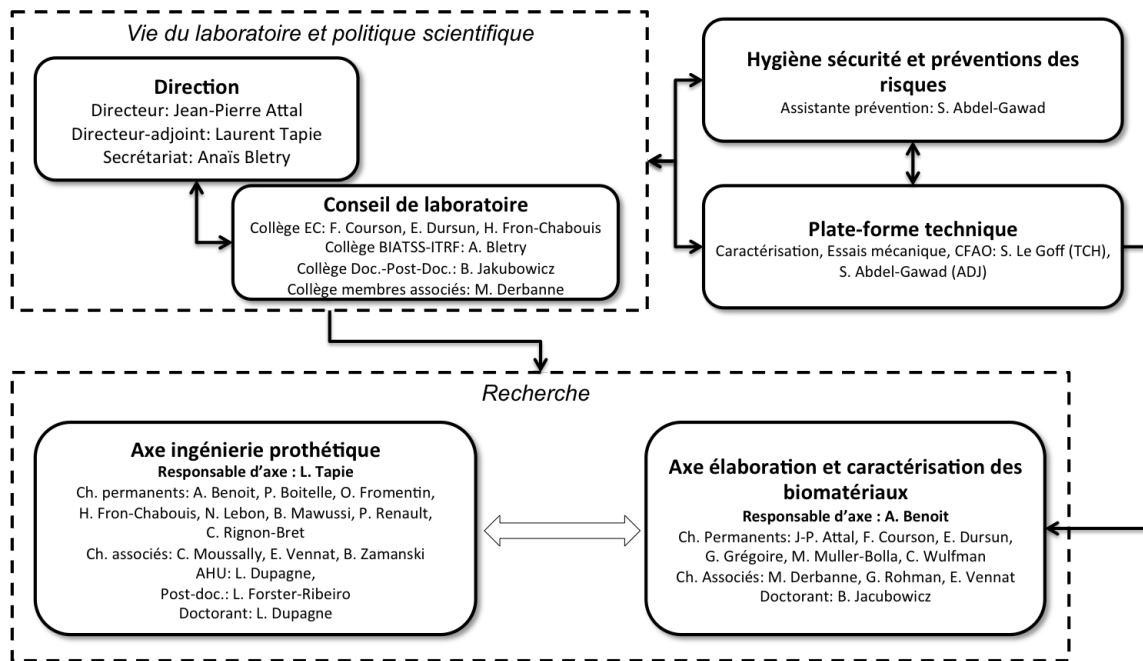
Au bilan, ces travaux de recherche ont fait l'objet de l'encadrement de 5 stages de Master 2, du co-encadrement de 2 thèses soutenues et de 3 thèses en cours. Les publications associées à ces travaux de recherche sont 11 revues internationales à comité de lecture, 3 conférences internationales et 2 conférences nationales. Mes travaux ont fait l'objet d'une reconnaissance de François Duret, inventeur (Duret, 1973) et dépositaire d'environ 70 brevets nationaux et internationaux en CFAO dentaire (francoisduret.com, patents.justia.com/inventor/francoisduret), à travers sa participation à 4 publications dans la revue *International Journal of Computerized Dentistry*, seule revue internationale dédiée à la CFAO dentaire.

<i>Mots-clefs</i> : Chaîne numérique pour la restauration dentaire, Usinabilité de matériaux innovants, Prothèse dentaire, CFAO, Odontologie, Biomateriaux.

3.2 Responsabilités scientifiques et administratives

Directeur-Adjoint de l'URB2i – EA4462

Depuis avril 2015, en collaboration avec le directeur de l'URB2i, Jean-Pierre Attal MCU-PH-HDR CNU 58 (Odontologie) et sous le contrôle du conseil de laboratoire élu.



Ma mission principale est d'assurer la coordination administrative avec les instances de tutelles : école doctorale Galilée (Paris 13), bureau de la recherche et des études doctorales (Paris 13), direction de la valorisation de la recherche (Paris Descartes), Service d'Activité Industrielles et Commerciales (Paris 13), commissions recherches (Paris 13, Paris Descartes).

Responsable de l'axe « Ingénierie prothétique » de l'URB2i – EA4462

L'axe « ingénierie prothétique » dont j'assure l'animation et la cohérence scientifique a pour mission porte sur la conception des restaurations prothétiques optimales : définition et amélioration du cahier des charges d'une prothèse et de la restauration associée, évaluation des performances actuelles des assemblages prothétiques et des techniques de fabrication associées à l'aide d'études in vitro et cliniques. Dans ce contexte j'assure, le suivi et la coordination des activités scientifiques, fondamentales et cliniques, de l'axe de recherche « Ingénierie prothétique » et de l'axe de recherche « Elaboration et caractérisation des biomatériaux ».

