



Recherche et études

Brief RE I 08

Projet IMP&ACTE3D : Introduction de la technologie d'impression 3D pour la fabrication d'orthèses en Afrique de l'Ouest - Aspects techniques

Par : Tom Saey (Mobilab, Thomas More University of Applied Sciences, Geel, Belgique)
2019



À propos du projet

Le projet IMP&ACTE 3D (IMPression 3D & ACCès à la TÉlé-réadaptation) a été mis en œuvre entre novembre 2017 et avril 2019 dans 3 pays, le Togo, le Mali et le Niger. L'objectif était de répondre à la question de recherche suivante : dans quelles mesures l'innovation – et dans notre cas d'étude précis – l'introduction de la technologie d'impression 3D pour la fabrication d'orthèses en Afrique de l'Ouest permet-elle d'améliorer l'accès aux services de réadaptation physique pour les personnes les plus vulnérables et les plus isolées dans des pays à faible revenu et dans des contextes humanitaires fragiles.

À propos de ce résumé

Une publication d'Humanité & Inclusion
Direction des opérations

À propos de cette étude

Cette étude a été réalisée avec le soutien de :



A. Contexte de l'étude

La majorité des personnes handicapées vivent dans les pays en développement alors que presque tous les grands fabricants de prothèses et d'orthèses se trouvent dans les pays occidentaux, et la plupart de leurs produits sont destinés au marché occidental. Par conséquent, la majorité des personnes handicapées ne bénéficient pas des progrès technologiques dans le domaine de la fabrication des appareils orthopédiques.

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), plus de 30 millions de personnes vivant dans des pays à faible revenu ont besoin d'un membre artificiel ou d'un appareil orthopédique, mais seulement 5% à 15% d'entre elles ont accès à ces services. La production est trop faible, souvent de mauvaise qualité ; le temps de fabrication reste trop long, avec pour conséquence des coûts trop élevés pour les patients, surtout pour ceux qui doivent parcourir de longues distances pour se faire traiter. En outre, il y a un manque de personnel qualifié pour la production de ces appareils, en particulier au niveau des provinces et des districts.

Ces dernières années, le secteur de l'orthopédie à l'échelle mondiale s'intéresse de plus en plus à la production d'appareils orthopédiques par fabrication additive (impression 3D). L'impression 3D convient parfaitement à la fabrication d'objets complexes de forme anatomique tels que les orthèses et les prothèses. L'utilisation de cette technique de production numérique comporte un certain nombre d'avantages comme la limitation des déchets de production, l'amélioration de la précision et de la répétabilité des orthèses produites, la facilité du stockage numérique des scans 3D des membres des patients et des appareils orthopédiques...

La numérisation 3D et l'impression 3D offrent également l'avantage de pouvoir effectuer facilement la prise de mesures dans un endroit distant par numérisation 3D, puis d'envoyer le scan 3D à un Fablab central où l'appareil orthopédique est conçu et imprimé en 3D. Enfin, l'appareil orthopédique est renvoyé à l'endroit distant pour la finition avant la livraison au patient. Ainsi, il n'est plus nécessaire d'avoir un poste de travail entièrement équipé dans les zones reculées, ce qui permet d'aider plus facilement et de façon moins onéreuse les personnes handicapées vivant dans ces régions.

B. Objectif général et objectifs spécifiques

Dans le cadre du projet Imp&Acte3D, nous avons voulu étudier la faisabilité technique de l'utilisation d'un tel flux de production numérique dans le contexte ouest-africain. De plus, nous voulions comparer les orthèses produites par impression 3D aux orthèses conventionnelles en termes d'effets cliniques.

L'objectif général du projet IMP&Acte3D était la mise en place d'un flux de production numérique complet pour la production de tous les appareils orthopédiques du projet. Pour atteindre cet objectif général, plusieurs objectifs spécifiques devaient être réalisés.

Objectifs spécifiques :

- Identifier la technique d'impression 3D appropriée et les imprimantes 3D à utiliser.
- Tester et sélectionner des matériaux d'impression 3D pour la production des appareils orthopédiques.
- Déterminer les bons paramètres et les bonnes stratégies d'impression à utiliser pour la production des orthèses.
- Identifier le scanner 3D, le logiciel de numérisation 3D et le matériel informatique appropriés.
- Former le personnel de l'OADCPH à la préparation des modèles 3D pour l'impression, et à l'utilisation et la maintenance des imprimantes 3D.
- Mettre en place un Fablab avec tout le matériel informatique nécessaire, un environnement contrôlé (température, humidité) et une alimentation électrique stable (générateur de secours, panneaux solaires, onduleur, etc.) pour assurer le bon fonctionnement des imprimantes 3D.
- Former le personnel clinique dans les différents centres orthopédiques à l'utilisation du scanner 3D et du logiciel de numérisation 3D pour la prise des mesures des patients, en lieu et place du moulage en plâtre.
- Mettre en œuvre un processus de rectification numérique à l'aide d'un logiciel de CAO pour prothèses et orthèses.

