

Baccalauréat en informatique

Faculté des sciences

Université de Sherbrooke

Buste 3D

Rapport de fin de session

PROVOST Benjamin - prob2702

LACASSE Étienne - lace3304

Destiné aux professeurs Djemel Ziou et Vincent Ducharme

Dans le cadre du cours IFT692 : Projet d'informatique I

22 avril 2022

Table des matières

Table des matières	1
Retour au projet	2
Imprimante 3D	2
Recherche d'imprimante	2
Installation de l'imprimante et premières impressions	2
Améliorations	3
Expérimentation avec la Kinect v2	3
Contrôle de paramètres du volume de reconstruction	5
Étude de marché	5
Synthèse	5
Modalité de réalisation de l'étude	6
Principaux Résultats	6
Profil	6
Intéressé par la technologie	7
Souhaite utiliser la technologie	8
Taille de buste	9
Améliorations	10
Bibliographie/Webographie	11
Annexes	12
Imprimante 3D	12
Maintient	12
Mise à niveau de la base	12
Génération du g-code	14
Impression	18

Retour au projet

Lors de la dernière session, nous avons développé un projet accomplissant une reconstruction en 3D du buste d'une personne à l'aide d'une Kinect v1. Nous avons décidé de reprendre le projet, finaliser la reconstruction 3D et de compléter le processus de bout en bout. Ceci inclut la recherche et l'achat d'une imprimante 3D, l'installation de celle-ci, expérimenter l'impression ainsi que la création d'un sondage d'intérêt afin d'observer l'attrait d'un produit comme un buste imprimé auprès de la population. Additionnellement, puisque nous avons maintenant accès à une Kinect v2, nous pouvons tester la création de modèles avec celle-ci.

Imprimante 3D

Recherche d'imprimante

Après une recherche intensive sur les caractéristiques des imprimantes 3D, nous avons déterminé que les imprimantes de type filament sont celles qui répondent le mieux à nos besoins. Nos besoins étant d'être en mesure d'imprimer rapidement, facilement et à moindre coût des modèles de qualité de taille variable et nécessitant le moins d'entretien possible. Les caractéristiques importantes à regarder pour ce type d'imprimante sont le volume d'impression, la qualité de la structure de l'imprimante, la disponibilité de l'imprimante, sa réputation et son coût. Le reste des caractéristiques tel que l'épaisseur de couche, la vitesse maximale d'impression et les matériaux sont assez standard. Après une soigneuse comparaison des modèles disponibles, nous nous sommes arrêtés sur la [Ender-3 v2](#) de Creality. Cette imprimante possède un volume d'impression, c'est-à-dire l'espace dans lequel il est possible d'imprimer, de 220mmx220mmx250mm et a une construction métallique de qualité. Elle est disponible directement chez Best Buy et se vend pour 404,49\$.

Installation de l'imprimante et premières impressions

L'assemblage de l'imprimante est assez simple, mais nécessite deux personnes pour être fait convenablement et certaines vis préinstallées arrivent desserrées. Il est donc important de s'assurer que tout est bien serré, autrement l'imprimante risque de se désajuster avec le temps et de se déformer. Cela entraînerait des objets déformés, voire l'impossibilité totale d'imprimer.

Pour imprimer des modèles, il faut générer des fichiers de type G-code à l'aide d'un logiciel de découpage en tranche («Slicer»). Ces fichiers représentent la séquence d'instructions que l'imprimante doit suivre pour imprimer l'objet. Le logiciel inclus par Creality est basé sur une ancienne version de Cura. Heureusement, Cura, le logiciel de découpe développé par Ultimaker est gratuit, open source, supporte notre imprimante et mis à jour plus rapidement. Par conséquent, Cura nous donne accès aux dernières optimisations et options de génération

d'instructions G-code. Ainsi, les modèles sont imprimés plus rapidement et présentent moins d'imperfections.

L'impression d'objet 3D dépend de plusieurs facteurs, l'imprimante, la température ambiante, la ventilation, le type de filament utilisé et l'objet à imprimer. Ainsi, nous avons expérimenté avec la panoplie de réglages disponibles afin de produire le meilleur buste possible. Nous utilisons le profil «Super Quality - 0.12 mm» fourni par Cura comme base. Puis, nous appliquons les changements contenus dans ci-dessous. Pour une explication détaillée du processus d'impression, veuillez vous référer au manuel d'utilisation de l'imprimante. (Annexe [1])

Profile settings	Super Quality	Current changes
Support		
Generate Support	False	True
Support Structure	normal	tree
Support Placement	everywhere	buildplate
Support Overhang Angle (Extruder 1)	59	45.0
Infill		
Infill Wipe Distance (Extruder 1)	0.0	0.2
Infill Pattern (Extruder 1)	cubic	zigzag
Infill Density (Extruder 1)	20	15.0
Walls		
Filter Out Tiny Gaps (Extruder 1)	False	True

Image 1: Paramètres à changer par rapport au profil «Super Quality - 0.12 mm».

Améliorations

Expérimentation avec la Kinect v2

À première vue, les différences de technologie entre la première et la seconde version de la Kinect ne sont pas particulièrement prononcées. La principale différence est la technologie qui est utilisée pour calculer la profondeur de ce qui se trouve devant la caméra. La Kinect v1 utilise la réflexion de faisceaux infrarouges, alors que la Kinect v2 utilise le temps de vol afin de déterminer la distance à la caméra. Par contre, c'est une toute autre affaire pour ce qui est de la programmation. Premièrement, la Kinect v2 nécessite le SDK de *Kinect for Windows* 2.0 plutôt que le 1.8. L'implémentation de la librairie KinectFusion est aussi très différente de celle pour la Kinect v1 et l'intégration de la librairie avec les fonctionnalités de la Kinect ne se fait pas aussi facilement. Heureusement nous avions accès à des exemples de code de la part de Microsoft afin de nous guider.