3.3 Encadrements scientifiques

Thèse de doctorat : 5 co-encadrements dont 2 soutenues

Philippe Boitelle

Titre : Évaluation tridimensionnelle du joint dento-prothétique en technique CFAO. La méthode « triple scan », intérêts et limites

Directeur : Bernardin Mawussi (URB2i – Université Paris 13) – 30%

Co-directeur : Olivier Fromentin (URB2i – Université Paris Diderot)

Encadrant : Laurent Tapie (URB2i – Université Paris 13) – 40%

Ecole Doctorale : Galilée (ED146) – Université Paris 13

Type de contrat : Autofinancement (Praticien Libéral)

Date de début : 1er septembre 2012

Date de soutenance : 9 décembre 2015

Fonction actuelle : MCU-PH - Chercheur associé URB2i, Université Lille 2, depuis septembre 2018

Jury :

C. LARTIGUE	Université Paris Sud	Présidente
J. MARGERIT	Université de Montpellier	Rapporteur
B. GIUMELLI	Université de Nantes	Rapporteur
B. MAWUSSI	Université Paris 13	Directeur
O. FROMENTIN	Université Paris Diderot	Co-directeur
L. TAPIE	Université Paris 13	Encadrant

Nicolas Lebon

Titre : Impact de l'usinage par CFAO sur l'intégrité de surface des prothèses dentaires coronaires

Directeur : Bernardin Mawussi (URB2i – Université Paris 13) – 30%

Encadrants : Laurent Tapie (URB2i – Université Paris 13) – 50%, Elsa Vennat (MSSMat - CentraleSupélec) – 20%

Ecole Doctorale : Galilée (ED146) – Université Paris 13

Type de contrat : PRAG

Date de début : 1er septembre 2013

Date de soutenance : 27 juin 2017

Fonction actuelle : PRAG - Chercheur associé URB2i, Université Paris 13

Jury :

S. SCHERRER	Université de Genève	Présidente
Y. LANDON	Université P. Sabatier	Rapporteur
C. LARTIGUE	Université Paris Sud	Rapporteur
C. DEVILLE	LYRA-GACD	Examineur
B. MAWUSSI	Université Paris 13	Directeur
L. TAPIE	Université Paris 13	Encadrant
E. VENNAT	CentraleSupélec	Encadrant

Lucien Dupagne

Titre : Mise en place d'un protocole d'évaluation standardisé des systèmes d'acquisition en CFAO dentaire

Directeur : Bernardin Mawussi (URB2i – Université Paris 13) – 20%

Encadrants : Laurent Tapie (URB2i – Université Paris 13) – 40%, Nicolas Lebon (URB2i - Université Paris 13) – 40%

Ecole Doctorale : Galilée (ED146) – Université Paris 13

Type de contrat : Assistant Hospitalo-Universitaire

Date de début : 1er novembre 2015

William Pacquet

Titre : Evaluation métrologique de prothèses dentaires réalisées par CFAO

Directeur : Bernardin Mawussi (URB2i – Université Paris 13) – 20%

Encadrant : Laurent Tapie (URB2i – Université Paris 13) – 40%, Philippe Boitelle (URB2i - Université Lille) – 40%

Ecole Doctorale : Galilée (ED146) – Université Paris 13

Type de contrat : Assistant Hospitalo-Universitaire

Date de début : 1er octobre 2017

Vincent Fouquet

Titre : Fabrication d'un matériau à gradient de module d'élasticité pour des restaurations dentaires bio-inspirées

Directeur : Jean-Pierre Attal (URB2i – Université Paris Descartes) – 20%

Co-directeur : Thierry Chartier (IRCer – CNRS) – 20%

Encadrants : Aurélie Benoit (URB2i-Université Paris Descartes) – 20% , Laurent Tapie (URB2i – Université Paris 13) – 20%, Vincent Pateloup (IRCer - Université de Limoges) – 20%

Ecole Doctorale : Galilée (ED146) – Université Paris 13

Type de contrat : Praticien libéral

Date de début : 1er septembre 2018

Master recherche

Simon Jacques

Titre : Mise en place d'un protocole d'évaluation des systèmes d'acquisition en CFAO dentaire - Etude & analyse de l'influence des biomatériaux naturels et synthétiques à numériser.

Tuteurs : Laurent Tapie (URB2i – Université Paris 13) - 100%

Master 2 : Biomedical Engineering spécialité Biomaterials – Paris Descartes – ParisTech

Date de début : octobre 2017

Date de soutenance : février 2018

Norman Chiche

Titre : Métrologie du hiatus dans le cadre de l'adaptation d'une prothèse dentaire obtenue par CFAO – Protocole par Micro CT scan

Tuteurs : Laurent Tapie (URB2i – Université Paris 13) - 60%, Elsa Vennat (MSSMat - CentraleParis) - 40%

Master 2 : Ingénierie de la Santé et Biomatériaux – Paris Descartes – Paris 13

Date de début : octobre 2013

Date de soutenance : septembre 2014

Lucien Dupagne

Titre : Standardisation d'un protocole d'évaluation des systèmes d'acquisition d'empreinte optique pour la CFAO dentaire

