



HAL
open science

Equipex FIGURES : Bilan UTC 2011-2024

Marie-Christine Ho Ba Tho

► **To cite this version:**

Marie-Christine Ho Ba Tho. Equipex FIGURES : Bilan UTC 2011-2024. Université de technologie de Compiègne. 2025. ⟨hal-05083753⟩

HAL Id: hal-05083753

<https://hal.science/hal-05083753v1>

Submitted on 25 May 2025

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

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



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License



EQUIPEX FIGURES
<https://anr.fr/ProjetIA-10-EQPX-0001>



Equipex FIGURES – Bilan UTC Septembre 2011- Décembre 2024
Marie-Christine Ho Ba Tho, UTC, Biomécanique et Bioingénierie CNRS UMR 7338

Objectifs scientifiques et mise en œuvre

L'équipement d'Excellence EQUIPEX "FIGURES" (Facing Faces Institute Guiding REsearch) (2011-2024) porté par Professeur Bernard Devauchelle (Chirurgien en Maxillo-Facial CHU d'Amiens) propose une plateforme de recherche et de formations chirurgicales dédiées au visage. Il implique l'UTC, le CEA, l'UPJV et deux sociétés PLUGMED et MSC Scanning. Un livrable majeur de ce programme d'investissement a été la construction de l'Institut Faire Faces (IFF)¹ abritant les plateformes de recherche et de formations chirurgicales dédiées au visage. La coordination scientifique pour l'UTC a été assurée par Professeur Marie-Christine Ho Ba Tho, directrice du laboratoire Biomécanique et Bioingénierie UMR CNRS 7338 (2011-2017), puis directrice à la recherche de l'UTC (2017-2023).

Les programmes de recherches menées à l'UTC concernent les conséquences d'une défiguration, d'une greffe suite à une chirurgie maxillo faciale. Ainsi la **modélisation biomécanique** pour la simulation des **mouvements du visage** en vue d'une planification chirurgicale et rééducation fonctionnelle, le développement de biomatériaux, **l'ingénierie tissulaire** pour la reconstruction osseuse, les aspects de la perception, expression, apprentissage du visage, seront étudiés. Le financement global obtenu est de 10500 k€, l'UTC a bénéficié d'un montant de 603,57 k€ abondé par un financement CPER FEDER de 125k€.

Ce budget associé au programme de recherches a permis l'acquisition d'un système d'analyse du mouvement dédié à la capture faciale, d'un système de caractérisation mécanique bi-axiale pour les matériaux biologiques et un bioréacteur dédié à l'ingénierie tissulaire osseuse ainsi que des stations de travail et des logiciels de modélisation de systèmes biomécaniques. L'abondement CPER a permis de financer des baies de stockage informatique, des caméras et logiciels.

Le système d'analyse de mouvement est installé au centre d'innovation au CEBM² (Centre d'Expertise en Biomécanique du Mouvement), les deux autres équipements aux deux métaplateformes³ CARMOD (CARactérisation et MODélisation) et INGESYSBIO (INGénierie des SYStèmes BIOlogiques) de BMBI.

Les logiciels pour la modélisation des systèmes biomécaniques ont été installés sur PILCAM2⁴ (Plateforme Inter-Laboratoire de CALcul et Modélisation Multidisciplinaire) de l'UTC.

La répartition du budget des équipements a été de 47% pour la plateforme d'analyse du mouvement, 31% pour les deux équipements de caractérisation et d'ingénierie, 22% pour les stations de travail et les logiciels de modélisation.

L'installation de la plateforme d'analyse du mouvement a été réalisée avec les ressources propres du laboratoire (projets obtenus au travers de projets Régionaux, Européen FP7 et ANR en relation avec les équipements obtenus avec l'Equipex). Par la suite, un poste IR a pu être pérennisé avec le soutien de la Région Picardie.

En ce qui concerne les équipements de caractérisation et le bioréacteur, un ingénieur UTC a été affecté partiellement et de manière pérenne pour l'installation et la maintenance de ces équipements.