Feature	Kinect for Windows 1	Kinect for Windows 2
Color Camera	640 x 480 @30 fps	1920 x 1080 @30 fps
Depth Camera	320 x 240	512 x 424
Max Depth Distance	~4.5 M	~4.5 M
Min Depth Distance	40 cm in near mode	50 cm
Horizontal Field of View	57 degrees	70 degrees
Vertical Field of View	43 degrees	60 degrees
Tilt Motor	yes	no
Skeleton Joints Defined	20 joints	26 joints
Full Skeletons Tracked	2	6
USB Standard	2.0	3.0
Supported OS	Win 7, Win 8	Win 8
Price	\$299	TBD

Image 2: Comparaison des caractéristiques clés de la Kinect v1 et de la Kinect v2
[\(The difference between Kinect v2 and v1\)](#)

Nous avons pu tester la création de modèles avec le nouveau logiciel, mais n'avons pas été en mesure de générer un modèle acceptable. Le programme semble avoir de la difficulté avec la reconstruction. Il n'arrive pas à traiter plus de 20 images par seconde avec le même ordinateur sur lequel le programme pour la Kinect v1 ne permettait pas sous le seuil des 30 images par seconde. Puisque notre façon d'obtenir un scan complet est de tourner devant la Kinect, et que celle-ci est lente à exécuter la reconstruction, nous devons donc réduire de beaucoup la vitesse à laquelle nous tournons lors des scans. Par contre, même à la plus lente vitesse que nous pouvons humainement atteindre, le programme n'arrive pas à compléter la reconstruction sans lancer d'erreurs d'alignement durant le processus. Ces erreurs d'alignement proviennent du processus d'intégration de l'image courante au modèle qui est en cours de génération. Si cette image est trop loin du volume de reconstruction, l'image ne peut pas être intégrée et la reconstruction échoue. Ceci rend le modèle que nous étions en train de générer inutilisable, car il nous est impossible d'imprimer un objet non fermé. Nous avons observé que si la scène est stationnaire et que la personne est simplement de face à la Kinect, le résultat est très précis, mais cela reste un modèle incomplet que nous ne pouvons pas imprimer.

Nous ne savons pas présentement ce qui cause ce problème. Il est possible que l'environnement dans lequel nous avons testé nos scans avec la Kinect v2 ait contenu trop d'objets. Si un seul de ces objets fait partie du volume de reconstruction, avoir un objet qui tourne et un autre qui est statique, indiquant que la scène ne bouge pas, peut paraître assez

contradictoire et empêche une bonne reconstruction. Il se peut aussi que la librairie de mise en correspondance pour associer les nouveaux points de profondeur au modèle construit en soit la cause. Si celle-ci n'ignore pas les points de l'espace en arrière-plan même s'ils ne font pas partie du volume de reconstruction, tout en essayant de gérer un modèle qui tourne sur lui-même, cela pourrait expliquer le comportement observé. Une autre possibilité est que notre système n'a pas une assez bonne carte graphique pour répondre aux besoins du programme et fonctionner correctement.

Notre décision finale a été de ne pas investir trop de temps à faire fonctionner la reconstruction avec la Kinect v2, par restriction de temps et dû aux tâches qu'il nous restait à accomplir afin de mener le projet à terme. Il ne faisait pas de sens de se lancer sur un nouveau projet alors qu'il nous restait l'étude de marché et que nous avions déjà un programme fonctionnel pour la Kinect v1. Nous avons donc laissé tomber les efforts sur la Kinect v2.

Contrôle de paramètres du volume de reconstruction

La librairie que nous utilisons pour la reconstruction, Kinect Fusion, est une librairie générique dont la performance dépend grandement des paramètres du volume de reconstruction. Donc, pour pouvoir générer les meilleurs modèles possibles, à l'aide de cette librairie, selon le type d'objet à scanner et le matériel utilisé, nous exposons ces paramètres à l'utilisateur. Ainsi, l'utilisateur peut décider de la précision en voxels par mètre et peut ensuite convenir des dimensions du volume en voxels.

Étude de marché

Le but de l'étude de marché est de déterminer le potentiel réel de la technologie que nous avons développée. Pour ce faire, nous avons réalisé un sondage avec la communauté étudiante de l'Université de Sherbrooke le 29 mars 2022. Veuillez noter que nous avons reçu 51 réponses.

Synthèse

La majorité des répondants (80%) ont entre 18 et 30 ans, un niveau de scolarité universitaire (96%) et sont réparties en deux groupes, hommes (67%) et femmes (31%). Parmi nos répondants, 74% d'entre eux sont intéressés par la technologie Buste 3D et 40% seraient prêts à utiliser Buste 3D dans sa forme actuelle. Aussi, en ce qui a trait aux différentes tailles de buste, l'intérêt semble être plus prononcé pour les bustes entre 5 et 20 cm. De plus, la majorité des commentaires reçus sur notre technologie mentionne l'ajout de couleurs au buste imprimé et l'amélioration des détails.

En conclusion, nous avons une technologie avec un bon potentiel commercial tel que montré par l'intérêt de nos répondants. La prochaine étape pour assurer le succès de la technologie serait principalement de développer un système d'impression 3D avec couleurs ainsi que de continuer d'améliorer la qualité du modèle produit.