C. Méthodologie

Afin de déterminer la technique d'impression 3D la plus appropriée et l'imprimante 3D à utiliser dans le cadre du projet, différentes techniques d'impression et différentes imprimantes ont été évaluées selon différents critères tels que le prix, la précision, la complexité du processus d'impression, les spécifications de l'imprimante, la réparabilité de l'imprimante, la sensibilité aux facteurs environnementaux, la disponibilité des matériaux d'impression et le prix de ces matériaux. Ensuite, plusieurs producteurs et revendeurs d'imprimantes 3D ont été invités à imprimer des échantillons d'orthèses afin de se faire une meilleure idée de la précision, de la vitesse d'impression et des capacités des différentes imprimantes 3D.

La technique FDM a été choisie face à d'autres techniques telles que le frittage laser, la fusion multi-jets ou la SLA. Les principales raisons de ce choix sont la moindre complexité du processus d'impression FDM par rapport aux autres processus, la réparabilité, le prix des imprimantes disponibles, et la sensibilité du processus d'impression aux facteurs environnementaux. Finalement, deux imprimantes FDM ont été achetées (Stacker S2 et Stacker S4). De nombreuses autres marques d'imprimantes FDM ont été comparées, telles que German reprop, WASP ou encore aon3D. Les spécifications des imprimantes WASP 3D étaient similaires à celles des imprimantes Stacker, mais ces imprimantes n'ont pas été choisies en raison de la faible accessibilité du distributeur.

Le même exercice a été répété pour les matériaux d'impression 3D ; différents matériaux ont été évalués sur la base de l'imprimabilité (faible gauchissement), du prix/kg, de la résistance aux chocs, de la solidité, du caractère hygroscopique, de l'adaptabilité après impression (rectification, perçage, fixation des sangles), etc.

Après avoir décidé quelles imprimantes 3D seraient utilisées dans le cadre du projet, divers tests en laboratoire ont été effectués pour déterminer l'influence des stratégies et des paramètres d'impression sur les orthèses imprimées en 3D. L'imprimabilité de différents matériaux a été évaluée et un certain nombre d'échantillons en forme d'os de chien ont été imprimés. Des essais de traction ont été effectués sur ces échantillons afin de mieux comprendre l'influence des paramètres d'impression sur les propriétés matérielles du produit final. Cela nous a aussi permis de comparer les propriétés mécaniques des différents matériaux d'impression 3D de façon plus quantitative. Sur la base de ces tests, le filament XT (PETG) a été initialement retenu pour la production des orthèses. À cette époque, ce filament semblait offrir un bon compromis en termes de prix, de propriétés matérielles et d'imprimabilité.

L'autre choix important que nous avons dû faire au début du projet était le type de scanner 3D à utiliser. Étant donné que le flux de production numérique devait être aussi rentable que possible, il était essentiel d'avoir un bon compromis entre le prix et la précision du scanner. Le scanner Sense (3D Systems) a été choisi, en partie parce que ce scanner avait déjà été utilisé lors du précédent projet d'impression 3D en Syrie.

Lors des visites de l'ingénieur de Thomas More à l'OADCPH, le personnel de l'OADCPH devant s'occuper du Fablab a été formé sur la préparation des modèles 3D pour l'impression, l'utilisation du logiciel de tranchage, l'utilisation de différents logiciels libres pour corriger les défauts des modèles 3D, le fonctionnement et la maintenance des imprimantes 3D, etc. Des téléconférences ont aussi été organisées et un logiciel de bureau à distance a été utilisé pour résoudre ensemble les problèmes d'impression.

D. Constatations

Au cours du projet, les orthèses imprimées avec ce filament ont rencontré des problèmes. Avec le temps, plusieurs orthèses imprimées avec ce matériau ont en effet présenté des fractures. Ces fractures étaient plus fréquentes sur les orthèses dynamiques que sur les orthèses posturales.

