



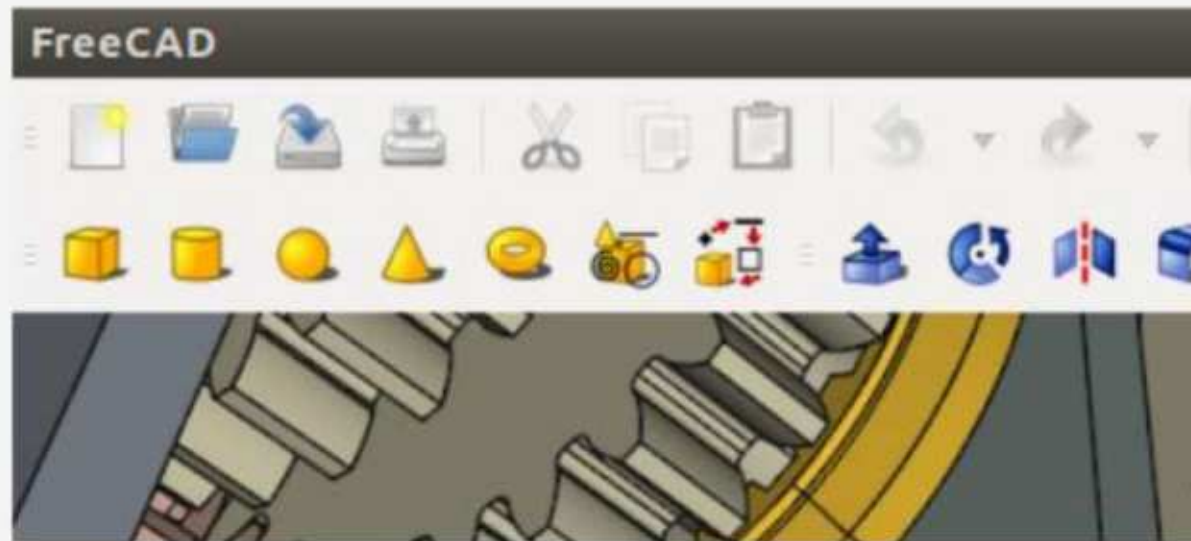
Full Circle

LE MAGAZINE INDÉPENDANT DE LA COMMUNAUTÉ UBUNTU LINUX

Numéro Spécial FreeCAD



ÉDITION SPÉCIALE



FreeCAD

Volume Un - 1 à 10

Full Circle Magazine n'est affilié en aucune manière à Canonical Ltd.



Spécial Full Circle Magazine

Full Circle

LE MAGAZINE INDÉPENDANT DE LA COMMUNAUTÉ UBUNTU LINUX

Au sujet du Full Circle

Le Full Circle est un magazine gratuit, libre et indépendant, consacré à toutes les versions d'Ubuntu, qui fait partie des systèmes d'exploitation Linux. Chaque mois, nous publions des tutoriels, que nous espérons utiles, et des articles proposés par des lecteurs. Le Podcast, un complément du Full Circle, parle du magazine même, mais aussi de tout ce qui peut vous intéresser dans ce domaine.

BIENVENUE DANS UN AUTRE « NUMÉRO SPÉCIAL »

Une autre série, une autre compilation d'articles pour plus de commodité. Voici une réédition directe de la série FreeCAD, des numéros 120 à 129.

Veillez garder à l'esprit la date de publication originale ; les versions actuelles du matériel et des logiciels peuvent être différentes de celles illustrées. Il convient donc de vérifier la version de votre matériel et de vos logiciels avant d'essayer d'émuler les tutoriels dans ces numéros spéciaux. Il se peut que les logiciels que vous avez installés soient plus récents ou qu'il y ait des versions plus récentes disponibles dans les dépôts de votre distribution.

Amusez-vous !

Clause de non-responsabilité :

Cette édition spéciale vous est fournie sans aucune garantie ; les auteurs et le magazine Full Circle déclinent toute responsabilité pour des pertes ou dommages éventuels si des lecteurs choisissent d'en appliquer le contenu à leurs ordinateur et matériel ou à ceux des autres.

Sommaire

Numéro 120, part.1 : page 3

Numéro 121, part.2 : page 7

Numéro 122, part.3 : page 12

Numéro 123, part.4 : page 17

Numéro 124, part.5 : page 23

Numéro 125, part.6 : page 30

Numéro 126, part.7 : page 36

Numéro 127, part.8 : page 40

Numéro 128, part.9 : page 43

Numéro 129, part.10 : page 48

Comment contribuer : page 52



Les articles contenus dans ce magazine sont publiés sous la licence Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license. Cela signifie que vous pouvez adapter, copier, distribuer et transmettre les articles mais uniquement sous les conditions suivantes : vous devez citer le nom de l'auteur d'une certaine manière (au moins un nom, une adresse e-mail ou une URL) et le nom du magazine (« Full Circle Magazine ») ainsi que l'URL www.fullcirclemagazine.org (sans pour autant suggérer qu'ils approuvent votre utilisation de l'œuvre). Si vous modifiez, transformez ou adaptez cette création, vous devez distribuer la création qui en résulte sous la même licence ou une similaire.

Full Circle Magazine est entièrement indépendant de Canonical, le sponsor des projets Ubuntu. Vous ne devez en aucun cas présumer que les avis et les opinions exprimés ici ont reçu l'approbation de Canonical.



La CAO (Conception assistée par ordinateur - en anglais, CAD, Computer Assisted Design) à moindre coût, et son complément, la FAO (Fabrication assistée par ordinateur - en anglais, CAM, Computer Assisted Manufacturing), ont révolutionné de nombreux flux d'activité professionnelle dans les quelques dernières années. Il fut un temps où les logiciels de niveau professionnel tels que CATIA de Dassault - et le matériel pour les faire tourner - étaient hors d'atteinte pour la plupart des petites entreprises et les bricoleurs occasionnels. De nos jours, l'arrivée de l'impression 3D utilisant l'extrusion du plastique a rendu réellement possible le prototypage physique ; ce qui signifie, en retour, qu'un plus large segment des utilisateurs d'ordinateurs a un besoin réel d'un logiciel utilisable pour concevoir ses pièces.

Un autre groupe d'utilisateurs comprend les gens concevant des environnements virtuels 3D sur ordinateurs. De nombreux principes identiques s'appliquent comme la construction des objets 3D, car le travail avec des systèmes de coordonnées dans l'espace présente les mêmes difficultés dans les deux scénarios ; cependant, les con-

cepteurs de mondes virtuels et les artistes du dessin au faisceau laser doivent en plus tenir compte des qualités de surface des objets et du comportement de la lumière quand elle interagit avec l'objet.

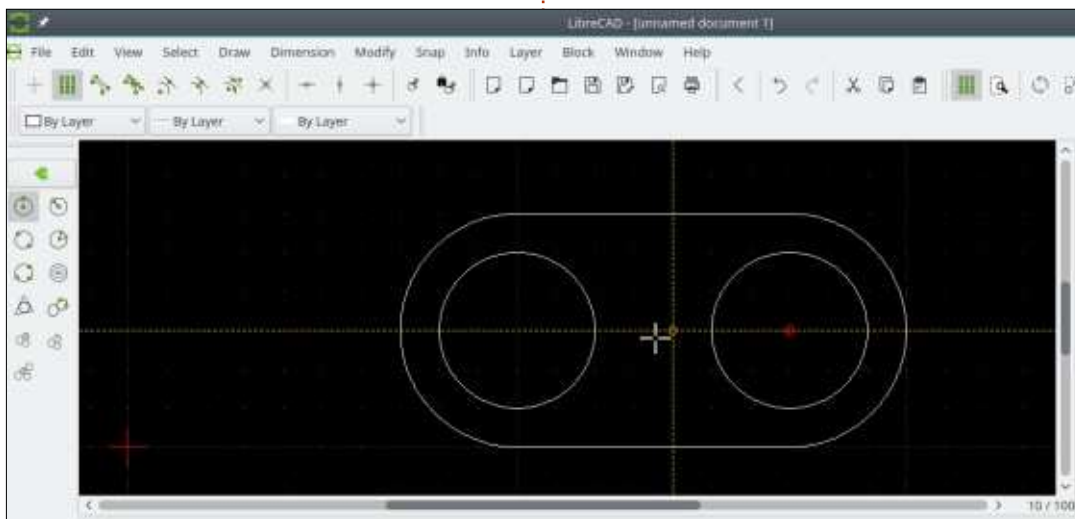
Par chance, Les programmes de CAO pour les utilisateurs de logiciels Open Source ont fait un long chemin depuis les commencements (plutôt timides). Dans cette série, nous examinerons le monde de FreeCAD, une application Open Source de modélisation par CAO qui est encore en bêta, mais qui a reçu un bon accueil dans les dernières années. Naturellement, elle est déjà disponible dans les dépôts d'Ubuntu.

UN CHOIX DE PROGRAMMES

Les logiciels de dessin et de conception industriels sont historiquement un secteur avec un faible nombre d'offres. Même dans le monde des applications professionnelles, jusqu'à ces dernières années, un seul nom émergeait, de manière répétitive, disposant d'une position dominante et définissant les formats de fichiers. C'est peut-être compréhensible, car il

faut du temps pour faire fonctionner correctement ces ensembles logiciels plutôt complexes. Une fois que quelqu'un arrive à dominer une application spécifique, faire face à un long processus similaire pour en apprendre un autre peut être considéré comme une épreuve, même si on ne part pas du tout début de la courbe d'apprentissage. Aussi, ce n'est pas une grande surprise si la situation était encore pire pour ce qui est des logiciels Open Source de CAO. Il y a dix ans, peut-être la seule application qui tournait sur Ubuntu était qcad (<http://qcad.org>), encore en enfance à ce moment-là, mais disponible dans les dépôts de Canonical.