Modalité de réalisation de l'étude

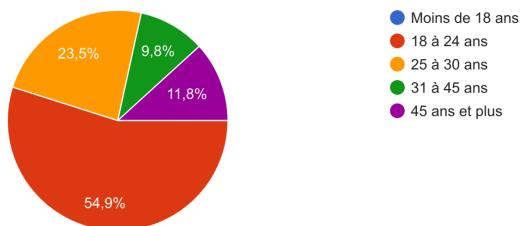
L'étude a été réalisée à l'aide d'un sondage en ligne anonyme, acceptant une seule réponse par personne, à l'aide de Google Form. Ce type de sondage a été choisi pour ses nombreux bénéfices tels que sa rapidité d'exécution, la précision accrue des réponses, sa facilité d'utilisation pour les répondants, pour son analyse intégrée et pour les réponses plus honnêtes ([SmartSurvey](#)). Lors de sa création, nous avons porté une attention particulière à garder le questionnaire simple et court, car la majorité des questionnaires longs ne sont pas complétés ou frustrer les répondants, rendant ainsi leur réponse non sincère (Fisher and Smith). Le sondage a été partagé avec la communauté étudiante de l'université de Sherbrooke, ce qui explique que le niveau de scolarité des répondants soit principalement au niveau universitaire.

Principaux Résultats

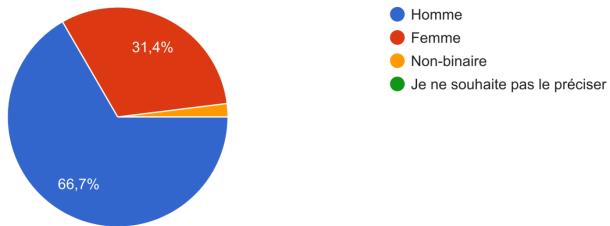
Profil

Le profil des répondants correspond à ce à quoi on s'attendait, sachant que nous avons partagé notre sondage dans un groupe d'étudiants universitaires. Ainsi, nous pouvons dire que nos résultats représentent les gens entre 18 et 30 ans avec un niveau de scolarité universitaire et principalement masculin.

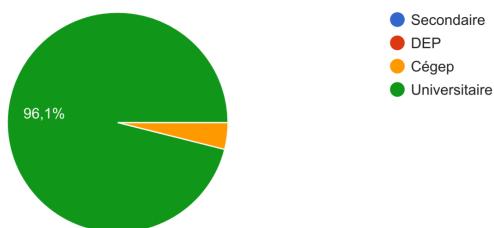
Dans quelle tranche d'âge vous retrouvez-vous?



À quel genre vous identifiez-vous?



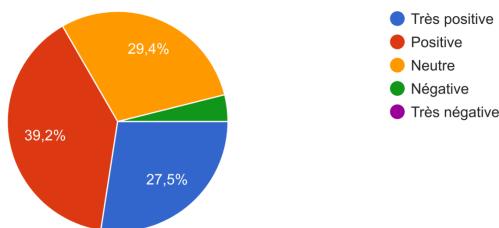
Quel est votre niveau de scolarité?



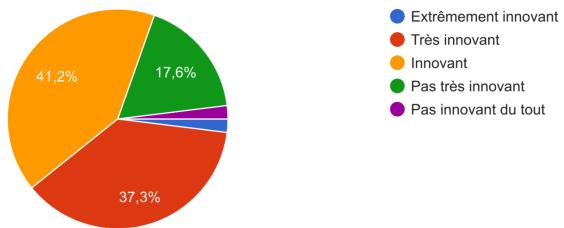
Intéressé par la technologie

Nous deux questions servant à déterminer si notre technologie est quelque chose qui attire l'attention et par conséquent, a une chance à la commercialisation. Les réponses positives, 67% et 81% démontrent qu'en moyenne, 74% des gens trouvent Buste 3D intéressant.

Quelle est votre première réaction face à notre technologie?



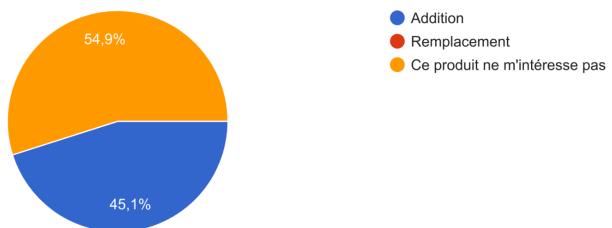
À quel point trouvez-vous Buste 3D innovant?



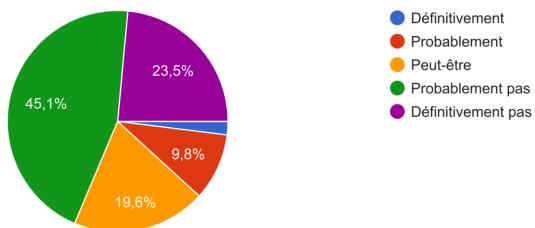
Souhaite utiliser la technologie

La combinaison des cinq questions suivantes servait à vérifier si la technologie, dans son état actuel, est quelque chose d'assez intéressant pour que les gens souhaitent l'utiliser. En combinant les résultats positifs, soit 45%, 31%, 37%, 45% et 41%, on retrouve une moyenne de 40%. Ce qui implique que notre technologie a un bon potentiel commercial et, qu'avec quelques améliorations, pourrait devenir un produit prisé.