Tuteur : Laurent Tapie (URB2i – Université Paris 13) - 100%

Master 2 : Ingénierie de la Santé et Biomatériaux – Paris Descartes – Paris 13

Date de début : octobre 2013

Date de soutenance : septembre 2014

Nicolas Lebon

Titre : Intégrité de surface d'une prothèse dentaire obtenue par CFAO

Tuteur : Laurent Tapie (URB2i – Université Paris 13) - 100%

Master 2 : Ingénierie de la Santé et Biomatériaux – Paris Descartes – Paris 13

Date de début : octobre 2012

Date de soutenance : juillet 2013

Benoît Goeldel

Titre : Préparation à l'usinage de pièces de formes complexes multi-cavités

Tuteurs : Laurent Tapie (LURPA – Université Paris 13) - 50%, Bernardin Mawussi (LURPA – Université Paris 13) - 50%

Master 2 : Sciences de l'Ingénieur, Spécialité : Mécanique et Ingénierie des Systèmes, Parcours : Robotique - Productique – Université Pierre et Marie Curie – ENSAM – ENS Cachan

Date de début : septembre 2008

Date de soutenance : juillet 2009

David Guyonneau

Titre : Création d'un outil d'aide à la conception de gammes de production et des moyens associés

Tuteurs : Laurent Tapie (LURPA – Université Paris 13) - 20%, Charyar Medhi-Souzani (LURPA - Université Paris 13) - 20%, Bernard Anselmetti (LURPA – Université Paris 11) - 60%

Master 2 : Sciences de l'Ingénieur, Spécialité : Mécanique et Ingénierie des Systèmes, Parcours : Robotique - Productique – Université Pierre et Marie Curie – ENSAM – ENS Cachan

Date de début : septembre 2008

Date de soutenance : juillet 2009

3.4 Publications et production scientifique

3.4.1 Articles dans des revues internationales à comité de lecture reconnues

Indexation Internationale : Journal of Citation Reports ou Scopus

- RI1 A computer-aided tool to predict dental crown prosthesis surface integrity after milling, N. Lebon, L. Tapie, E. Vennat, B. Mawussi, Computer-Aided Design and Applications, vol.16(1), 2019
- RI2 Analysis of the twist of ruled surfaces. Application to strip machining, J. Senatore, F. Monies, W. Rubio, L. Tapie, B. Mawussi, International Journal of Manufacturing Research, vol.13(1), pp.26-47, 2018, DOI : 10.1504/IJMR.2018.10008390
- RI3 Evaluation of the marginal fit of CAD-CAM Zirconia copings - Comparison of 2D and 3D measurements methods, P. Boitelle, L. Tapie, N. Chiche, B. Mawussi, O. Fromentin, Journal of Prosthetic Dentistry, vol.119(1), pp.75-81, 2018, DOI : 10.1016/j.prosdent.2017.01.026, IF : 2.095
- RI4 Adaptation measurement of CAD/CAM dental crowns with X-ray micro-CT : metrological chain standardization and 3D gap size distribution, L. Tapie, N. Chiche, P. Boitelle, P. Morenton, J-P. Attal, N. Schmitt, E. Vennat, Advances in Materials Science and Engineering, 2016, DOI : 10.1155/2016/7963928, IF : 1.299
- RI5 Understanding dental CAD/CAM for restorations : dental milling machines from a mechanical engineering viewpoint Part B : Labside milling machines, N. Lebon, L. Tapie, F. Duret, J-P. Attal, International Journal of Computerized Dentistry, vol.19(2), pp. 115-34 2016, PubMed ID : 27274561, IF : 1.436
- RI6 3D fitting accuracy evaluation of CAD-CAM copings – Comparison with spacer design settings, P. Boitelle, L. Tapie, B. Mawussi, O. Fromentin, International Journal of Computerized Dentistry, vol.19(1), pp.27-43, 2016, PubMed ID : 27027101, IF : 1.436
- RI7 Understanding dental CAD/CAM for restorations : dental milling machines from a mechanical engineering viewpoint Part A : Chairside milling machines, N. Lebon, L. Tapie, F. Duret, J-P. Attal, International Journal of Computerized Dentistry, vol.19(1), pp.45-62, 2016, PubMed ID : 27027102, IF : 1.436
- RI8 Influence of milling tool and prosthetic materials on roughness of the dental CAD CAM prostheses, N. Lebon, L. Tapie, E. Vennat, B. Mawussi, Journal of Prosthetic Dentistry, vol. 114(2), pp. 236–247, 2015, DOI : 10.1016/j.prosdent.2014.12.021, IF : 2.095
- RI9 Understanding dental CAD/CAM for restorations – accuracy from a mechanical engineering viewpoint, L. Tapie, N. Lebon, B. Mawussi, H. Fron Chabouis, F. Duret, J-P. Attal, International Journal of Computerized Dentistry, vol. 18(4), pp.343-367, 2015, PubMed ID : 26734668, IF : 1.436
- RI10 Understanding dental CAD/CAM for restorations – the digital workflow from a mechanical engineering viewpoint, L. Tapie, N. Lebon, B. Mawussi, H. Fron Chabouis, F. Duret, J-P. Attal, International Journal of Computerized Dentistry, vol. 18 (1), pp.21-44, 2015, PubMed ID : 25911827, IF : 1.436