De nos jours, les choses ont changé en mieux, et il y a une offre équilibrée de programmes disponibles qui, à la fois, lisent et produisent des dessins au format de fichiers DXF. qcad, comme son dérivé, LibreCAD (<http://librecad.org>), sont des programmes de conception Open Source qui ciblent le 2D, et qui, dans certaines limites, peuvent être vues comme des alternatives viables à la série populaire, mais non libre, AutoCAD (<http://www.autodesk.com>). Le prix de qcad comme LibreCAD est correct (car libre) et ils sont disponibles pour GNU/Linux, Mac OS d'Apple et Windows de Microsoft. Comme le montre la copie d'écran, L'interface LibreCAD est très similaire à l'interface utilisateur originale d'AutoCAD,



ce qui permet un passage plus aisé d'un programme à l'autre pour un utilisateur expérimenté.

Cependant, dans cette série, nous préférons utiliser le logiciel plutôt pour créer plus facilement des dessins en 3D. C'est à la fois pour la facilité de l'apprentissage - voir correctement un objet 3D à partir de plans à plat peut être quelque peu difficile pour des débutants - et parce que notre conception sera ensuite exportée pour impression sur une imprimante 3D adaptée, créant ainsi un objet physique que nous pouvons comparer à l'idée d'origine. Dans ce scénario, SketchUp (anciennement Google SketchUp, <http://www.sketchup.com>) est un logiciel qui s'est largement répandu, pour de nombreuses raisons, dont sa facilité d'utilisation. Cependant, ce programme était disponible pendant toutes ces années uniquement pour les plateformes Windows et Mac OS. Bien qu'il y ait eu des retours de gens qui l'ont installé et utilisé dans l'émulateur Wine, un logiciel Open Source (par opposition à une simple utilisation libre de droits), qui est mieux intégré dans Ubuntu, peut être vu comme préférable.

OpenSCAD (www.openscad.org) est une autre option pour concevoir des objets 3D destinés à une impression

3D, bien que son cas d'utilisation soit ciblé sur la Géométrie de Construction des Solides (Constructive Solid Geometry - CSG) et qu'il soit, de ce fait, un peu plus limité peut-être que d'autres applications. Cependant, la création d'objet peut facilement être conçue comme un méta-langage ou un script, ce qui peut avoir son attractivité pour des utilisateurs du « traceur de raies » Povray qui utilise un modèle de conception similaire.

Une autre option serait TinkerCAD (<http://www.tinkercad.com>), un programme en ligne qui peut être utilisé pour des projets simples. Cependant, il ne peut être utilisé que dans un navigateur Web et il est propriétaire, ce qui peut présenter des inconvénients pratiques et philosophiques.

Enfin, FreeCAD (<http://www.freecadweb.org>) est l'application sur laquelle nous allons nous concentrer dans cette série. Plusieurs raisons motivent ce choix, dont la relative facilité d'utilisation, le fait d'être Open Source et la disponibilité pour GNU/Linux comme pour Windows et Mac OS. Il faut dire que FreeCAD possède des modules pour le dessin 2D et 3D, bien que son objectif semble être principalement ce dernier. L'interaction entre les conceptions 2D et 3D est aussi possible comme, par exemple, lors de

la construction d'un modèle 3D à partir de plan initial du sol en 2D, ou lors de l'exportation de plans en 2D depuis un modèle 3D. Bien que le projet nous mette en garde sur leur site en écrivant que « *FreeCAD est en plein développement et pourrait ne pas être prêt pour une utilisation en production* », ce qui est cohérent avec leur numéro de version actuel 0.16 - en vrai, le logiciel semble fonctionner presque bien -, au moins suffisamment bien, en fait, pour que ce logiciel soit une option viable pour un amateur et les besoins d'une formation. Les utilisateurs professionnels souhaiteront peut-être évaluer soigneusement l'application avant de prendre une décision, pour s'assurer qu'elle convient bien à leurs besoins particuliers.

Il y a une grande partie de la documentation utilisateur qui est disponible pour ce projet sur le site, et aussi sur YouTube. Comme souvent pour les logiciels en plein développement, la documentation n'est pas au même niveau que le logiciel et quelques écarts peuvent être vus entre les versions dans la documentation et sur votre ordinateur, bien qu'il ne soit habituellement pas trop difficile de deviner comment faire pour que ça marche. Cette série d'articles, évidemment, n'a pas vocation à remplacer la documentation et les tutoriels officiels. L'objectif est de fournir une intro-

duction pratique à l'utilisation de ce logiciel par quelqu'un qui n'a pas participé à sa création et qui, pour cette raison, peut avoir un point de vue et des priorités légèrement différents : celles d'un utilisateur ordinaire.

INSTALLATION

```
sudo apt update ; sudo apt install freecad
```

Ou utilisez votre gestionnaire de logiciels favori dans n'importe quelle version d'Ubuntu ; j'en ai assez dit. Au moment où j'écris, la version 0.15 se trouve dans les dépôts Xenial ; c'est une version stable. La version de développeur 0.17_pre peut être téléchargée pour Windows et Mac OS, pendant que la version stable 0.16 peut être téléchargée pour GNU/Linux depuis la page GitHub du projet (<http://github.com/FreeCAD/FreeCAD/releases>). La version 0.16 peut aussi être installée sous Ubuntu en ajoutant le dépôt PPA du mainteneur du projet :

```
ppa:freecad-maintainers/freecad-stable
```

Cependant, il faut dire que, avec un projet comme celui-ci qui évolue assez rapidement, il est préférable de rester à la version des dépôts Ubuntu - même si elle est un peu plus ancienne

que celle des dépôts PPA. Ce choix plus prudent veut dire que plus de bogues auront été résolus et ne viendront pas nous agacer.

FreeCAD lui-même ne prendra que 60 Mo d'espace disque sur notre système, ce qui peut être plutôt impressionnant pour des utilisateurs qui ont l'habitude d'installer des applications de CAO professionnelles. Il arrive avec plusieurs dépendances à d'autres paquets, comme le langage Python dans lequel il a été développé et d'autres bibliothèques graphiques comme Boost. Cependant, la somme totale des paquets logiciels qui sont (automatiquement) téléchargés et ins-

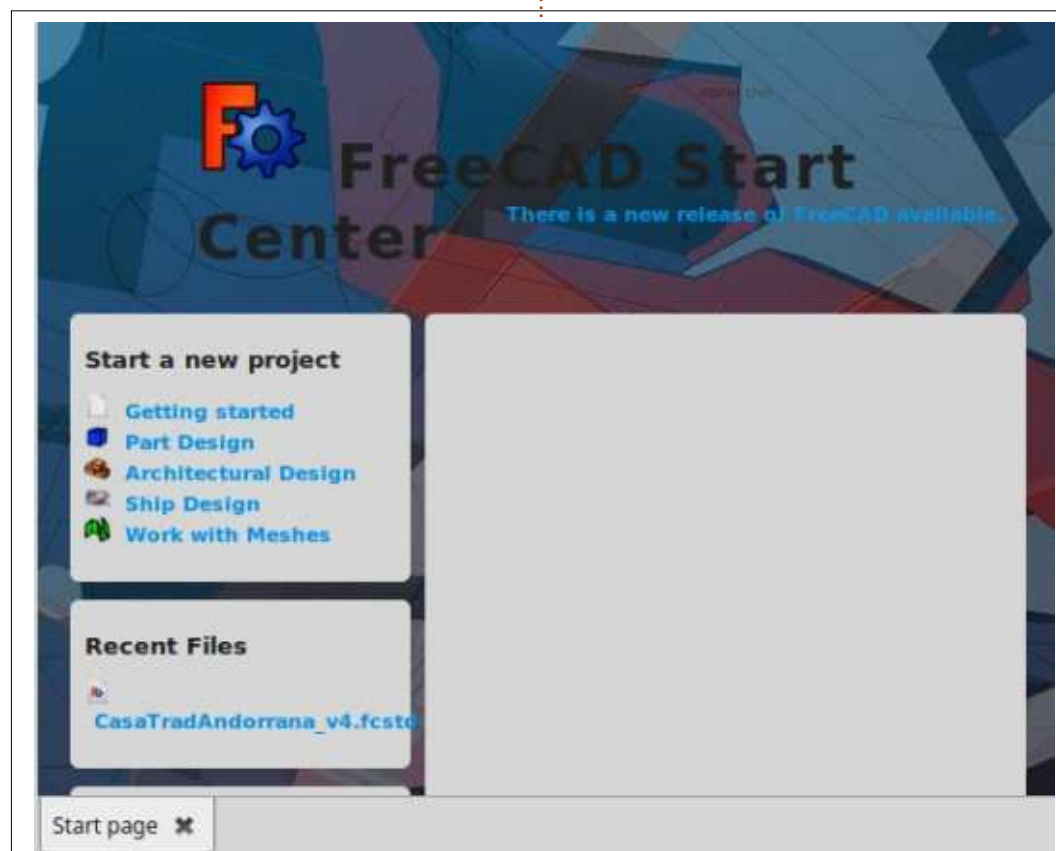
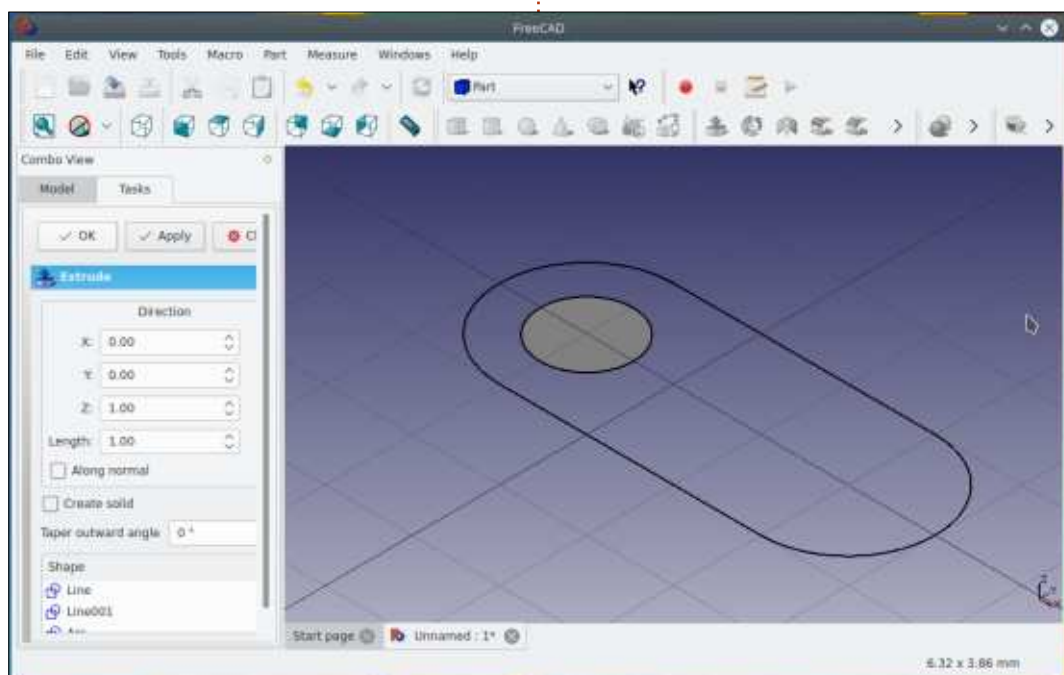
tallés est bien en dessous des limites raisonnables, même pour des systèmes avec une faible quantité d'espace disque disponible. Un matériel de traitement « pas-si-récent » peut être utilisé. La copie d'écran ci-dessous a été faite alors que FreeCAD tournait, installée en RAM, sur une session Live de Neon 5.9 sur un portable équipé un processeur Athlon X2 d'AMD et une mémoire de 2 Go, mais dont le disque dur avait été retiré il y a plusieurs années. Ceci ne serait pas du tout optimal pour une utilisation en production, mais peut être envisagé pour des projets simples.