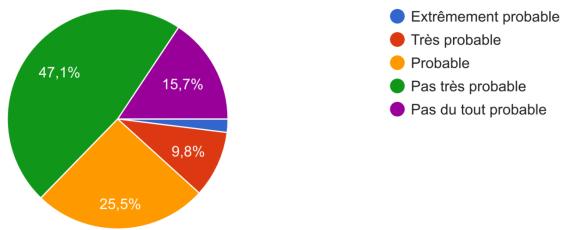
Est-ce que Buste 3D serait une addition ou un remplacement à la gamme de produits que vous utilisez présentement?



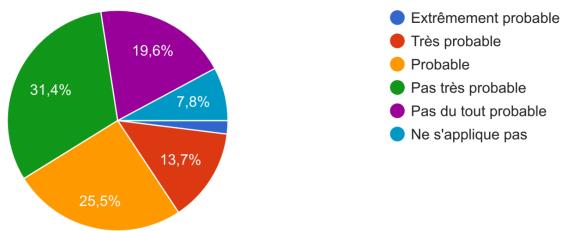
Lorsque vous pensez à notre technologie, la considérez-vous comme quelque chose dont vous avez besoin?



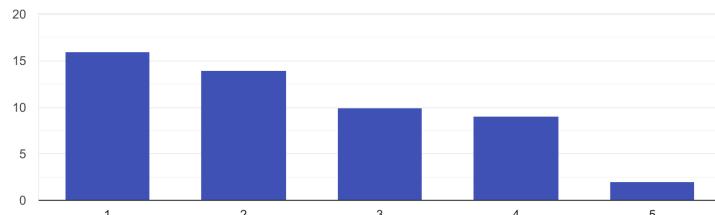
Si la technologie était disponible aujourd'hui, quelle serait la probabilité que vous l'utilisiez?



Seriez-vous prêt à intégrer Buste 3D à votre vie?



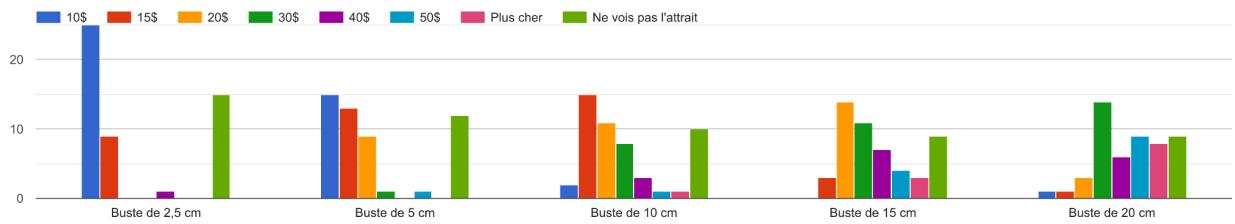
Quelle votre intérêt à posséder un buste 3D?



Taille de buste

Pour la taille du buste, on peut voir qu'il y a un attrait moyen de 81% pour chaque taille sauf le buste de 2,5 cm qui n'a qu'un attrait de 71%. Ainsi, nous pouvons en déduire qu'entre 5 et 20 cm est une valeur sûre. Pour ce qui est du buste de 2,5 cm, il pourrait être intéressant d'en faire plus qu'un simple buste. Par exemple, comme pointé par un des commentaires, en faire un porte-clés pourrait susciter plus d'intérêt. Pour la version courante de la technologie, les répondants semblent suggérer des prix autour de 10\$ pour un buste de 2,5 cm, 12\$ pour un buste de 5 cm, 15\$ pour un buste de 10 cm, 20\$ pour un buste de 15 cm et 30\$ pour un buste de 20 cm. Ces prix sont excitants à voir, car nos prix de production pour chacun de ces bustes est sous 15\$, même dans le cas du buste de 20 cm. Ainsi, le produit serait certainement profitable.

À combien estimez-vous la valeur d'un service de photographie 3D et d'impression de buste 3D? (Les valeurs en cm représentent la hauteur du buste)
(Buste de 2,5 cm)



Améliorations

Les réponses concernant les améliorations potentielles à Buste 3D étant des réponses libres, nous n'allons pas toutes les énumérer ici. Cependant, nous pouvons les regrouper pour obtenir les termes récurrents suivants : ajout de couleur, augmentation de la précision et plus de choix de types de buste (porte-clés, matériaux, etc.).

Bibliographie/Webographie

Bpifrance Création. "Reiger le rapport qui donnera forme  son étude de marché." Bpifrance

Création, décembre 2021,

<https://bpifrance-creation.fr/encyclopedie/letude-marche/comment-faire-son-etude-marche/rediger-rapport-qui-donnera-forme-a-son>. Accédé le 3 avril 2022.

Fisher, Sarah, and Scott Smith. "Survey Questions: Tips & Examples in 2022." *Qualtrics*, 12 mai 2020, <https://www.qualtrics.com/blog/writing-survey-questions/>. Accédé le 3 avril 2022.

SmartSurvey. "10 Advantages of Online Surveys - SmartSurvey." *Smart Survey*,
<https://www.smartsurvey.co.uk/articles/10-advantages-of-online-surveys>. Accédé le 3
avril 2022.

Annexes

[1] Manuel d'utilisation de l'imprimante pour le projet Portrait3D

Imprimante 3D

Maintient

Mise à niveau de la base

La base est la surface horizontale sur laquelle est imprimée la première couche du modèle. Compte tenu du fait que tout le reste du modèle est imprimé par-dessus la première couche, il est souhaitable que celle-ci soit bien faite, autrement l'objet résultant sera déformé. La mise à niveau de la base se fait à l'aide des quatre vis à ressort se trouvant sous la base aux quatre coins. De par la nature du nivelage, il est important de vérifier régulièrement que la base est bien à niveau, autrement la fameuse première couche risque de ne pas s'imprimer correctement. Pour vérifier si la base doit être mise à niveau, vous n'avez qu'à faire une inspection visuelle de l'impression de la première couche en vous référant à Image 2.