Des responsables scientifiques et techniques ont été affectés sur ces équipements, qui en assurent les modalités de gestion et collaboration avec les partenaires académiques ou privés en relation avec les services compétentes de l'UTC pour établir des contrats associés.

Les logiciels de prétraitement d'images médicales, de modélisation des corps rigides et de calculs de structures, ont été installés sur la plateforme PILCAM2 de l'UTC, garantissant son bon fonctionnement et la maintenance par les ingénieurs de la DSI de l'UTC. Les logiciels étaient accessibles à la communauté UTC sous réserve d'un accord au préalable des responsables scientifiques UTC associés à l'Equipex FIGURES.

¹ <https://www.institut-faire-faces.eu>

² <https://bmbi.utc.fr/recherche/plateforme-technologie-sport-sante/>

³ <https://bmbi.utc.fr/recherche/meta-plateformes-bmbi/>

⁴ <https://pilcam2.utc.fr>

Apport de l'Equipex FIGURES

Projets en relation avec les objectifs scientifiques de FIGURES :

Le système d'analyse de mouvement très performant a permis de développer des protocoles originaux pour l'analyse quantifiée de la mimique faciale. Un transfert technique et clinique a été réalisé au sein de l'IFF.

Les équipements ont été choisis pour leurs capacités à appréhender la complexité du visage sur le plan biologique, physiologique, mécanique. Des protocoles de caractérisation et modélisations originaux et d'ingénierie tissulaire osseuse ont été réalisés et abondés **par de nombreux projets en relation avec FIGURES**. Ils ont été obtenus grâce au financement de la **Région Picardie**, abondé par des financements **FEDER** (équipement et contrats doctoraux), **Région-CNRS** (contrats doctoraux), labex MS2T⁵, SCAI⁶ et contrats doctoraux du Ministère.

Pour la période de **2011 à 2024**, l'UTC a porté ou a été impliquée dans de nombreux projets structurants concernant **FIGURES**, pour un total en **coûts complets** de 2,73M€ et de **1,74 M€ en coûts directs**. Les apports en personnels permanents ont représenté 988k€.

La répartition budget en coûts directs de **1,74M€** a été répartie pour 1) **les ressources humaines** (recrutement de doctorants (6) et postdoctorants (4), Ingénieurs (2) pour un montant de **1107k€ (64%)**, 2) **les équipements de 299k€ (17%)** et 3) **en fonctionnement de 334k€ (19%)**.

Il est à noter que des travaux de thèse ont bénéficié de financements pour la prématuration pour un total de **343k€** de la part de la SATT Lutech et de BPI France.

Projets hors consortium FIGURES, utilisation des équipements FIGURES :

Il est important de noter que ces équipements d'excellence ont permis à l'UTC de porter ou de participer à des **projets nationaux, européens**, en relation avec les expertises en ingénierie tissulaire, modélisation des systèmes biomécaniques et analyse du mouvement. Le montant des projets utilisant ces équipements est de l'ordre de **1,54M€**.

Apport global

En résumé, l'UTC a bénéficié d'un montant initial **603,57k€**, a pu générer **3,54M€** pour la même période avec les partenaires du consortium FIGURES de 2M€ et hors consortium de 1,54M€.

Conclusions UTC

L'impact de l'Equipex FIGURES pour l'UTC a été très positif au regard de la levée de fonds générée, malgré des difficultés rencontrées classiques sur la mise en œuvre, la pérennisation de ressources humaines pour les plateformes et expertises développées lors des différents projets. Le soutien constant de l'établissement et la Région Picardie puis Hauts de France a joué un rôle déterminant pour asseoir cette mise en œuvre.

Néanmoins, la disparition de la Région Picardie, a considérablement impacté le ressourcement des projets scientifiques en cohérence avec l'Equipex FIGURES. Le consortium a manqué de réussite dans les réponses PIA (RHU) qui aurait permis une pérennisation du programme scientifique de FIGURES.

La recherche n'a pas de frontière, dans ce contexte, l'UTC et le consortium FIGURES continuent ensemble car des verrous scientifiques et technologiques demeurent, les constantes réponses aux différents appels d'offre depuis le début de l'Equipex FIGURES en démontrent leur dynamisme.