L'INTERFACE DU PROGRAMME

La conception d'une interface utilisateur pour un programme de CAO est toujours complexe, car il y a une grande quantité d'informations à afficher. Les barres d'outils peuvent comprendre les outils de dessin pour des objets à deux ou trois dimensions, des opérations sur les objets comme la mise à l'échelle ou la copie ; des opérations combinant des objets et différentes couches, peuvent être affichées ou cachées. Un programme tel que

FreeCAD qui fonctionne avec une représentation interne arborescente de la scène inclut une inspection des objets ; ceci permet à l'utilisateur de modifier directement les paramètres de l'objet (tels que la longueur et les coordonnées). Mais ceci signifie des demandes d'espace supplémentaire dans l'interface utilisateur car ces informations doivent être affichées à certains moments.

Comme vous pouvez le voir sur les copies d'écran, l'interface utilisateur



de FreeCAD a condensé tous ces éléments en trois zones principales. L'espace principal est en bas à droite. Dans celui-ci, nous verrons la page d'accueil ou « Start center » quand l'application démarre. Elle contient certains liens plutôt pratiques vers diverses tâches simples qui peuvent aider le novice. Des projets récents peuvent aussi être ouverts directement depuis ce panneau, bien qu'ils puissent aussi être ouverts à partir de l'option de menu Fichier > Ouvrir, plus traditionnelle. Cette zone à un système de panneaux, dans lesquels les différents projets sur lesquels nous travaillons seront affichés en même temps. Nous pouvons basculer de l'un à l'autre à tout moment, rendant facile le travail sur plusieurs projets, ou sur différentes pièces d'un projet final unique.

Sur la gauche, nous avons une colonne qui, habituellement, contient un dialogue avec une information contextuelle sur un objet particulier, soit le projet dans son ensemble, soit l'élément sélectionné à ce moment. C'est aussi ici que les paramètres relatifs à cet objet peuvent être inspectés et modifiés à la main, si nécessaire.

Enfin, le haut de l'écran est rempli de barres d'outils qui contiennent les différents outils et autres options. Ici se trouve la spécificité de l'interface

utilisateur de FreeCAD. La visualisation des barres d'outils est contrôlée par un système d' « Ateliers ». Dans chaque atelier, avec des titres comme « Drawing » (dessin), « Draft » (esquisse), « Part » (pièce) ou « Arch » (architecture), des barres d'outils spécifiques sont activées. Le paradigme est similaire à l'atelier physique d'un fabricant. Dans la plupart des ateliers, différentes zones sont disposées le long des murs. Chaque poste disposera à proximité d'un jeu d'outils, regroupé en fonction du type de travail qui est effectué dans cette zone, de façon à minimiser les mouvements. Un projet (physique) peut ensuite être transféré vers un atelier dédié à la soudure ou un autre spécialisé dans les instruments électroniques, en fonction du besoin.

D'une manière similaire, l'utilisateur de FreeCAD activera l'un ou l'autre des ateliers dans l'interface utilisateur suivant l'évolution du projet, d'une étape à l'autre. Sur chaque poste, seules les barres d'outils avec les outils les plus pertinents sont vues à un moment donné, réduisant ainsi la pollution visuelle à l'écran. Cependant, il peut être noté que tous les outils de FreeCAD sont accessibles par le menu, même s'ils ne sont pas mis en avant par l'atelier actif.

Il peut aussi être noté que les fenêtres et les barres d'outils sont totalement flottantes, et peuvent être retaillées aux besoins spécifiques de l'utilisateur (et à l'espace disponible à l'écran), ce qui est assez proche de la façon dont fonctionnent beaucoup d'applications de traitement de texte

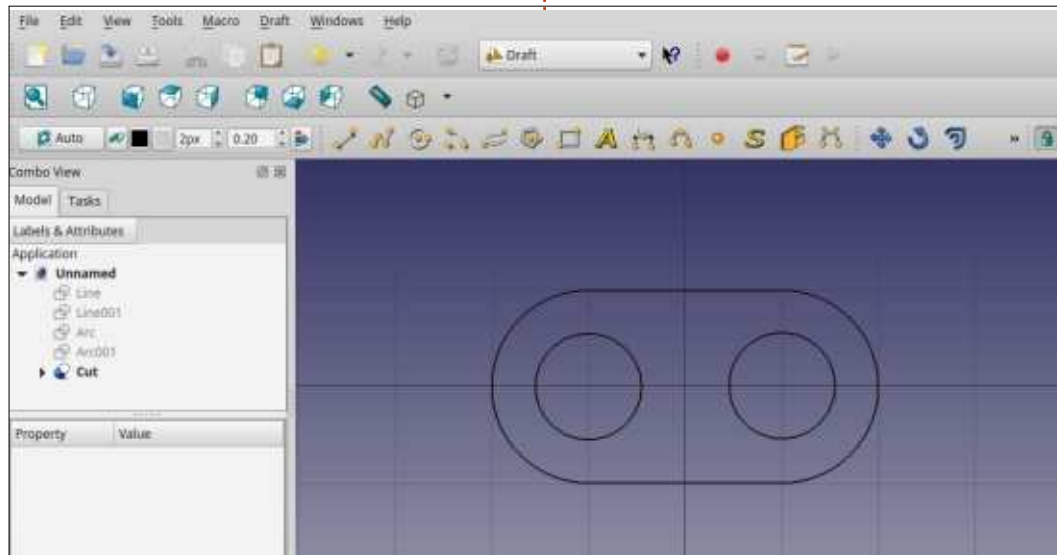
modernes. Cependant, comme beaucoup d'options différentes sont disponibles, il est préférable pour les débutants de laisser les outils et les barres dans leurs positions par défaut, au moins pendant le temps nécessaire à un début de familiarisation avec l'application.

ET ENSUITE ?

Dans ce premier article sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons parcouru les bases d'un choix et l'installation d'une application de CAO pour Ubuntu ou GNU/Linux, et passé en revue quelques points marquants de l'interface utilisateur de FreeCAD. Dans la prochaine partie, nous créerons un simple objet plan pour illustrer l'utilisation des principaux espaces de travail, du dessin et des outils d'extrusion. La Géométrie de Construction des Solides sera aussi présentée, pour percer des trous dans une innocente pièce de matériau brut.



Détenteur d'un doctorat au sujet de la société de l'information et du savoir, **Alan** enseigne l'informatique à l'Escola Andorrana de Batxillerat, un lycée. Il a donné des cours de GNU/Linux à l'Université d'Andorre et, auparavant, avait enseigné l'administration des systèmes GNU/Linux à l'Université ouverte de Catalogne (UOC).