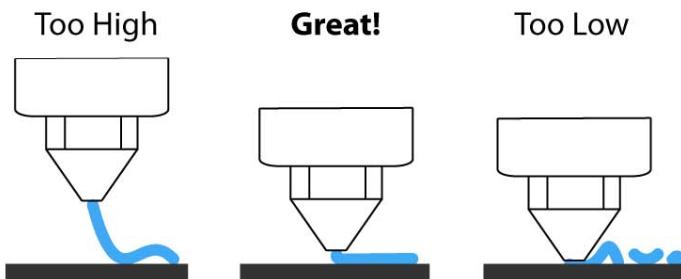


Image 1: À gauche, la base est trop loin de la buse, au centre la base est à la bonne distance et à droite la base est trop proche.

([5 Simple Steps to a Perfect First Layer](#))

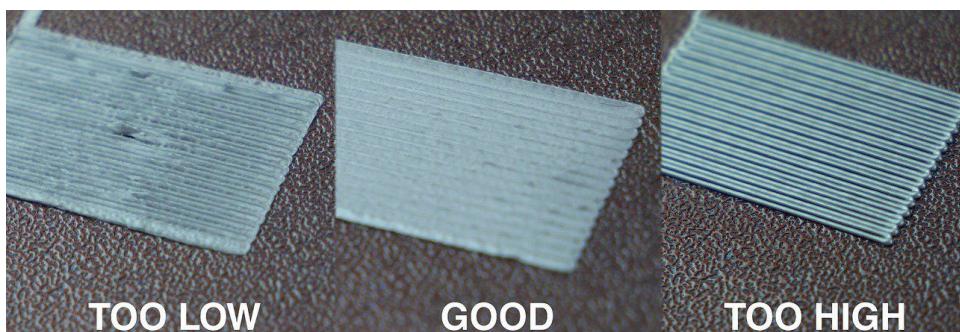


Image 2: Exemples de première couche. À gauche, la base est trop loin de la buse, au centre la base est à la bonne distance et à droite la base est trop proche.

([The definitive guide to solving 3D printing problems by Bitfab](#))

Prérequis:

- Feuille de papier.

Procédure:

1. Ouvrir l'imprimante.
2. Dans le menu de l'imprimante, ouvrez «Prepare». (Img. 3)

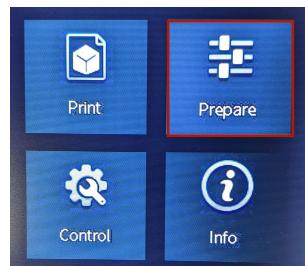


Image 3: «Prepare».

3. Sélectionner «Auto home». (Img. 4)
Attendez que la tête se déplace au coin inférieur, avant gauche.

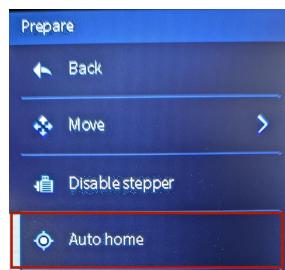


Image 4: «Auto home».

4. Sélectionner «Disable stepper». (Img. 5)
Maintenant que les moteurs sont désactivés, vous pouvez déplacer la tête de droite à gauche, ainsi que la base d'avant en arrière.

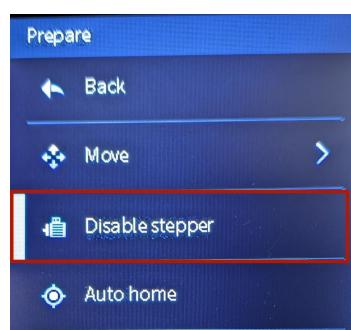


Image 5: «Disable stepper».

5. Placez la feuille de papier sous la buse et assurez-vous qu'il y a une légère friction entre la feuille et la buse. (Img. 6)
Pour ajuster la base, utiliser les 4 vis à ressort se trouvant dessous la base. (Img. 6)