Liste des publications majeures, dans les revues référencées dans Web of science

1. Nicolas Rivoallan, Marc Mueller, Timothée Baudequin, Pascale Vigneron, Anne Hébraud, et al.. Comparison of hydroxyapatite and honeycomb micro-structure in bone tissue engineering using electrospun beads-on-string fibers. *The International Journal of Artificial Organs*, 2024, *The International Journal of Artificial Organs*, Volume 47, Issue 8 Pages: 642 - 649, 47 (8), pp.642-649. (10.1177/03913988241268033) (hal-04742155)
2. Duc-Phong Nguyen, Paul Berg, Bilel Debbabi, Tan-Nhu Nguyen, Vi-Do Tran, Stéphanie Dakpé, Tien-Tuan Dao. Automatic part segmentation of facial anatomies using geometric deep learning toward a computer-aided facial rehabilitation. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2023, 119, pp.105832. (10.1016/j.engappai.2023.105832). (hal-03938663)

⁵ <https://anr.fr/ProjetIA-10-LABX-0071>

⁶ <https://scai.sorbonne-universite.fr>

3. François-Régis Sarhan, Emilien Colin, Baptiste Choteau, Khalil Ben Mansour, Felix Marcellin, et al.. *Combined Surface Electromyography and Motion Capture for Quantitative Analysis of Facial Movements*. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2023, 104 (3), pp.e17–e18. (10.1016/j.apmr.2022.12.048). (hal-04082038)
4. François-Régis Sarhan, Matthieu Olivetto, Khalil Ben Mansour, Cécilia Neiva, Emilien Colin, et al.. *Quantified analysis of facial movement: a reference for clinical applications*. *Clinical Anatomy*, 2023, 36 (3), pp.492–502. (10.1002/ca.23999). (hal-03936727)
5. Duc-Phong Nguyen, Tan-Nhu Nguyen, Stéphanie Dakpé, Marie-Christine Ho Ba Tho, Tien-Tuan Dao. *Fast 3D Face Reconstruction from a Single Image Using Different Deep Learning Approaches for Facial Palsy Patients*. *Bioengineering*, 2022, 9 (11), pp.619. (10.3390/bioengineering9110619). (hal-03859324)
6. Timothée Baudequin, Marie Naudot, Sébastien Dupont, Sylvie Testelin, Bernard Devauchelle, et al.. *Donor variability alters differentiation and mechanical cohesion of tissue-engineered constructs with human endothelial/MSC co-culture*. *The International Journal of Artificial Organs*, 2021, 44 (11), pp.868–879. (10.1177/03913988211051758). (hal-03433092v2)
7. Alejandro Garcia Garcia, Jean-Baptiste Perot, Megane Beldjilali-Labro, Quentin Dermigny, Marie Naudot, et al.. *Monitoring mechanical stimulation for optimal tendon tissue engineering: a mechanical and biological multiscale study*. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 2021, (10.1002/jbm.a.37180). (hal-03029652)
8. Tan-Nhu Nguyen, Stéphanie Dakpé, Marie-Christine Ho ba tho, Tien-Tuan Dao. *Kinect-driven Patient-specific Head, Skull, and Muscle Network Modelling for Facial Palsy Patients*. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 2020, pp.105846. (10.1016/j.cmpb.2020.105846). (hal-03130280)
9. Philippe Pouletaut, F. Charleux, Bernard Devauchelle, Jean-Marc Constans, R. Ternifi, et al.. *Development of MR Elastography method to characterize the elastic property of the sterno-cleido-mastoid (SCM) muscle*. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 2020, 23 (sup1), pp.S235–S237. (10.1080/10255842.2020.1811502). (hal-02886044)
10. Marie Naudot, Alejandro Garcia Garcia, Nicolas Jankovsky, Anaïs Barre, Luciane Zabijak, et al.. *The combination of a poly-caprolactone/nano-hydroxyapatite honeycomb scaffold and mesenchymal stem cells promotes bone regeneration in rat calvarial defects*. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 2020, 65, pp.20–31. (10.1002/term.3114). (hal-02961861)
11. Marie Naudot, Julien Davrou, Az-Eddine Djebara, Anaïs Barre, Nolwenn Lavagen, et al.. *Functional Validation of a New Alginate-based Hydrogel Scaffold Combined with Mesenchymal Stem Cells in a Rat Hard Palate Cleft Model*. *Plastic and Reconstructive Surgery, Global Open*, 2020, 8 (4), (10.1097/GOX.0000000000002743). (hal-03598574)
12. Marie Naudot, Anaïs Barre, Alexandre Caula, Henri Sevestre, Stéphanie Dakpé, et al.. *Co-transplantation of Wharton's jelly mesenchymal stem cell-derived osteoblasts with differentiated endothelial cells does not stimulate blood vessel and osteoid formation in nude mice models*. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 2020, 14 (2), pp.257–271. (10.1002/term.2989). (hal-03598575)
13. Tan-Nhu Nguyen, Stéphanie Dakpé, Marie-Christine Ho Ba Tho, Tien-Tuan Dao. *Real-time computer vision system for tracking simultaneously subject-specific rigid head and non-rigid facial mimic movements using a contactless sensor and system of systems approach*. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 2020, 191, (10.1016/j.cmpb.2020.105410). (hal-03599052)
14. Tan-Nhu Nguyen, Marie-Christine Ho Ba Tho, Tien-Tuan Dao. *A Systematic Review of Real-Time Medical Simulations with Soft-Tissue Deformation: Computational Approaches, Interaction Devices, System Architectures, and Clinical Validations*. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2020, 2020, pp.5039329. (10.1155/2020/5039329). (hal-02550828)
15. Tan-Nhu Nguyen, Vi-Do Tran, Ho-Quang Nguyen, Tien-Tuan Dao. *A statistical shape modeling approach for predicting subject-specific human skull from head surface*. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 2020, 58, (10.1007/s11517-020-02219-4). (hal-04508579)