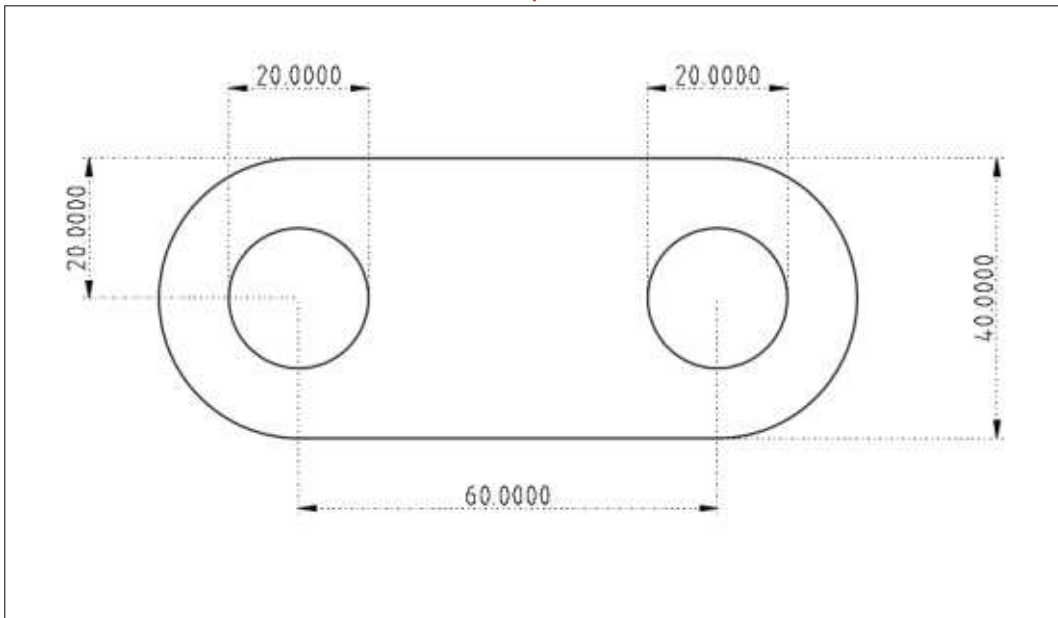




Dans cette série, nous examinerons le monde de FreeCAD, une application Open Source de modélisation par CAO qui est encore en bêta, mais qui a reçu un bon accueil ces dernières années. Naturellement, elle est déjà disponible dans les dépôts d'Ubuntu. Dans le premier article sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons passé en revue les bases du choix d'installation d'une application de CAO pour Ubuntu ou GNU/Linux, et analysé quelques points marquants de l'interface utilisateur de FreeCAD.

Dans ce numéro, nous créerons un simple objet plan pour illustrer l'utili-

sation des principaux espaces de travail, et des outils de dessin et d'extrusion. La Géométrie constructive des solides sera aussi présentée, pour percer des trous dans une innocente pièce de métal ordinaire. Voici une esquisse rapide de notre nouvel objet : en gros, ce sera une pièce plate de métal, d'une épaisseur de 2 mm, avec une forme extérieure faite de lignes droites et d'arcs, et à l'intérieur de laquelle deux pièces circulaires seront enlevées. Comme l'auteur est européen, toutes les dimensions seront en millimètres, bien que le lecteur puisse facilement les convertir dans les unités de son choix.

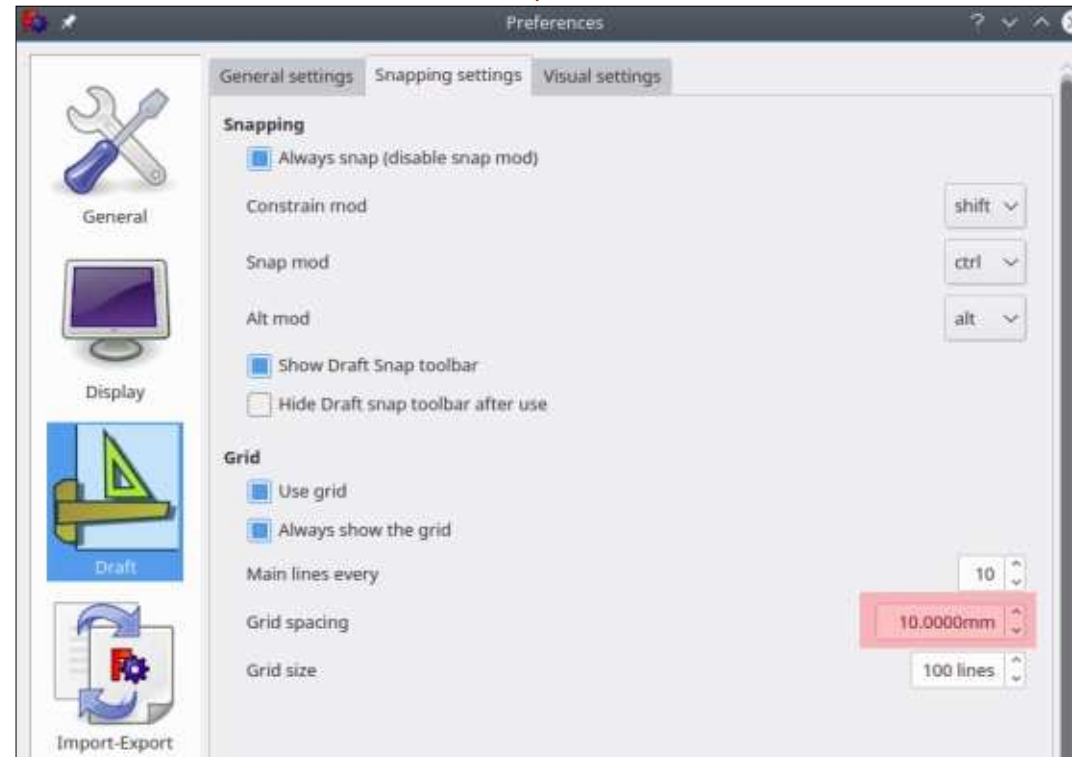


UTILISATION DE L'ATELIER DE DESSIN

Une fois FreeCAD lancé, pour commencer un nouveau projet, nous pouvons aller à l'option de menu Fichier > Nouveau. Ou, nous pouvons choisir l'outil approprié dans la barre par défaut (l'icône la plus à gauche), ou même utiliser le raccourci clavier Ctrl+N.

Comme présenté dans l'article précédent, l'interface utilisateur de Free-

CAD a une série d'ateliers, chacun avec sa sélection spécifique de barres d'outils. Au commencement d'un nouveau projet, un des plus utiles est « Draft » (Ébauche). Comme son nom le suggère, la barre d'outils prédéfinie pour cet atelier contient les outils les plus utilisés habituellement pour dessiner rapidement les principales caractéristiques de l'objet, qui pourra ensuite être affiné avec les outils des autres ateliers.

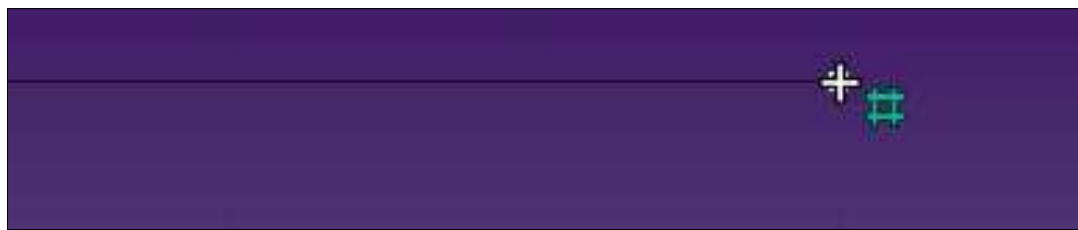


Une fois dans le mode Draft, plusieurs éléments d'interface peuvent être paramétrés pour faciliter le travail sur notre objet. En premier lieu, l'atelier nous montre par défaut un motif en grille paramétré dans le plan X-Y, que nous regardons du dessus (vers le bas, suivant l'axe Z). La grille a des lignes définies, avec un espacement d'un millimètre, qui peut être un peu trop fin pour notre pièce. Aussi, la première chose à faire pourrait être d'afficher l'option de menu Édition > Préférences. Là, nous pouvons configurer l'atelier Draft à nos besoins particuliers. Une des sections de l'option, « Paramètres d'accroche », nous permet de spécifier l'espacement de la grille. Je le règle à 10 millimètres, ce qui facilitera notre compréhension des dimensions de chaque élément de notre dessin.

Nous pouvons maintenant régler le facteur d'agrandissement (par exemple

avec la molette de la souris ou en glissant verticalement avec deux doigts sur le pavé tactile d'un portable), de façon à voir au moins quatre divisions verticales de la grille, soit 40 mm - notez l'affichage des dimensions, visible en bas à droite de la fenêtre (page précédente, en bas à droite)

Comme pour les barres d'outils, pour une raison quelconque, la barre en lien avec l'aimantation des points sur la grille est en général masquée. L'aimantation, c'est-à-dire laisser à l'interface utilisateur le soin de guider le point indiqué par la souris, est l'une des fonctionnalités les plus puissantes partagées par de nombreux programmes de CAO. Dans cette barre d'outils, nous pouvons configurer les options d'aimantation pour nous aider à dessiner facilement des croquis clairs avec les éléments d'objets alignés précisément. Comme avec toutes les barres d'outils de FreeCAD, nous pou-



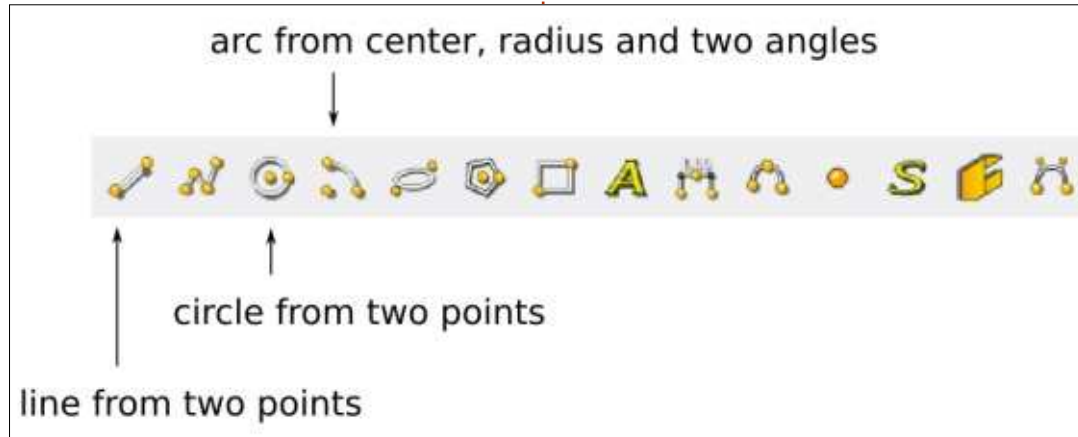
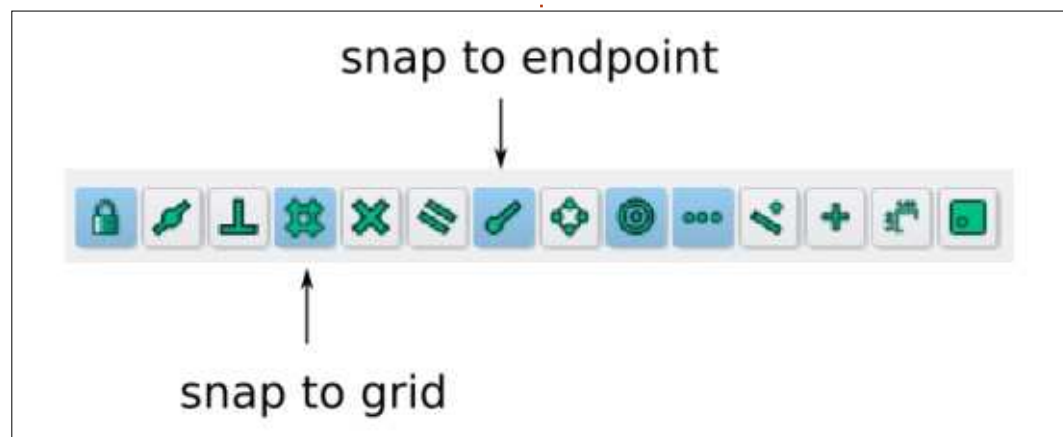
vons bouger la barre d'aimantation à un endroit où nous pouvons mieux examiner son contenu.