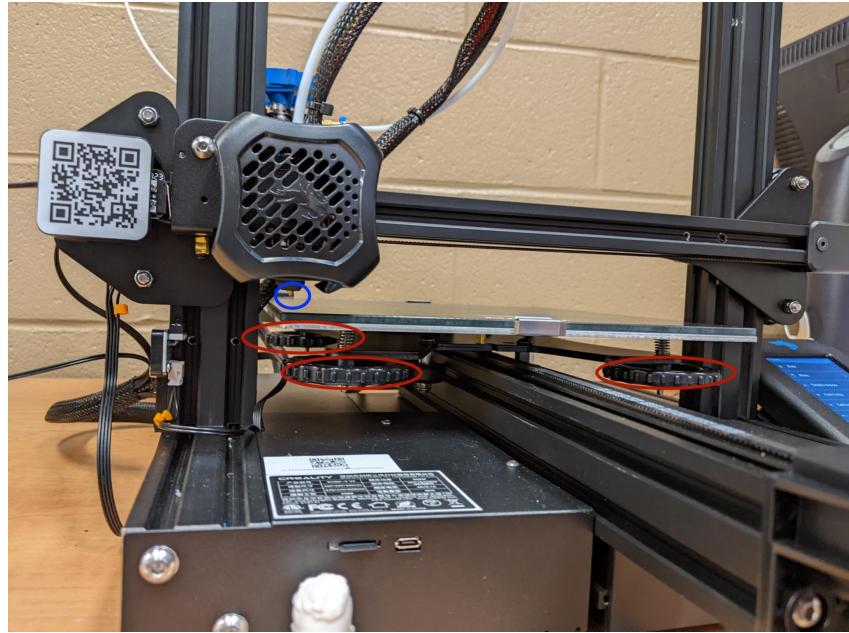


Image 6: En bleu, la buse et en rouge, les 3 des vis à ressorts

6. Répéter l'étape 5 jusqu'à ce que les 4 coins soient à niveau

Génération du g-code

Un modèle de buste produit avec la Kinect est enregistré sous la forme d'un fichier OBJ qui représente la géométrie 3D de l'objet. Cependant, notre imprimante 3D, nécessite une séquence d'instructions G-code pour pouvoir imprimer quoi que ce soit. Ainsi, pour générer le fichier G-code permettant d'imprimer le modèle que nous souhaitons, nous devons utiliser un logiciel de découpage en tranche («Slicer»). Notre logiciel de choix est Ultimaker Cura, car c'est un logiciel gratuit, rapide et très connu qui produit d'excellents résultats.

Prérequis:

- Ultimaker Cura: <https://ultimaker.com/fr/software/ultimaker-cura>.
- Carte microSD.

Procédure:

1. Ajout du profil de l'imprimante.
 - a. Ouvrez «Settings > Printer > Add Printer...». (Img. 7)

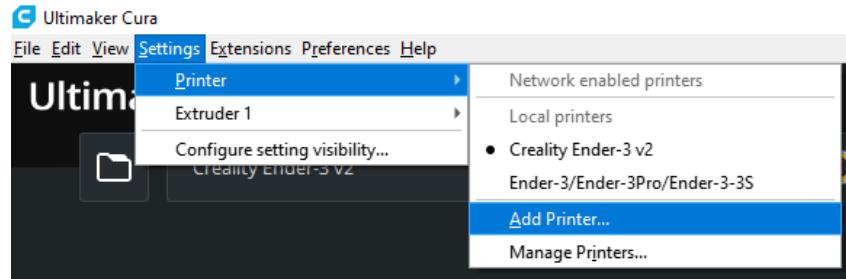


Image 7: «Settings > Printer > Add Printer...».

- Sélectionner «Add a non-networked printer > Creality3D > Creality Ender-3 Pro». Vous pouvez renommer l'imprimante ici. Dans notre cas, nous allons la nommer «Creality Ender-3 v2». (Img 8)

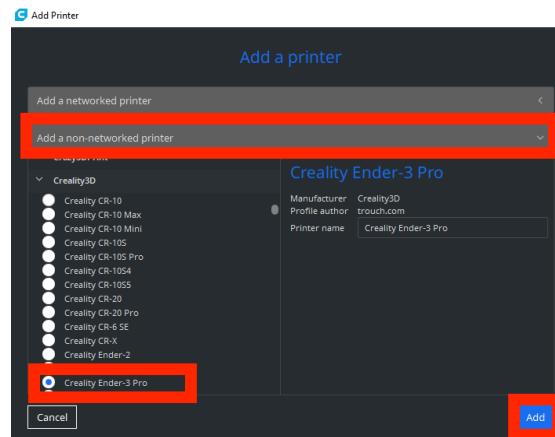


Image 8: «Add a non-networked printer > Creality3D > Creality Ender-3 Pro».

- Cliquer sur «Add» (Img. 8), puis «Next».
- Changez la visibilité des options.
 - Ouvrez «Preferences > Configure Cura...».. (Img. 9)

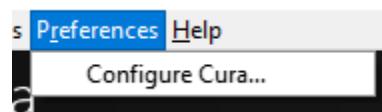


Image 9: «Preferences > Configure Cura...»

- Dans «Settings», cochez «Check all». (Img. 10)

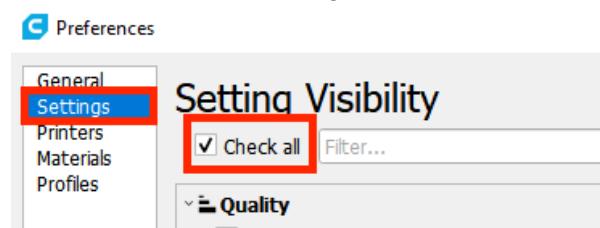


Image 10: «Settings > Check all»

- Ajustement des paramètres d'impression.
 - Sélectionner l'imprimante que vous avez ajoutée à l'étape 1. (Img. 11)

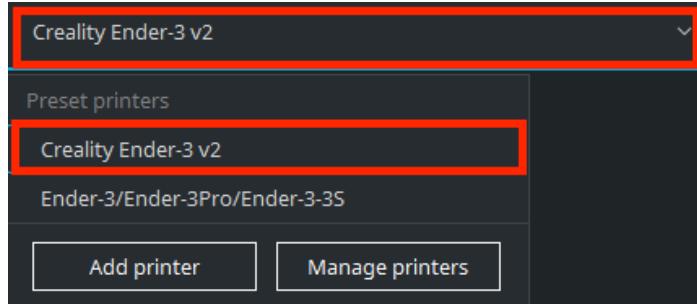


Image 11: Sélection du profil d'imprimante.