- RI11 A Systematic Review of CAD/CAM fit restoration evaluations, P. Boitelle, B. Mawussi, L. Tapie, O. Fromentin, Journal of Oral Rehabilitation, vol. 41, pp. 853-874, 2014. DOI : 10.1111/joor.12205, IF : 2.098
- RI12 Machining of complex shaped parts with guidance curves, L. Tapie, B. Mawussi, W. Rubio, B. Furet, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology vol. 69 (5), pp.1499-1509, 2013. DOI : 10.1007/s00170-013-5120-9, IF : 2.209
- RI13 Topological model for machining of parts with complex shapes, L. Tapie, B. Mawussi, A. Bernard, Computers in Industry, vol. 63 (5), page 528-541, 2012. DOI : 10.1016/j.compind.2012.02.005, IF : 2.95
- RI14 A knowledge base model for complex forging die machining, B.K. Mawussi, L. Tapie, Computers & Industrial Engineering, vol. 61, pp.84-97, 2011. DOI : 10.1016/j.cie.2011.02.016, IF : 2.623
- RI15 Circular tests for HSM machine tools : Bore machining application, L. Tapie, B.K. Mawussi, B. Anselmetti, International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol. 47, pp. 805-819, 2007. DOI : 10.1016/j.ijmachtools.2006.06.021, IF : 3.995

Indexation internationale : International Committee of Medical Journal Editors

- RI16 L'impression 3D, Partie 4 : Le dépôt de fil, L. Dupagne, S. Le Goff, L. Tapie, BioMatériaux Cliniques Dentaires, vol.3 (1), 2018
- RI17 Les dispersions de données dans les chaînes de CFAO. Partie 1 – Dispersions physiques, P. Boitelle, O. Fromentin, B. Mawussi, L. Tapie, BioMatériaux Cliniques Dentaires, vol. 3(1), 2018
- RI18 L'impression 3D, Partie 3 : La stéréolithographie, L. Dupagne, S. Le Goff, L. Tapie, BioMatériaux Cliniques Dentaires, vol.2 (1), 2017
- RI19 L'impression 3D, Partie 2 : Principes commun de mise en œuvre des procédés additifs : intégration dans un flux numérique, L. Tapie, BioMatériaux Cliniques Dentaires, vol.1 (2), 2016
- RI20 L'impression 3D, Partie 1 : Définitions, L. Tapie, BioMatériaux Cliniques Dentaires, vol.1 (1), 2016
- RI21 Le flux numérique en CFAO dentaire pour la prothèse conjointe - Structuration et manipulation des données numériques, L. Tapie, N. Lebon, J-P. Attal, Réalités cliniques, vol.26 (4), 2015
- RI22 La chaîne numérique en CFAO dentaire - Structuration de la chaîne de production en prothèse conjointe, L. Tapie, N. Lebon, J-P. Attal, Réalités cliniques, vol. 26(4), 2015

3.4.2 Articles dans des revues nationales à comité de lecture

- RN1 Les matériaux usinables en dentisterie restauratrice et en prothèse fixée - Guide pratique synthétique, S. Marniquet, H. Fron Chabouis, L. Tapie, J-P. Attal, L'information dentaire, vol.20, 2014
- RN2 Évaluation de l'adaptation des restaurations prothétiques fixées réalisées par CFAO et facteurs de variation : revue de littérature, P. Boitelle, O. Fromentin, B. Mawussi, L. Tapie, E. Vennat, Les Cahiers de Prothèse, vol. 161, pp. 59-75., 2013

3.4.3 Communications dans des congrès internationaux

Avec comité de lecture et éditions des actes

- CI1 Influence of the tool-material couple on the dental CAD-CAM prosthetic roughness, N. Lebon, L. Tapie, E. Vennat, B. Mawussi, J-P. Attal, Research in Interactive Design (Vol. 4) : Mechanics, Design Engineering and Advanced Manufacturing, Daidie, A., Eynard, B., Paredes, M., Fischer, X. (Editors), XI, 626 p., Hardcover ISBN 978-3-319-26119-5, Springer, 2016, DOI : 10.1007/978-3-319-26121-8
- CI2 Modular design for complex systems, P. Mons, L. Tapie, L. Mathieu, B. Dantin, N. Chevassus, Research in Interactive Design (Vol. 3) : Virtual, Interactive and Integrated Product Design and Manufacturing for Industrial Innovation, Nadeau, J-P. ; Fischer, X. (Editors), XI, 146 p., Hardcover ISBN 978-2-8178-0169-8, Springer 2011
- CI3 Machining strategy choice : performance viewer, L. Tapie, B.K. Mawussi, B. Anselmetti, Advances in Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering II, 12p., Tichkiewitch, S. ; Tollenaere, M. ; Ray, P. (Editors), XIV, 546 p., Hardcover ISBN : 978-1-4020-6760-0, Springer, 2007, DOI : 10.1007/978-1-4020-6761-7-23