C'est un choix personnel, mais j'ai tendance à activer les options d'aimantation à la grille, ce qui, dans notre cas, assurera que les extrémités de nos lignes seront placées sur des coordonnées en multiples entiers de 10 mm. J'ai aussi tendance à activer l'aimantation aux extrémités, qui aide à dessiner le dernier élément d'un tracé fermé à segments multiples.

En ce qui concerne les outils de dessin, ils sont groupés dans une autre barre. FreeCAD montre vraiment une cohérence appréciable avec les

icônes des barres d'outils ; ainsi, alors que les icônes de la précédente barre (aimantation) sont toutes dans des teintes de vert, les outils de dessin sont présentés avec des icônes en jaune et noir. Dans ce projet, nous utiliserons l'outil pour dessiner une ligne droite de deux points, l'outil pour tracer un cercle entier à partir de son centre et d'un point et l'outil pour dessiner un arc circulaire.

Commençons (ci-dessus) par dessiner la ligne du haut de notre forme, entre les coordonnées (-30, 20) et (30, 20). Comme nous avons activé l'aimantation à la grille, nous verrons l'icône de la souris changer pour montrer une icône de grille verte s'il détecte



une intersection proche et qu'il pense que nous souhaitons placer le point à cet endroit.

Puis, nous pouvons tracer le segment du bas, entre les coordonnées (-30, -20) et (30, -20). Une fois que les deux lignes horizontales sont faites, passons à l'outil de dessin d'arc. Pour dessiner l'arc circulaire fermant le côté droit de notre pièce, sélectionnons d'abord le centre de l'arc au point (30,0). Puis cliquons sur la fin de la ligne horizontale supérieure au point (30, 20), une fois pour indiquer le rayon de notre arc et une seconde fois pour indiquer le point où nous commençons notre arc. Enfin, cliquez à l'extrémité de la ligne horizontale du bas en (30, -20) pour indiquer le point final de notre arc. Quand nous cli-

quons sur l'extrémité des lignes horizontales, notre pointeur de souris se transforme en icône verte pour nous montrer que FreeCAD a détecté une ligne précédente et place un nouveau point à ces coordonnées exactes. Le dessin, à ce moment, doit ressembler à la capture suivante.

Nous pouvons maintenant réaliser le tracé de l'arc de l'autre côté de la pièce, pour fermer la forme extérieure de la pièce. Avec l'outil pour tracer des cercles, nous pouvons placer les deux cercles aux points (-30, 0) et (30, 0) avec un rayon de 10 mm.

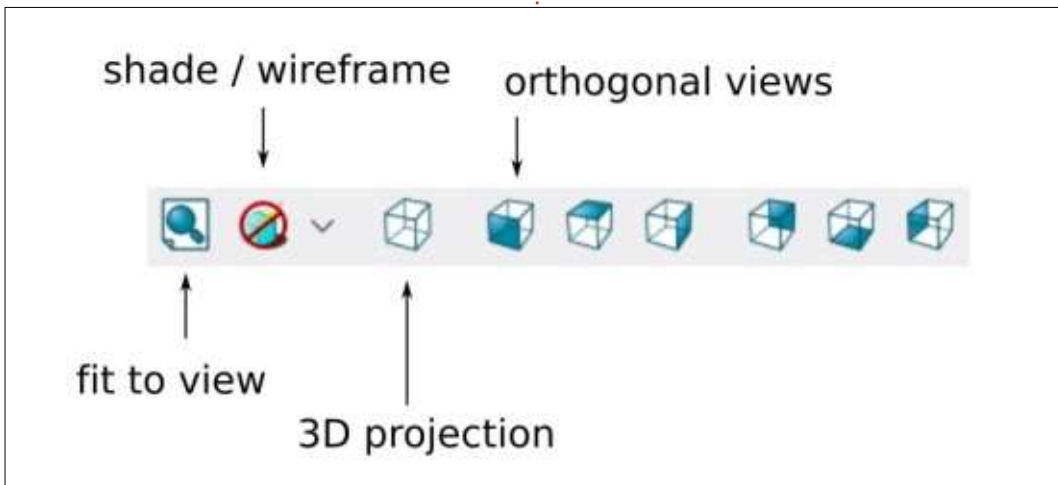
Un dernier point : la forme extérieure de notre pièce est, pour le moment, un ensemble de quatre segments différents, deux objets Lignes



et deux objets Arcs. Ceci se voit clairement dans la fenêtre « Vue combinée » dans la partie gauche de l'écran. Pour continuer, nous aurons besoin de convertir cet objet en un objet 3D et, pour cette raison, nous devons convertir le paquet des quatre segments en un seul chemin. Ceci est fait avec l'outil « Joindre les objets » dans la barre de modification. Sélectionnez les quatre objets, soit dans la vue combinée, soit sur le dessin lui-même - maintenez la touche Ctrl appuyée pour une sélection de plusieurs objets - et utilisez cet outil. Dans la vue combinée, nous verrons disparaître les quatre objets, remplacés par un seul objet Wire (fil).

DANS L'ATELIER PART

Une fois la partie plane de notre pièce réalisée - en substance, une projection horizontale de la pièce finie - nous changeons d'atelier et choisissons « Part » (Pièce). C'est ici que nous donnerons à la pièce sa touche 3D. Pour commencer, utilisons la barre de visualisation pour passer à une vue 3D en projection, et voir la pièce dans sa forme actuelle comme un dessin plat contenu dans le plan X-Y. En fonction du facteur de zoom courant, il peut être utile de choisir le bouton « Afficher l'ensemble du contenu à l'écran » pour voir toute la pièce bien centrée dans la fenêtre.



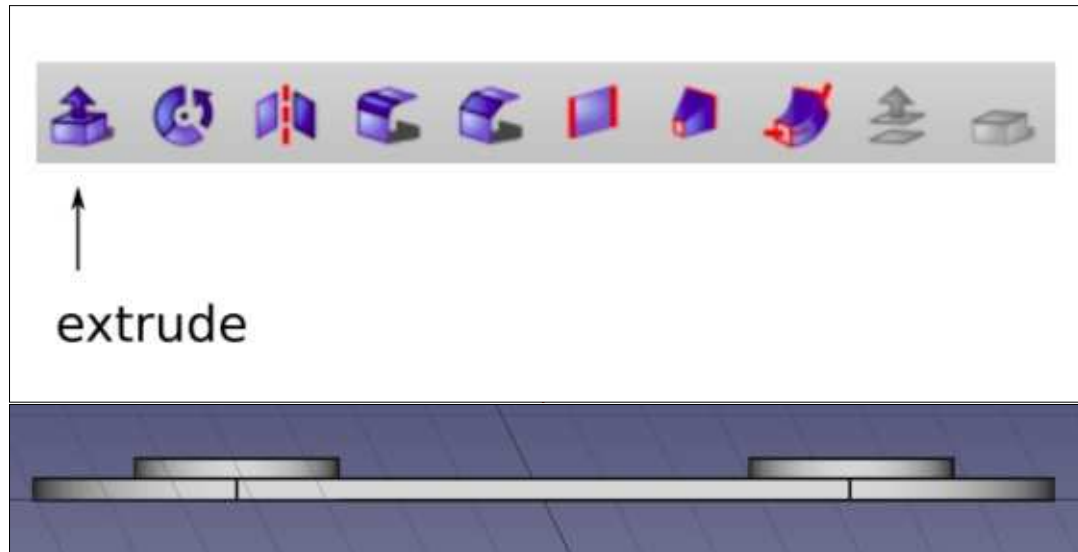
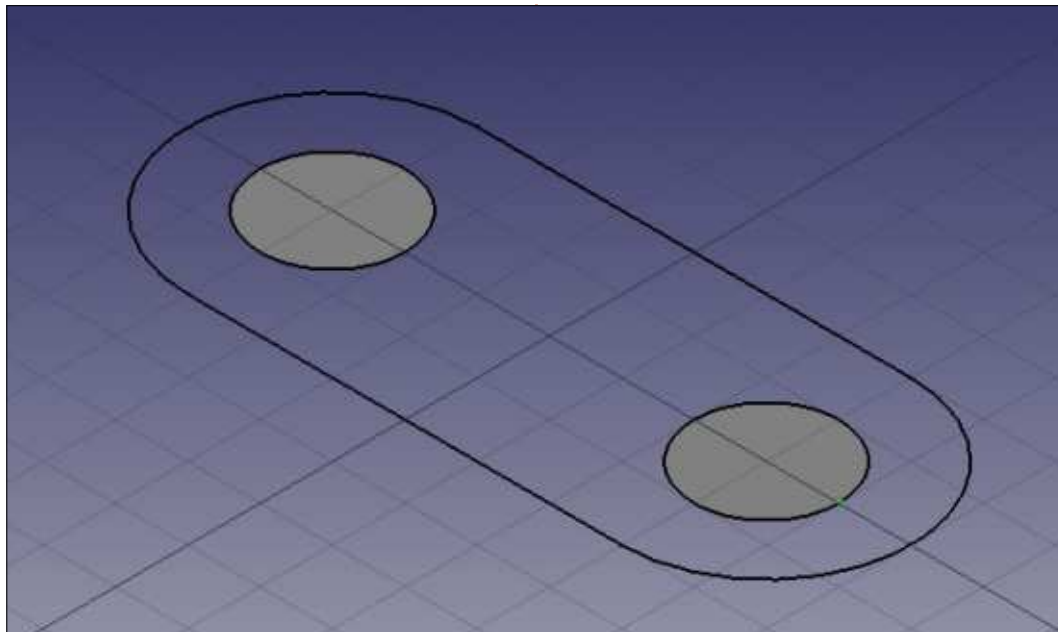
Ci-dessous, voici ce que nous devrions voir en ce moment : le Wire extérieur et les deux Circles (cercles) intérieurs.