Il s'est avéré que ce matériau était très sensible aux forces d'impact élevées, qui étaient à l'origine des fractures fragiles des orthèses. En raison de ces problèmes de solidité, des essais supplémentaires ont été effectués pour améliorer l'imprimabilité des filaments de PP et de nylon. Ces matériaux plus ductiles devraient être en mesure de mieux résister aux forces qui s'exercent sur les orthèses. Même si les premiers tests sur les matériaux au début du projet ont montré que ces filaments sont très difficiles à imprimer, nous avons pu mettre au point une méthode permettant d'améliorer sensiblement leur l'imprimabilité. En fin de compte, le PP a été identifié comme le matériau le plus approprié, car il n'est pas sensible à l'humidité, contrairement au nylon. En ajoutant une plaque d'impression en PP, nous avons pu résoudre plusieurs des problèmes d'imprimabilité que nous avons constatés lors de nos premiers tests.

Bien que tous les cliniciens aient été formés à l'utilisation des scanners 3D au début du projet, nous avons constaté que certains d'entre eux avaient toujours du mal à produire des scans 3D de qualité constante. Cela souligne l'importance d'avoir un scanner 3D et un logiciel de numérisation faciles à utiliser. Pour les projets à venir, ce problème pourrait être partiellement résolu en choisissant un scanner 3D avec écran intégré. L'expérience montre que ces scanners sont considérés comme étant plus conviviaux, car

l'opérateur n'a pas besoin de regarder l'écran d'un ordinateur portable et peut se concentrer sur l'objet à scanner. En outre, les cliniciens devraient recevoir une formation plus approfondie afin de mieux comprendre l'influence des paramètres du logiciel de numérisation 3D sur la résolution et la précision de la numérisation 3D. Ils devraient aussi garder à l'esprit que la qualité de l'orthèse imprimée en 3D dépend largement de la précision et de la qualité du scan 3D utilisé au départ du flux de production numérique.

Plusieurs problèmes liés à l'imprimante 3D et aux matériaux survenus au cours du projet étaient liés à l'environnement requis pour le bon fonctionnement de l'imprimante. Plus précisément, le taux d'humidité élevé doit être pris en compte lors du choix de l'imprimante 3D et des matériaux d'impression.

Divers matériaux thermoplastiques (comme le nylon, mais aussi le PETG dans une moindre mesure) ont tendance à absorber l'humidité. Cela a des répercussions négatives sur l'imprimabilité du matériau et sur les propriétés mécaniques de l'orthèse imprimée. Afin d'éviter ce problème, les matériaux non hygroscopiques (comme le PP) sont privilégiés.

D'autre part, l'humidité peut également avoir une influence directe sur la durée de vie de l'imprimante 3D. Vers la fin du projet, nous avons commencé à remarquer que certains composants mécaniques et électroniques de nos imprimantes 3D commençaient déjà à rouiller. Ce phénomène peut être exacerbé par la proximité de la mer (air salin).

Enfin, plusieurs composants électroniques des imprimantes 3D sont tombés en panne. À ce jour, la cause exacte de la défaillance de ces composants électroniques demeure incertaine. Parmi les causes possibles, on peut citer la température ambiante élevée qui empêche les composants électroniques de dissiper efficacement la chaleur, ou encore les surtensions, la qualité du courant fourni par le réseau électrique...

E. Conclusion

À l'issue de ce projet, nous pouvons conclure qu'il est effectivement possible de mettre en place un flux de production numérique pour des appareils orthopédiques dans le contexte ouest-africain. Nous avons pu imprimer avec succès de nombreuses orthèses 3D pendant la durée du projet malgré les pannes répétées des imprimantes. L'expérience et les connaissances acquises dans le cadre de ce projet peuvent constituer un bon point de départ pour les futurs projets. Compte tenu des changements rapides que l'on observe dans le domaine de l'impression 3D, les projets à venir devraient continuer à explorer de nouvelles technologies d'impression 3D, de nouvelles imprimantes 3D et de nouveaux matériaux qui pourraient offrir de meilleures propriétés matérielles, des vitesses d'impression plus élevées, etc. Il en va de même pour les technologies de numérisation 3D.



L'étude complète est disponible.
Pour y accéder, cliquez [ici](#).

Voir aussi le résumé des études suivantes :

- [Les TIC dans la santé : Togo, Mali, Niger](#)
- [3D & aspects cliniques en Afrique de l'Ouest](#)
- [3D & étude d'impact social en Afrique de l'Ouest](#)