Avec comité de lecture et actes à diffusion restreinte

- CI4 A computer-aided tool to predict dental crown prosthesis surface integrity after milling, N. Lebon, L. Tapie, E. Vennat, B. Mawussi, Proceedings of CAD'18, pp.231-235, Paris, France, July 9 - 11, 2018. DOI : 10.14733/cadconfP.2018.231-235
- CI5 A prototype tool to predict dental crown prosthesis surface roughness after milling, N. Lebon, L. Tapie, E. Vennat, B. Mawussi, 22nd Congress of the European Society of Biomechanics, Lyon, France, July 10 - 13, 2016
- CI6 Modularization of multi-physics complex systems, P. Mons, L. Tapie, L. Mathieu, B. Dantin, N. Chevassus, 3rd CIRP Conference on Assembly Technologies and Systems, CATS 2010 – Conference - Trondheim Norway, June 1-3, 2010
- CI7 Decomposition of forging die for high speed machining, L. Tapie, B.K. Mawussi, IDMME - Virtual Concept 2008 Beijing, China, October 8-10, 2008
- CI8 Decomposition of forging dies for machining planning, L. Tapie, B.K. Mawussi, B. Anselmetti, Journal of Proceedings of the International Conference on Manufacturing Systems – ICMaS, vol.1, Ispas, C. ; Ghionea, A. ; Constantion, G. (Editors), ISSN : 1842-3183, Editura Academiei Române, 2006
- CI9 Définition d'une pièce test pour la caractérisation d'une machine UGV, B.K. Mawussi, L. Tapie, 1er Congrès International Conception et Modélisation des Systèmes Mécaniques, CMSM'05, Hammamet, Tunisie, 12 p., 25-27 Mars 2005

Autres

- CI10 CAD/CAM systems comparison by 2D and 3D measurement of marginal fit adaptation, P. Boitelle, L. Tapie, B. Mawussi, O. Fromentin, 6ème congrès dentaire des technologies digitales et esthétiques - Imagina Dental, April 13 - 15, 2017, Monaco
- CI11 The CAD/CAM unit in Paris Descartes University : for and by students. A-M. Collignon, C. Wulfman, B. Jakubowicz, M. Derbanne, B. Zamansky, N. Lebon, S. Le Goff, A. Dubroca, L. Tapie, Attal JP. Conseuro, May 14-15, 2015, Londres

3.4.4 Communications dans des congrès nationaux

Avec comité de lecture et actes à diffusion restreinte

- CN1 Impact de l'usinage par CFAO sur l'intégrité de surface de prothèses dentaires coronaires, N. Lebon, L. Tapie, E. Vennat, B. Mawussi, Matériaux pour la Santé 2018, Saint-Etienne, mai 2018
- CN2 Etude mécanique de la dent restaurée par une approche numérique, K. Shindo, E. Vennat, N. Schmitt, P. Morenton, L. Tapie, N. Chiche, Colloque National MECAMAT, Aussois, janvier 2016
- CN3 Comportement mécanique d'un Assemblage Prothétique Dentaire, K. Shindo, E. Vennat, L. Tapie, P. Morenton, N. Chiche, N. Schmitt, 22ème Congrès Français de Mécanique – CFM 2015, Lyon, août 2015
- CN4 Influence de l'orientation outil/matière sur l'intégrité de surface des biomatériaux dentaires, N. Lebon, L. Tapie, E. Vennat, B. Mawussi, 22ème Congrès Français de Mécanique – CFM 2015, Lyon, août 2015
- CN5 Étude de stratégies de finition en fraisage 3 axes, N. Guillemot, B.K. Mawussi, L. Tapie, Colloque National MECAMAT, Aussois, Ch.I, pp.54-58, février 2008
- CN6 Analyses de difficultés d'usinage pour les pièces de formes complexes : concept de viewer, L. Tapie, B.K. Mawussi, 5ème Assises MUGV, 10p., Juin 2008
- CN7 Décomposition topologique du modèle de conception des outillages de forge pour la génération de trajectoire UGV, L. Tapie, B.K. Mawussi, B. Anselmetti, 10ème Colloque National AIP-PRIMECA, Les Innovations en Conception des Produits et des Systèmes de Production, 12p., La Plagne, 17-20 avril 2007

Autres

- CN8 Comparaison des méthodologies d'évaluation 2D et 3D du hiatus marginal en prothèse fixée. P. Boitelle, L. Tapie, B. Mawussi, O. Fromentin. Collège National des Enseignants en Prothèses Odontologiques, Montpellier, 2017.
- CN9 Evaluation bi et tridimensionnelle du hiatus marginal de chapes en Zircon. P. Boitelle, C. Laly, L. Tapie, B. Mawussi, O. Fromentin, Collège National des Enseignants en Prothèses Odontologiques, Clermont-Ferrand, 2015.
- CN10 L'unité CFAO à Paris Descartes : pour et par les étudiants. C. Wulfman, A-M. Collignon, B. Jakubowicz, M. Derbanne, B. Zamansky, N. Lebon, S. Le Goff, A. Dubroca, L. Tapie, JP. Attal. Collège National d'Occlusodontologie. 26-27 mars, Deauville, 2015.
- CN11 Paramétrage et espacement réalisé par trois systèmes CFAO sur des chapes en zircon. P. Boitelle, C. Laly, L. Tapie, B. Mawussi, O. Fromentin. Collège National des Enseignants en Prothèses Odontologiques, Lyon, 2014.
- CN12 Analyse de l'espacement de chapes en zircon réalisées par procédé CFAO : une étude pilote. P. Boitelle P., L. Tapie, O. Fromentin, B. Mawussi. Congrès de la Société Francophone des Biomateriaux Dentaires, Liège, 2014.