- b. Ouvrez le menu de profil. (Img. 12)
- c. Sélectionner le profil «Super Quality - 0.12 mm». (Img. 12)

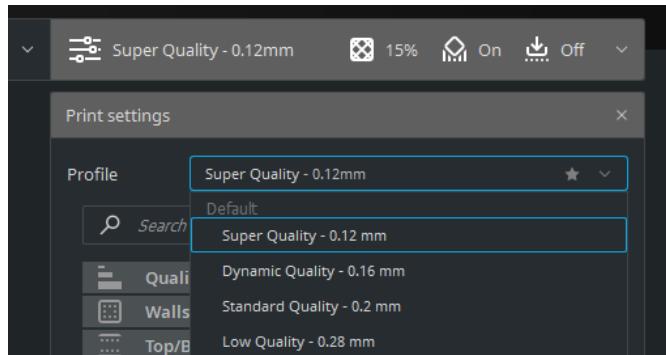


Image 12: «Profil Super Quality - 0.12 mm»

- d. Ajustez les paramètres comme montré sur (Img. 13).

Profile settings	Super Quality	Current changes
Support		
Generate Support	False	True
Support Structure	normal	tree
Support Placement	everywhere	buildplate
Support Overhang Angle (Extruder 1)	59	45.0
Infill		
Infill Wipe Distance (Extruder 1)	0.0	0.2
Infill Pattern (Extruder 1)	cubic	zigzag
Infill Density (Extruder 1)	20	15.0
Walls		
Filter Out Tiny Gaps (Extruder 1)	False	True

Image 13: Paramètres à changer.

4. Génération du fichier «g-code».

- a. Cliquez sur le bouton d'importation. (Img. 14)

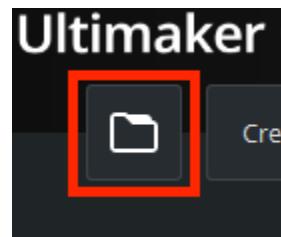


Image 14: Bouton d'importation.

- b. Sélectionner le modèle à importer dans l'explorateur de fichiers.

- c. Utiliser l'outil «Rotate» pour tourner le modèle droit. (Img. 15)

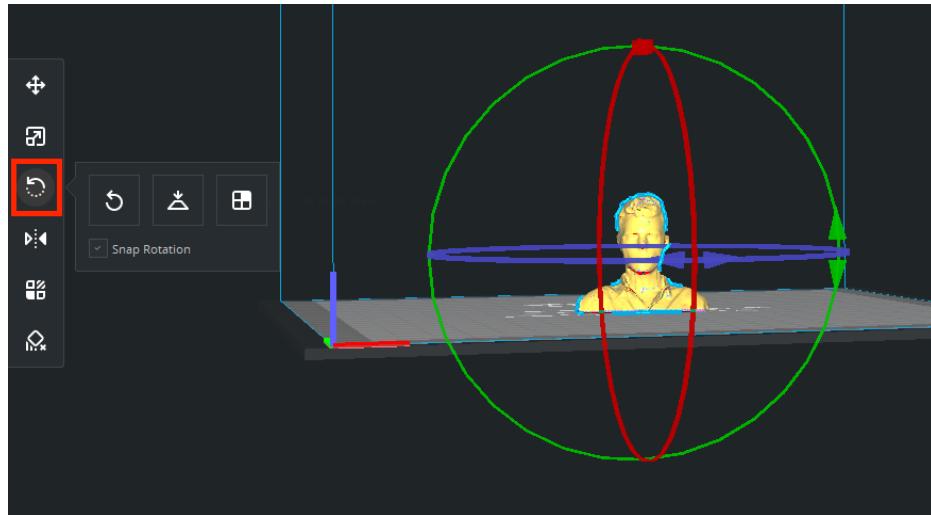


Image 15: Outil «Rotate».

- d. Utiliser l'outil «Scale» pour donner la bonne taille à l'objet. (Img. 16)

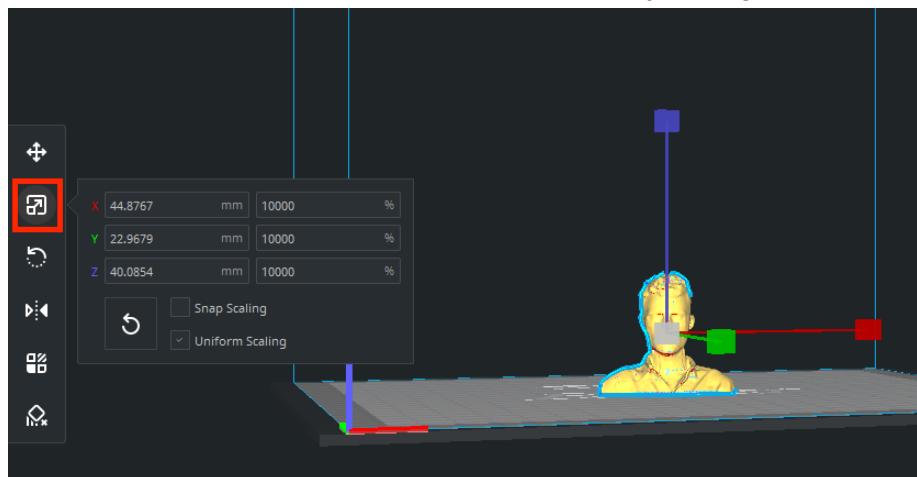


Image 16: Outil «Scale».

- e. Appuyez sur le bouton «Slice». (Img. 17)

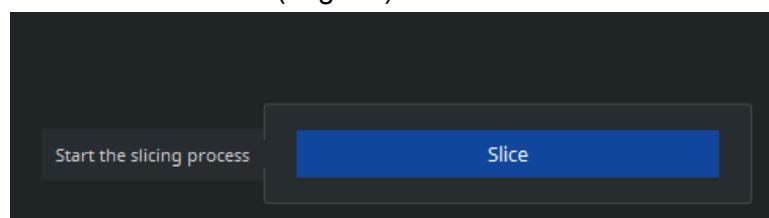


Image 17: Bouton «Slice».