Une des deux barres d'outils qui s'affichent par défaut dans l'atelier Part contient les outils pour transformer les objets plats en volumes. Commençons par choisir un des deux cercles, puis utilisons l'outil « Extrusion ».

Comme le cercle est contenu dans un plan X-Y, l'extrusion se fait dans l'axe Z. Incrémentez la longueur d'extrusion à 4 mm ; ainsi, la pièce finale sera un cylindre de 4 mm de longueur. Assurez-vous aussi que l'option « Créer un solide » est activée, car,

autrement, seules les parois du cylindre seront créées.

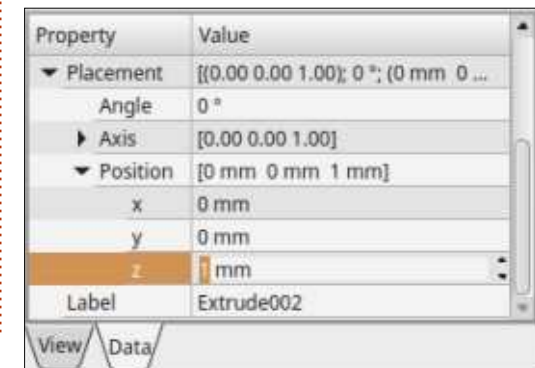
Maintenant, faites de même avec l'autre cercle, en le convertissant aussi



en un cylindre de 4 mm de haut. Enfin, faisons une extrusion dans la pièce Wire, mais cette fois de 2 mm seulement.

À la fin de ce processus, si nous choisissons une vue orthogonale latérale dans la barre de visualisation, nous devrions voir que les deux cylindres dépassent de la pièce principale. Cependant, toutes leurs bases sont sur le même plan. Ça ne nous convient pas, car la prochaine opération sera de soustraire les cylindres de la pièce principale, créant ainsi deux trous. Si nous laissons les choses en l'état, il pourrait y avoir une confusion dans les faces inférieures de chaque trou. Il est préférable de s'assurer que les cylindres dépassent des deux côtés de la pièce principale.

Pour ce faire, nous allons simplement déplacer la pièce principale d'un millimètre vers le haut. Ceci est fait en cliquant sur la pièce dans la « Vue combinée », où elle est probablement étiquetée « Extrude002 » ou quelque chose de voisin. Cliquez ensuite sur l'onglet marqué « Données » en bas de la Vue combinée, déployez l'option Placement, puis Position, et augmentez la valeur de « z » de 0 à 1 mm.



Dans le même temps, on devrait voir la pièce principale monter dans la vue principale, nous donnant ce résultat :



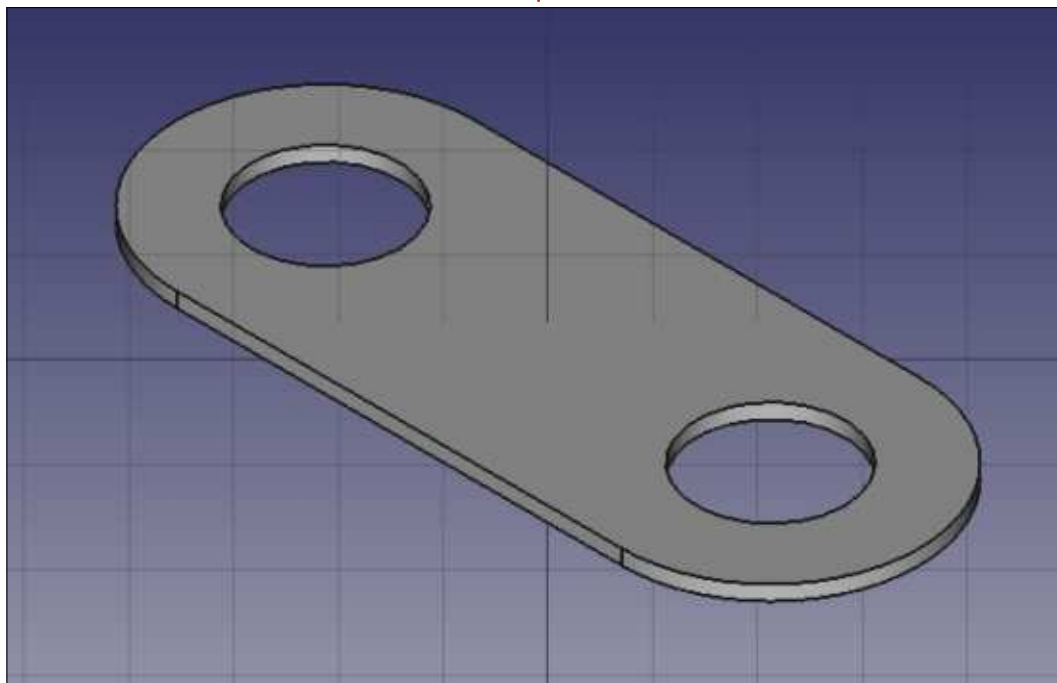
Enfin, nous pouvons faire les trous dans la pièce principale. Pour ce faire, commencez par sélectionner les deux cylindres dans la Vue combinée, puis choisissez l'option du menu Pièce > Opération booléenne > Union. Ceci devrait faire disparaître les deux cylindres de la Vue combinée, remplacés par un seul objet Fusion. Dans la vue combinée, choisissez d'abord la pièce principale Extrude002, puis (en appuyant sur la touche Ctrl) choisissez aussi Fusion. Ensuite, choisissez Pièce > Opération booléenne > Couper. Voilà ! Nous avons percé les deux trous dans la pièce principale.

Dans la dernière opération, l'ordre de choix, d'abord la pièce principale puis la fusion des deux cylindres, est important. Si vous procédez à l'inverse, FreeCAD essaiera de découper la pièce principale autour des deux cylindres, vous donnant quatre cylindres très fins - vraiment pas ce que nous attendons !

ET ENSUITE ?

Dans cet article sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons créé un simple

objet plan pour illustrer l'utilisation des espaces de travail principaux (Draft et Part), les outils de dessin et l'extrusion. La Géométrie constructive des solides a été utilisée pour unir les deux cylindres et l'objet Fusion résultant a été utilisé pour percer deux trous dans la pièce principale, créant l'objet



final. Dans la prochaine partie de notre série, nous approfondirons l'utilisation des outils pour créer un objet 3D plus complexe, représentant une jonction suivant Y de deux tuyaux de diamètres différents.



Détenteur d'un doctorat au sujet de la société de l'information et du savoir, **Alan** enseigne l'informatique à l'Escola Andorrana de Batxillerat, un lycée. Il a donné des cours de GNU/Linux à l'Université d'Andorre et, auparavant, avait enseigné l'administration des systèmes GNU/Linux à l'Université ouverte de Catalogne (UOC).



Dans cette série, nous examinons le monde de FreeCAD, une application Open Source de modélisation par CAO qui est encore en bêta, mais qui a reçu un bon accueil ces dernières années. Naturellement, elle est déjà disponible dans les dépôts d'Ubuntu. Dans le second article sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons créé un simple objet plan pour illustrer l'utilisation des ateliers principaux (Draft et Part), les outils de dessin et l'extrusion.

Dans cet article, nous allons utiliser d'autres outils pour créer un objet 3D plus complexe, représentant une

jonction Y entre 2 tubes de diamètres différents. Le projet est vraiment très complexe du point de vue d'un dessin technique, car, à un moment, nous représenterons l'intersection de deux surfaces courbes, ce qui fait toujours des formes intéressantes comme tout soudeur de tuyau peut en témoigner.