3.4.5 Travaux universitaires

- Thèse Décomposition topologique des outillages de forges pour la génération de trajectoires UGV, L. Tapie, Thèse de doctorat, ENS Cachan, Novembre 2007

DEA Élaboration d'un protocole de simulation d'usinage en fraisage de pièces prismatiques : évaluation des performances d'une machine UGV, L. Tapie, Mémoire de DEA en Production Automatisée, ENS Cachan, Juillet 2004

3.4.6 Rapports de prestation pour les industriels

- PI1 Etude de l'usinabilité de blocs CFAO Initial LRF avec des fraises Lyra et Cerec, N. Lebon, L. Tapie, J-P. Attal, 2018
- PI2 Compléments de l'étude de l'usinabilité de blocs CFAO Celtra Duo Dentsply, L. Tapie, N. Lebon, 2014
- PI3 Etude de l'usinabilité de blocs CFAO Celtra Duo Dentsply, N. Lebon, L. Tapie, 2014
- PI4 Evaluation de la machine d'usinage Lyra-GACD : Essais de répétabilité d'usinage et d'usinabilité, N. Lebon, L. Tapie, 2013
- PI5 Evaluation de la machine d'usinage Lyra-GACD : Essais de comportement MO-CN, L. Tapie, 2013

Chapitre 4

Participation à la vie scientifique

4.1 Membre du conseil scientifique de la faculté de chirurgie dentaire - Université Paris Descartes

- Depuis mars 2017, membre nommé par le doyen au conseil scientifique de la faculté de chirurgie dentaire - Université Paris Descartes.

4.2 Membre de comité de lecture et relecteur

- Depuis février 2016, membre du comité de lecture de la revue BioMatériaux Cliniques – Information Dentaire, en charge de la rubrique Nouvelles Technologies.
- Relecteur pour le Journal of Prosthetic Dentistry, International Journal of Dentistry, Materials.

4.3 Membre de comités de sélection et d'expert

- Ponctuellement sollicité pour participer à des comités de sélection sur des postes de MCF en génie mécanique CNU 60.
- De février 2013 à février 2017, élu pour siéger au comité d'expert 60^{ème} section de l'Université Paris 13.

4.4 Diffusion scientifique et pédagogique

4.4.1 Co-responsable de la plateforme PlatiNum

- Co-créateur en septembre 2014 de la Plateforme Informatique et Numérique pour la dentisterie numérique et la CFAO dentaire dédiée à la formation initiale et continue en odontologie, à la formation par la recherche et aux activités de recherche associées à l'URB2i, à des prestations et des activités de transfert technologique vers les industriels.

- Depuis septembre 2014, co-responsable de PlatiNum en collaboration avec l'URB2i, la faculté de chirurgie dentaire (départements d'enseignement de prothèse, biomatériaux et odontologie conservatrice-endodontie), 4 services hospitaliers d'odontologie (Charles Foix – Ivry, Hôpital Bretonneau – Paris, Hôpital Louis Mourier – Colombes, Hôpital Henri Mondor – Créteil), un réseau de praticiens libéraux et les industriels partenaires.

Collaborations et contrats industriels dans le cadre de la plateforme technologique

PlatiNum – URB2i

- Réseaux d'industriels acteurs de la CFAO dentaire : Lyra – GACD (Prêt d'une chaîne CFAO de 100 k€, don de 4 machines prototypes), Planméca (Prêt d'une chaîne CFAO de 100 k€), Carestream (Prêt d'une caméra intra-orale, 42k€, Ivoclar-Vivadent (Don d'un four de frittage 10 k€, fourniture de consommables 5 k€/an), Henry Scheim (Financement de la rénovation des 2 salles Platinum, fourniture de consommables et de matériel de CFAO 10 k€/an).
- Prestations industrielles : Evaluation d'une usineuse prototype Lyra-GACD, étude d'usinabilité pour Lyra-GACD, Dentsply et Coltene.

4.4.2 Correspondant de l'URB2i pour l'Association Usinage Très Grande Vitesse

Depuis février 2015, correspondant à l'AUTGV, association fédérant des experts et des acteurs de grandes entreprises européennes et des acteurs académiques (universités, grandes écoles et organismes de recherche) autour de divers aspects et applications de l'Usinage Grande Vitesse

- Participation aux réunions et aux débats
- Conférencier ponctuel

4.4.3 Conférencier invité et membre de comités d'organisation de conférences

Semaine inter-établissement Matériaux Bio-inspirés du Ceebios 2018

Semaine inter-établissement du Ceebios et de l'ESPCI

- Conférencier : Module Matériaux Bio-inspirés à destination des étudiants du groupement Paris Sciences et Lettres. Développement de prothèses dentaires biomimétiques, une démarche pluridisciplinaire, novembre 2018