16. *Timothée Baudequin, Cécile Legallais, Fahmi Bedoui. Is there a tensile loading protocol that is optimal for inducing and studying the in vitro bone cell response to mechanical solicitations? Biotechnology Journal 2019 10.1002/biot.201800358*
17. *Delphine Morales, Florian Lombart, Agathe Truchot, Pauline Maire, Marwa Hussein, et al.. 3D Coculture Models Underline Metastatic Melanoma Cell Sensitivity to Vemurafenib. Tissue Engineering: Parts A, B, and C, 2019, 25 (15–16), pp.1116–1126. {10.1089/ten.TEA.2018.0210}. {hal-02277539}*
18. *Nicole Dagnes, Federica Marcolin, Enrico Vezzetti, François-Régis Sarhan, Stéphanie Dakpé, et al.. Optimal marker set assessment for motion capture of 3D mimic facial movements. Journal of Biomechanics, 2019, 93, pp.86–93. {10.1016/j.jbiomech.2019.06.012}. {hal-02406863}*
19. *Jérémie Bettoni, Gwenael Pagé, Anne-Virginie Salsac, Jean-Marc Constans, J. Duisit, et al.. Contribution of flow MRI in the therapeutic management of middle face high flow arteriovenous malformation: A case report. Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery, 2019, 120 (4), pp.361–365. {10.1016/j.jormas.2018.11.018}. {hal-02019537}*
20. *Redouane Ternifi, Philippe Pouletaut, Stéphanie Dakpé, Sylvie Testelin, Bernard Devauchelle, et al.. First Evaluation of Zygomaticus Major Muscle Elastic Properties Using a US Elastography Technique. International Journal of Biomedical Science and Engineering, 2019, 12 (11), pp.459–468. {10.4236/jbise.2019.1211037}. {hal-02371751}*
21. *Jérémie Bettoni, Gwenael Pagé, Anne-Virginie Salsac, Jean-Marc Constans, Sylvie Testelin, et al.. Quantitative assessment of the flow distribution in the branches of the external carotid by non-injected flow MRI. Dentomaxillofacial Radiology, 2018, 47 (8), pp.20180153. {10.1259/dmfr.20180153}. {hal-02019535}*
22. *Garcia Garcia A., Hébraud A., Duval, J.-L., Wittmer C., Gaut L., Duprez D, Egles C., Bedoui F., Schlatter G., Legallais C. Poly(e-caprolactone)/hydroxyapatite 3D honeycomb scaffolds for a cellular microenvironment adapted to maxillofacial-bone reconstruction. ACS Biomaterials Science & Engineering 2018 4 (9), 3317-3326. DOI: 10.1021/acsbomaterials.8b00521*
23. *Kayla Belanger, Guy Schlatter, Anne Hebraud, Frédéric Marin, Sylvie Testelin, et al.. A multi-layered nerve guidance conduit design adapted to facilitate surgical implantation. Health Science Reports, 2018, pp.e86. {10.1002/hsr.2.86}. {hal-01954893}*