TOURNER UN TUYAU

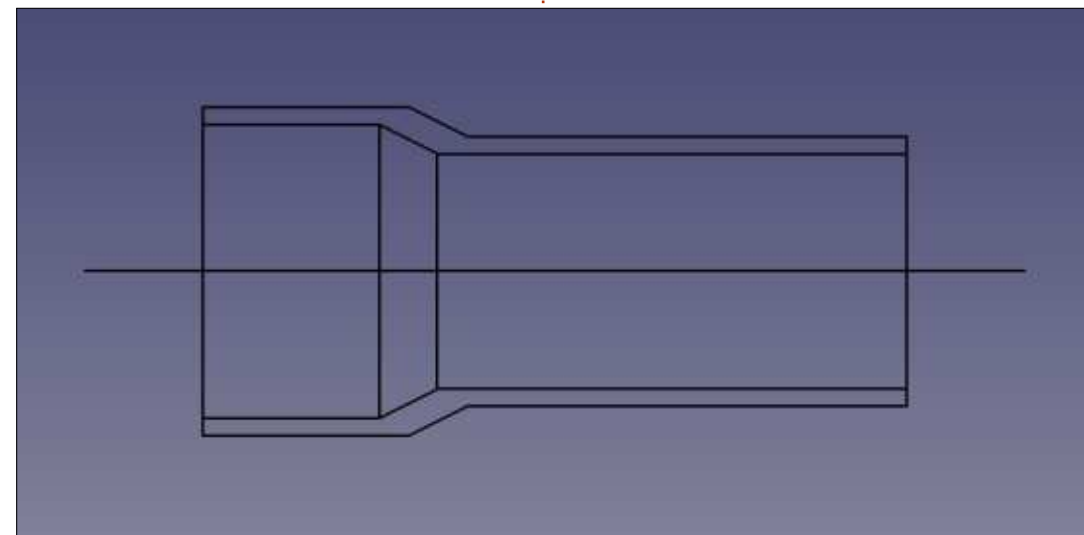
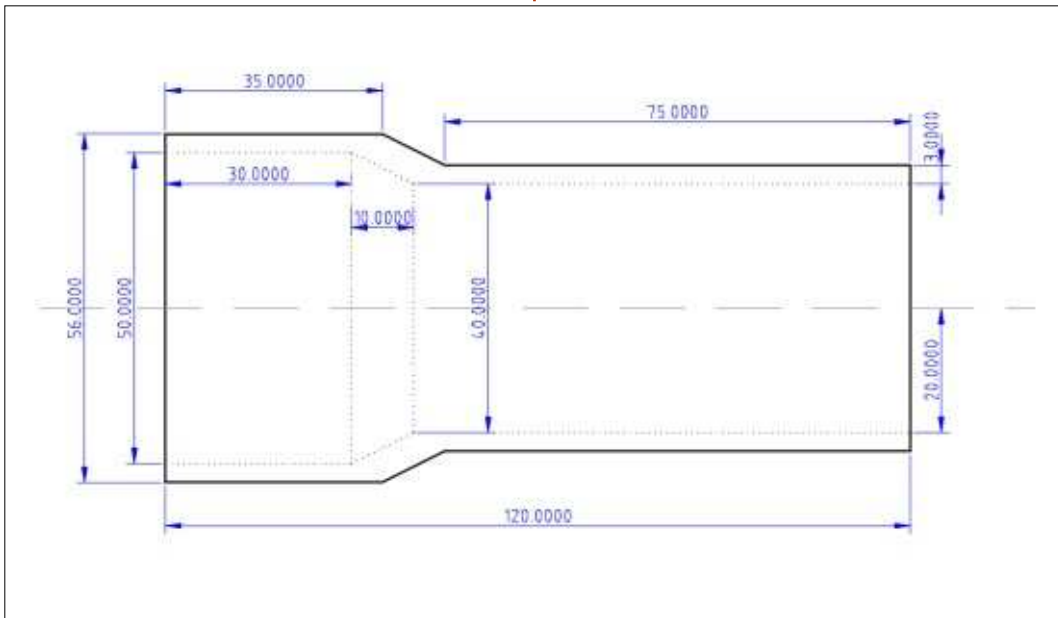
Commençons avec la section de tuyau à paroi mince présenté ici. Toutes les dimensions sont en millimètres. Dans cet exemple, la longueur totale est de 120 mm, avec une section initiale

évasée longue de 30 mm à l'intérieur et de 35 mm à l'extérieur. La paroi est épaisse de 3 mm sur presque toute la longueur, avec une section un peu plus épaisse quand la partie évasée rejoint le tube principal. Ceci est réalisé par une pente de 1:2 à l'intérieur comme à l'extérieur. Enfin, le tube principal a un diamètre intérieur de 40 mm, tandis que la partie évasée a un diamètre intérieur de 50 mm.

Ce qui est particulièrement intéressant avec cette pièce, c'est son axe de rotation qui est indiqué par un trait gris pointillé : si nous prenons le bord extérieur de notre objet et que nous le faisons tourner autour de cet axe, nous créerons la surface exté-

rieure de notre objet solide en 3D. De même, le bord intérieur de la paroi (en lignes pointillées) peut aussi tourner autour du même axe, nous donnant la surface intérieure de notre objet 3D. En substance, nous utiliserons un outil similaire à celui de l'extrusion utilisé dans le dernier article de la série, mais en tournant en cercle au lieu de se déplacer en ligne droite.

Pour concevoir cette pièce, nous pourrions commencer avec l'atelier Draft de FreeCAD et dessiner chaque section de ligne nécessaire pour arriver à une section de la paroi du tube. Cependant, je commencerai en fait avec LibreCAD. Comme présenté précédemment, l'application LibreCAD est bien



armée pour dessiner des objets en deux dimensions, raison pour laquelle FreeCAD a été préféré comme outil de base de cette série. Cependant, LibreCAD a une option pour exporter des dessins dans le format de fichier DXF très utilisé (AutoCAD), lequel peut être importé dans FreeCAD et utilisé comme base de travail. Comme les lignes sont déjà correctement positionnées, il peut être avantageux d'utiliser ce schéma pour initialiser notre objet FreeCAD.

Dans FreeCAD, commencez par démarrer un nouveau projet. Maintenant, choisissez l'option de menu Fichier > Importer.

Maintenant, nous avons besoin de plusieurs éléments supplémentaires pour la paroi du tube. L'axe doit être retiré, tout comme les lignes (précédemment pointillées) indiquant les bords circulaires. La partie basse de la section du tube sera aussi effacée, ne laissant que la partie haute du tube,

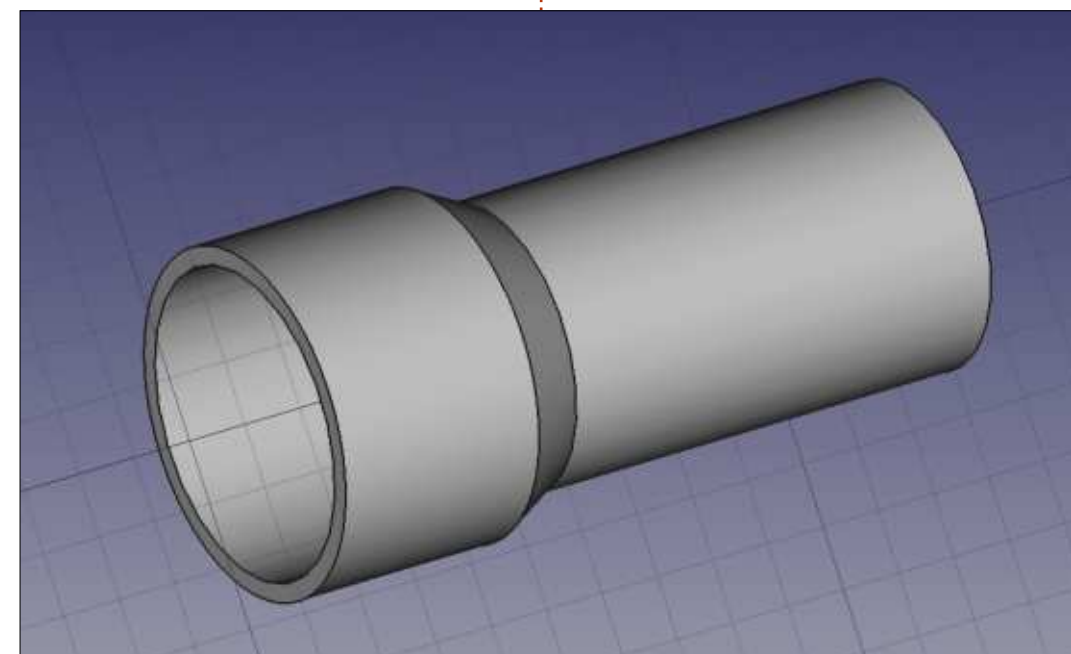
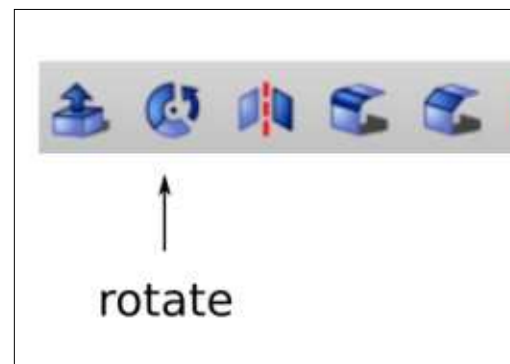
prête à subir une rotation. Dans l'atelier Draft, examinez la vue combinée à votre gauche et vous verrez chaque ligne individuelle issue du fichier DXF, qui peut être effacée, déplacée ou modifiée, suivant le besoin.

Quand nous serons satisfaits, comme précédemment, nous devons combiner la collection de Lignes en un seul objet Wire avec l'outil « Joindre les objets » de la barre de modification (dont l'icône est la flèche bleue vers le haut). Sélectionnez tous les segments, soit dans la vue combinée, soit sur le dessin lui-même - en conti-



nant à appuyer sur la touche Ctrl pour sélectionner plusieurs objets - et utilisez l'outil Joindre. Dans la vue combinée, nous verrons les quatre segments disparaître, remplacés par un seul objet Wire.

Pour créer le vrai tube 3D, déplacez-vous dans l'atelier Part ; maintenant, choisissez l'outil « Révolution



ner une forme » dans la barre d'outils 3D.

Assurez-vous de sélectionner l'axe X pour tourner autour, car l'objet tube est symétrique par rapport à l'axe horizontal. De même, activez la case « Créer solide ». Ceci nous permettra d'utiliser ensuite cette pièce comme un objet complet et de faire des trous dedans pour permettre le branchement du morceau de tube latéral.