Congrès Association Dentaire Française 2018

- Conférencier : "Digital Work-flou ?". Comprendre et oser la transition numérique, novembre 2018, ADF 2018

CAD'18 - 15th annual International CAD Conference

- Membre du comité d'organisation CAD'18 - 15th annual International CAD Conference, July 9-11, 2018, Paris

Congrès de la Société Francophone de Biomatériaux Dentaires

- Conférencier : La précision en Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur : mythe ou réalité ? L. Tapie, J-P. Attal, Congrès de la Société Francophone en Biomatériaux Dentaires, Liège, juin 2014, SFBD 2014
- Responsable et animateur des ateliers CFAO, Congrès de la Société Francophone en Biomatériaux Dentaires, Paris, juillet 2015, SFBD 2015
- Responsable et animateur de l'atelier « Apprendre la CAO », Congrès de la Société Francophone en Biomatériaux Dentaires, Paris, juillet 2017, SFBD 2017

Journées & Nuits du Numérique - Université Paris Descartes

- Conférencier : Impact de la 3D sur les soins dentaires, L. Tapie, P. Boitelle, B. Jacobowicz, M. Derbanne, Journée & Nuit du Numérique de l'Université Paris Descartes, mars 2015

Entretiens de Garancière - Université Paris Diderot

- Conférencier : La CFAO dentaire Intérêts et applications, L. Tapie, P. Boitelle, B. Mawussi, 41^{ème} Entretiens de Garancière, septembre 2015

Office Nouveau de Formation Odontologique Continue de l'Essonne

- Conférencier : Empreinte optique : Une technique devenue incontournable, L. Tapie, H. Fron, ONFOC 91, juin 2015

4.4.4 Directeur et assesseur de thèse pour le diplôme d'état de docteur en chirurgie dentaire

Directeur

- Protocole 3D de mesure du joint dento-prothétique d'un assemblage réalisé en CFAO par micro-CT. N. Chiche, Thèse pour le diplôme d'état de docteur en chirurgie dentaire, Université Paris Descartes, 2015

- Systèmes d'acquisition en CFAO dentaire : concepts, fonctionnements et standardisation de leur évaluation. L. Dupagne, Thèse pour le diplôme d'état de docteur en chirurgie dentaire, Université Paris Descartes, 2015
- Quand le monde bascule dans la 3ème dimension : un point sur l'impression 3D en 2015. C. Deniau, Thèse pour le diplôme d'état de docteur en chirurgie dentaire, Université Paris Descartes, 2015

Assesseur

- La Bluecam et l'Omnicaam : changement et apport. E. Hammad, Thèse pour le diplôme d'état de docteur en chirurgie dentaire, Université Lille 2, 2014
- Organisation du cabinet dentaire équipé du système CFAO directe CEREC. N. Rocher, Thèse pour le diplôme d'état de docteur en chirurgie dentaire, Université Paris Descartes, 2016

Bibliographie

B

- P. Boitelle. *Évaluation tridimensionnelle du joint dento-prothétique en technique CFAO. La méthode « triple scan », intérêts et limites.* PhD thesis, URB2i-Université Paris Descartes - Université Paris 13, 2015.
- P. Boitelle, B. Mawussi, L. Tapie, and O. Fromentin. A systematic review of cad/cam fit restoration evaluations. *Journal of oral rehabilitation*, 41(11) :853–874, 2014. doi : 10.1111/joor.12205.
- P. Boitelle, L. Tapie, B. Mawussi, and O. Fromentin. 3d fitting accuracy evaluation of cad/cam copings-comparison with spacer design settings. *International journal of computerized dentistry*, 19(1) :27, 2016.
- Philippe Boitelle, Laurent Tapie, Bernardin Mawussi, and Olivier Fromentin. Evaluation of the marginal fit of cad-cam zirconia copings : Comparison of 2d and 3d measurement methods. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(1) :75–81, 2018.

C

- N. Chiche. *Métrologie du hiatus dans le cadre de l’adaptation d’une prothèse dentaire obtenue par cfao – protocole par micro ct scan.* Master’s thesis, URB2i-Université Paris Descartes - Université Paris 13, 2014.

D

- L. Dupagne. *Standardisation d’un protocole d’évaluation des systèmes d’acquisition d’empreinte optique pour la cfao dentaire.* Master’s thesis, URB2i-Université Paris Descartes - Université Paris 13, 2014.
- F Duret. *Empreinte optique.* Master’s thesis, Faculté d’Ondontologie, Université Claude Bernard, 1973.

G

- B. Goedel. *Préparation à l’usinage de pièces de formes complexes multi-cavités.* Master’s thesis, LURPA-ENS Cachan, 2009.

I

ISO12836. Digitizing devices for cad/cam systems for indirect dental restorations – test methods for assessing accuracy, 2015.

L

N. Lebon. Intégrité de surface d’une prothèse dentaire obtenue par cfao. Master’s thesis, URB2i-Université Paris Descartes - Université Paris 13, 2013.