- f. Cura indique le temps d'impression ainsi que la quantité de matériel qui sera utilisé pour imprimer le modèle. Assurez-vous d'en avoir suffisamment. Si vous retirez le filament du rouleau, vous risquez d'introduire un noeud et de faire échouer l'impression. Ainsi, faites l'inspection du filament sans le retirer du rouleau. (Img. 18)

- g. Appuyer sur «Save to Removable ...» pour enregistrer le fichier g-code généré sur la carte microSD. (Img. 18)

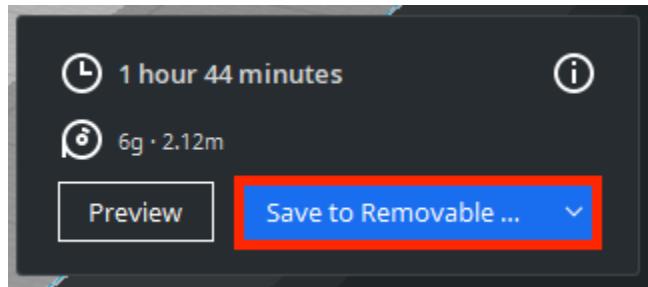


Image 18: Information sur l'impression et bouton «Save to Removable ...»

- h. Renommer le fichier généré au besoin, puis éjecter la carte microSD de l'ordinateur.

Impression

Pour imprimer un modèle, il faut insérer une carte microSD dans l'imprimante. Au démarrage de l'imprimante, celle-ci va lire les fichiers g-code présents à la racine de la carte microSD lorsque celle-ci est présente. Pour imprimer un objet, il suffit de sélectionner le bon fichier et l'imprimante fera le reste.

Prérequis:

- Carte microSD.
- Fichier g-code de l'objet à imprimer à la racine de la carte micro-SD.

Procédure:

1. Insérez la carte microSD dans la fente prévue à cet effet en bas avant gauche de l'imprimante. (Img. 19)

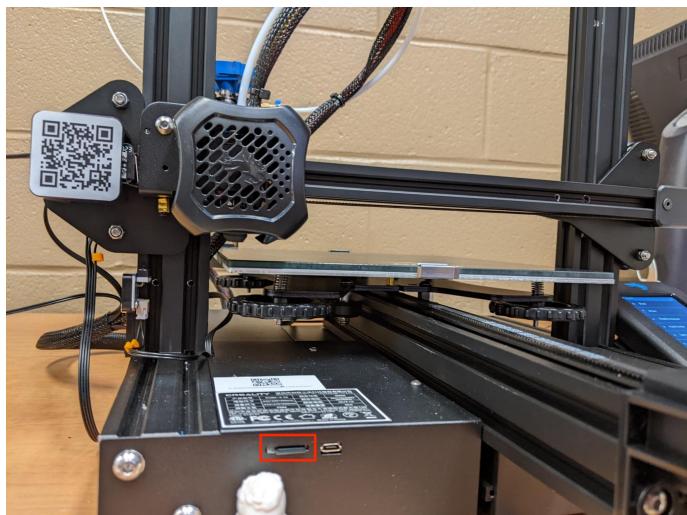


Image 19: Fente pour carte microSD.

2. Démarrer l'imprimante avec l'interrupteur se à l'arrière de l'imprimante. (Img. 20)



Image 20: Interrupteur de l'imprimante.

3. Ouvrez le menu «Print». (Img. 21)

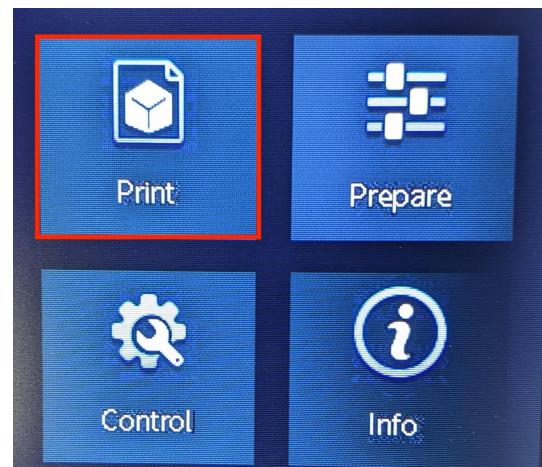


Image 21: «Print»

4. Sélectionnez le fichier à imprimer. (Img. 22)

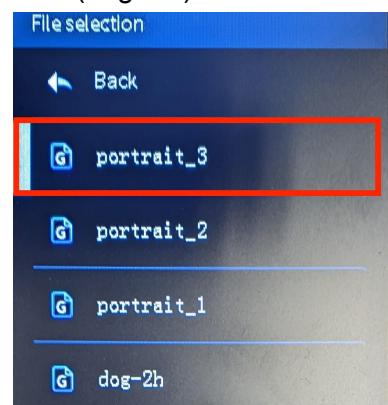


Image 22: Liste des fichiers sur la carte microSD. Ici, «portrait_3» est sélectionné.

5. Attendez que l'imprimante termine d'imprimer. (Img. 23)



Image 23: État de l'impression en cours.

6. Lorsque l'impression est terminée, attendez que la base ait atteint la température ambiante (ex. : 22°C), et utilisez le grattoir pour retirer l'objet de la base. (Img. 24)



Image 24: Buste imprimé.

7. Vous pouvez retirer les supports.