24. *Gwenaël Pagé, Jérémie Bettoni, Anne-Virginie Salsac, Olivier Balédent. Influence of principal component analysis acceleration factor on velocity measurement in 2D and 4D PC-MRI. Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine, 2018, 31 (3), pp.469–481. {10.1007/s10334-018-0673-0}. {hal-02019527}*
25. *Tien Tuan Dao, Ang-Xiao Fan, Stéphanie Dakpé, Philippe Pouletaut, Mohamed Rachik, et al.. Image-based skeletal muscle coordination: case study on a subject specific facial mimic simulation. Journal of Mechanics in Medicine and Biology, 2018, 18 (02), pp.1850020. {10.1142/S0219519418500203}. {hal-02407187}*
26. *Jérémie Bettoni, Gwenael Pagé, Anne-Virginie Salsac, Jean-Marc Constans, Sylvie Testelin, et al.. 3T non-injected phase-contrast MRI sequences for the mapping of the external carotid branches: In vivo radio-anatomical pilot study for feasibility analysis. Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, 2018, 46 (1), pp.98–106. {10.1016/j.jcms.2017.09.005}. {hal-02019496}*
27. *Ang-Xiao Fan, Stéphanie Dakpé, Tien Tuan Dao, Philippe Pouletaut, Mohamed Rachik, et al.. MRI-based finite element modeling of facial mimics: a case study on the paired zygomaticus major muscles. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, 2017, 20 (9), pp.919–928. {10.1080/10255842.2017.1305363}. {hal-02407182}*
28. *Baudequin T, Gaut L, Mueller M, Huepkes A, Glasmacher B, Duprez D, Bedoui F, Legallais C. The Osteogenic and Tenogenic Differentiation Potential of C3H10T1/2 (Mesenchymal Stem Cell Model) Cultured on PCL/PLA Electrospun Scaffolds in the Absence of Specific Differentiation Medium. Materials (Basel). 2017 Dec 4;10(12).pii: E1387. doi: 10.3390/ma10121387. PubMed PMID: 29207566.*

Liste des permanents UTC impliqués dans FIGURES

Laboratoire de Biomécanique et Bioingénierie :

Sabine Bensamoun, Khalil Ben Mansour, Tien Tuan Dao, Quentin Dermigny, Murielle Dufresne, Christophe Egles, Alexandra Garnier, Marie-Christine Ho Ba Tho, Catherine Lacourt, Cécile Legallais, Frédéric Marin, Patrick Paullier, Philippe Pouletaut, Anne-Virginie Salsac, Pascale Vigneron

Laboratoire Roberval :

Fahmi Bedoui, Pierre Feissel, Mohamed Rachik

Direction à la recherche (Pôle Valorisation et Partenariats) :

Aurélie Mathieu

Les personnels mentionnés ont été impliqués dans des projets en relation directe avec l'Equipex FIGURES.

Remerciements

FEDER, Collegium CNRS-UTC, Labex MS2T, SCAI, SATT Lutech, Région Hauts de France.

./.