N. Lebon, L. Tapie, E. Vennat, and B. Mawussi. Influence of cad/cam tool and material on tool wear and roughness of dental prostheses after milling. *The Journal of prosthetic dentistry*, 114(2) :236–247, 2015. doi : 10.1016/j.prosdent.2014.12.021.

N. Lebon, L. Tapie, F. Duret, and J-P. Attal. Understanding dental cad/cam for restorations-dental milling machines from a mechanical engineering viewpoint. part a : chairside milling machines. *International journal of computerized dentistry*, 19(1) :45, 2016a.

N. Lebon, L. Tapie, F. Duret, and J-P. Attal. Understanding dental cad/cam for restorations-dental milling machines from a mechanical engineering viewpoint. part b : Labside milling machines. *International journal of computerized dentistry*, 19(2) :115, 2016b.

N. Lebon, L. Tapie, E. Vennat, and B. Mawussi. A prototype tool to predict dental crown prosthesis surface roughness after milling. In *22nd Congress of the European Society of Biomechanics*, 2016c.

N. Lebon, L. Tapie, E. Vennat, B. Mawussi, and J-P. Attal. *Influence of the tool-material couple on the dental CAD/CAM prosthetic roughness*. Springer, 2016d. doi : 10.1007/978-3-319-26121-8. XI, 626 p., Hardcover ISBN 978-3-319-26119-5.

M

B. K. Mawussi and L. Tapie. Définition d’une pièce test pour la caractérisation d’une machine ug. In *1er Congrès International Conception et Modélisation, CMSM’05, Hammamet, Tunisie*, 2005.

K. B. Mawussi and L. Tapie. A knowledge base model for complex forging die machining. *Computers & Industrial Engineering*, 61(1) :84–97, 2011.

R

LE Roscoe et al. Stereolithography interface specification. *America-3D Systems Inc*, page 27, 1988.

S

- K. Shindo, E. Vennat, L. Tapie, P. Morenton, N. Chiche, and N. Schmitt. Comportement mécanique d'un assemblage prothétique dentaire. AFM, Association Française de Mécanique, 2015.

T

- L. Tapie. Élaboration d'un protocole de simulation d'usinage en fraisage de pièces prismatiques : évaluation des performances d'une machine ugv. Mémoire de dea en production automatisée, LURPA-ENS Cachan, 2004.
- L. Tapie. *Décomposition topologiques des outillages de forge pour la génération de trajectoires UGV*. PhD thesis, École normale supérieure de Cachan-ENS Cachan, 2007.
- L. Tapie and B. K. Mawussi. Decomposition of forging die for high speed machining. In *DMME - Virtual Concept 2008 Beijing, China*, 2008a.
- L. Tapie and K. Mawussi. Décomposition topologique du modele de conception des outillages de forge pour la génération de trajectoire ugv. In *10ème Colloque National AIP-PRIMECA*, pages CDRom–paper, 2007.
- L. Tapie and K. Mawussi. Analyses de difficultés d'usinage pour les pièces de formes complexes : concept de viewer. In *5ème Assises MUGV*, pages 10–p, 2008b.
- L. Tapie, B. K. Mawussi, and B. Anselmetti. Decomposition of forging dies for machining planning. In C. Ispas, A. Ghionea, and G. Constantion, editors, *Journal of Proceedings of the International Conference on Manufacturing Systems – ICMaS*, volume 1. Editura Academiei Române, 2006.
- L. Tapie, B.K. Mawussi, and B. Anselmetti. *Advances in Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering II*, chapter Machining strategy choice : performance viewer. Springer, 2007a.
- L. Tapie, K.B. Mawussi, and B. Anselmetti. Circular tests for hsm machine tools : Bore machining application. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 47(5) :805–819, 2007b.
- L. Tapie, B. Mawussi, and A. Bernard. Topological model for machining of parts with complex shapes. *Computers in Industry*, 63(5) :528–541, 2012. doi : 10.1016/j.compind.2012.02.005.
- L. Tapie, B. Mawussi, W. Rubio, and B. Furet. Machining of complex-shaped parts with guidance curves. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 69(5-8) :1499–1509, 2013. doi : 10.1007/s00170-013-5120-9.
- L. Tapie, N. Lebon, B. Mawussi, H. Fron-Chabouis, F. Duret, and J-P. Attal. Understanding dental cad/cam for restorations-accuracy from a mechanical engineering viewpoint. *International journal of computerized dentistry*, 18(4) :343–367, 2014.

- L. Tapie, N. Lebon, B. Mawussi, H. Fron-Chabouis, F. Durete, and J-P. Attal. Understanding dental cad/cam for restorations—the digital workflow from a mechanical engineering viewpoint dentale cad/cam-systeme zum zahnersatz verstehen—der digitale workflow aus sicht des maschinenbaus. *International journal of computerized dentistry*, 18(1) :21–44, 2015.
- L. Tapie, N. Chiche, P. Boitelle, P. Morenton, J.-P. Attal, N. Schmitt, and E. Vennat. Adaptation measurement of cad/cam dental crowns with x-ray micro-ct : Metrological chain standardization and 3d gap size distribution. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2016 :13, 2016. URL <http://dx.doi.org/10.1155/2016/7963928>]7963928.