AJOUTER UN MORCEAU DE TUBE LATÉRAL À UNE JONCTION EN Y

Nous allons maintenant ajouter une petite pièce de tube, d'un diamètre intérieur de 20 mm, et de 26 mm à

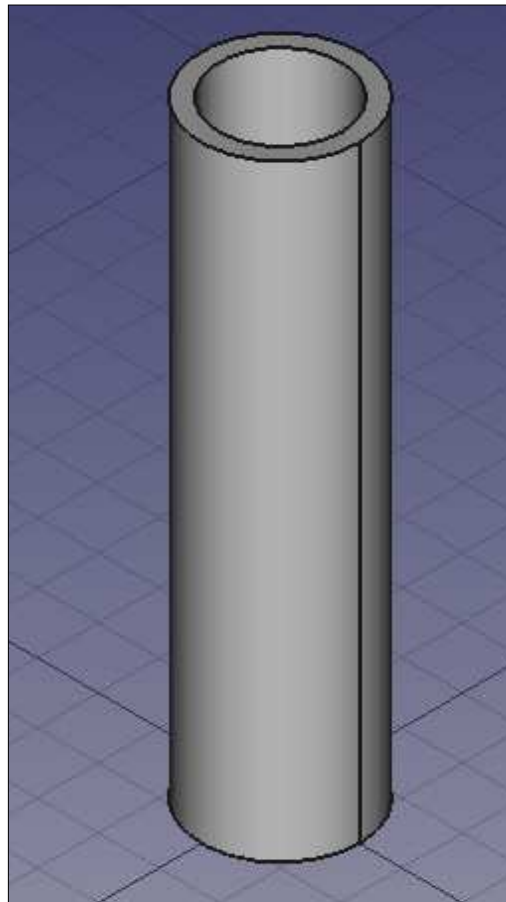
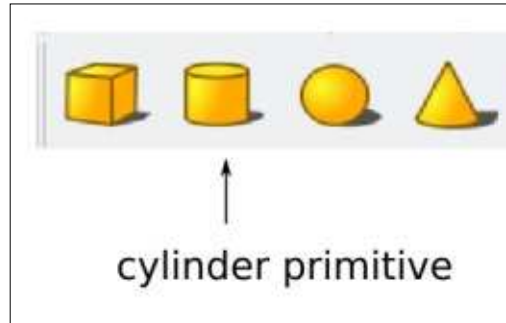
l'extérieur, attaquant le tube existant avec un angle de 45° . L'axe du nouveau tube coupera notre axe existant à 100 mm de longueur.

Il y a plusieurs façons de créer la nouvelle pièce. Nous pouvons faire comme précédemment, en dessinant la forme avec l'outil Lignes, puis en faisant tourner la pièce pour créer un solide de révolution en 3D. Ceci peut être créé dans l'alignement d'un des axes standard, par exemple l'axe Y, puis déplacé dans la position demandée. Cependant, comme la forme de la nouvelle pièce de tube est plutôt simple, il est peut-être plus facile d'utiliser une des formes de primitives pré-existantes pour le construire.

Commençons par cacher le tube existant. Ceci est fait en allant dans la vue combinée à gauche, en sélectionnant l'objet Revolve et en appuyant sur la barre d'espace du clavier. Cela ne supprime pas le tube du projet mais le rend simplement invisible - rendant ainsi meilleure la visualisation du petit tube à construire.

Maintenant, en utilisant la barre d'outils Primitives visible dans l'atelier Part, créons deux cylindres. Pour le moment, ils vont apparaître à la même

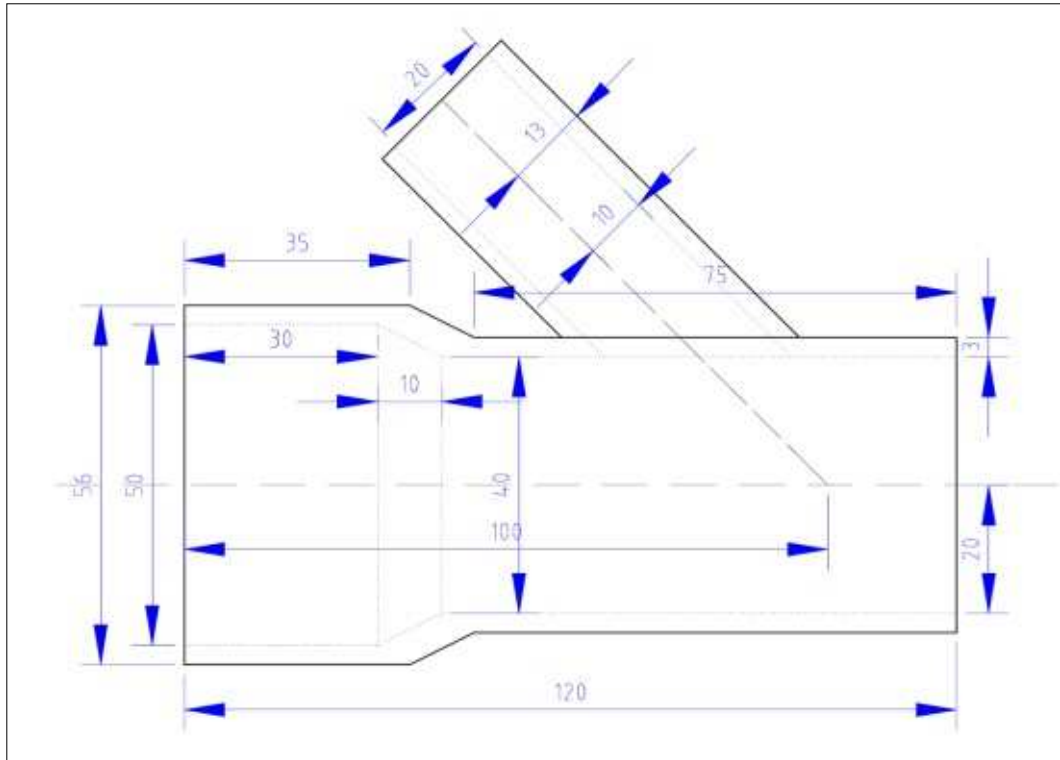
place, comme « Cylindre » et « Cylindre001 ». Les caractéristiques par défaut sont un rayon de 2 mm et une hauteur de 10 mm.



Puis, en utilisant la vue combinée à gauche, choisissons le premier cylindre et allons dans la partie basse marquée « Données ». Ici, changez le rayon pour 13 mm et la hauteur pour 100 mm. Ce sera la partie solide de notre nouveau tube.

Choisissez le second cylindre et faites de même, en lui attribuant un rayon de 10 mm et une hauteur de 104 mm. Ce sera la forme que nous découperons dans le premier cylindre, pour le rendre creux. Cependant, comme pour la pièce créée dans l'article précédent de la série, les deux cylindres ont la même coordonnée z à un bout. Cela signifie que FreeCAD aura du mal à calculer exactement où la découpe se termine. Pour clarifier les choses, déplaçons le second cylindre de 2 mm vers le bas, le faisant légèrement dépasser à chaque extrémité du premier cylindre. Ceci est fait en éditant Placement > Position > z dans le même onglet et lui donnant une valeur négative de -2 mm.

Nous utiliserons maintenant le second cylindre pour percer le premier. Dans la vue combinée, choisissez séquentiellement, d'abord le premier cylindre, puis, en tenant la touche Ctrl appuyée, le second objet. Ensuite, choisissez l'option de menu Pièce > Opération booléenne > Soustraction et



les deux cylindres seront combinés en un seul tube creux par l'utilisation de la Géométrie Constructive des Solides (CSG).

Nous sommes prêts à assembler les deux pièces. De retour dans la vue combinée, choisissez l'objet de révolution - le tube principal - et appuyez sur la barre d'espace. Les deux objets sont visibles en même temps, en agrandissant un peu. Cependant, le

nouvel objet Cut est encore vertical et il a besoin d'être incliné à 45°, tandis que l'objet de révolution, plus gros, a été placé à quelque distance de l'origine des coordonnées du système pour une raison quelconque, peut-être en lien avec l'utilisation du fichier DXF pour importer la forme de base.

Pour incliner l'objet Cut, allez sur la vue combinée, sélectionnez l'objet,

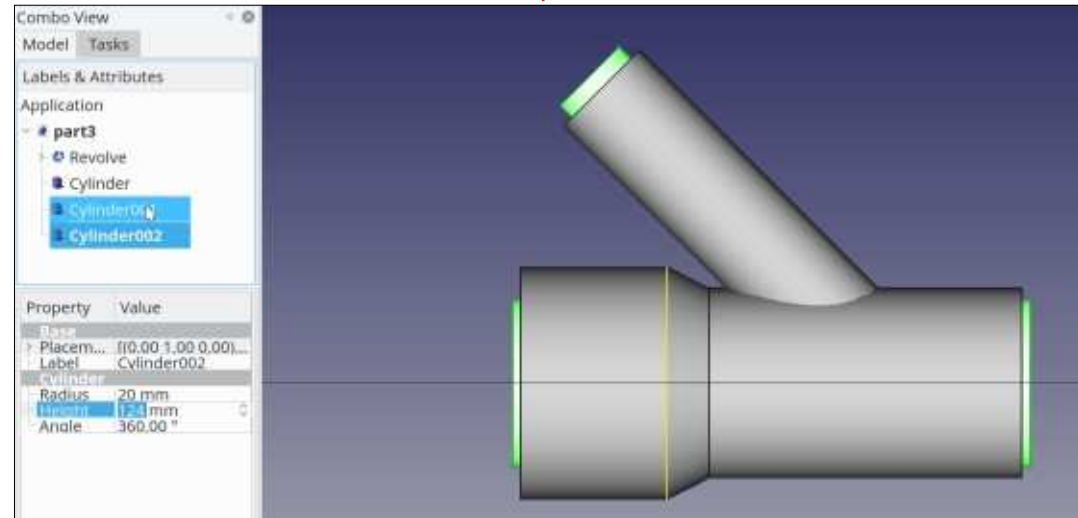
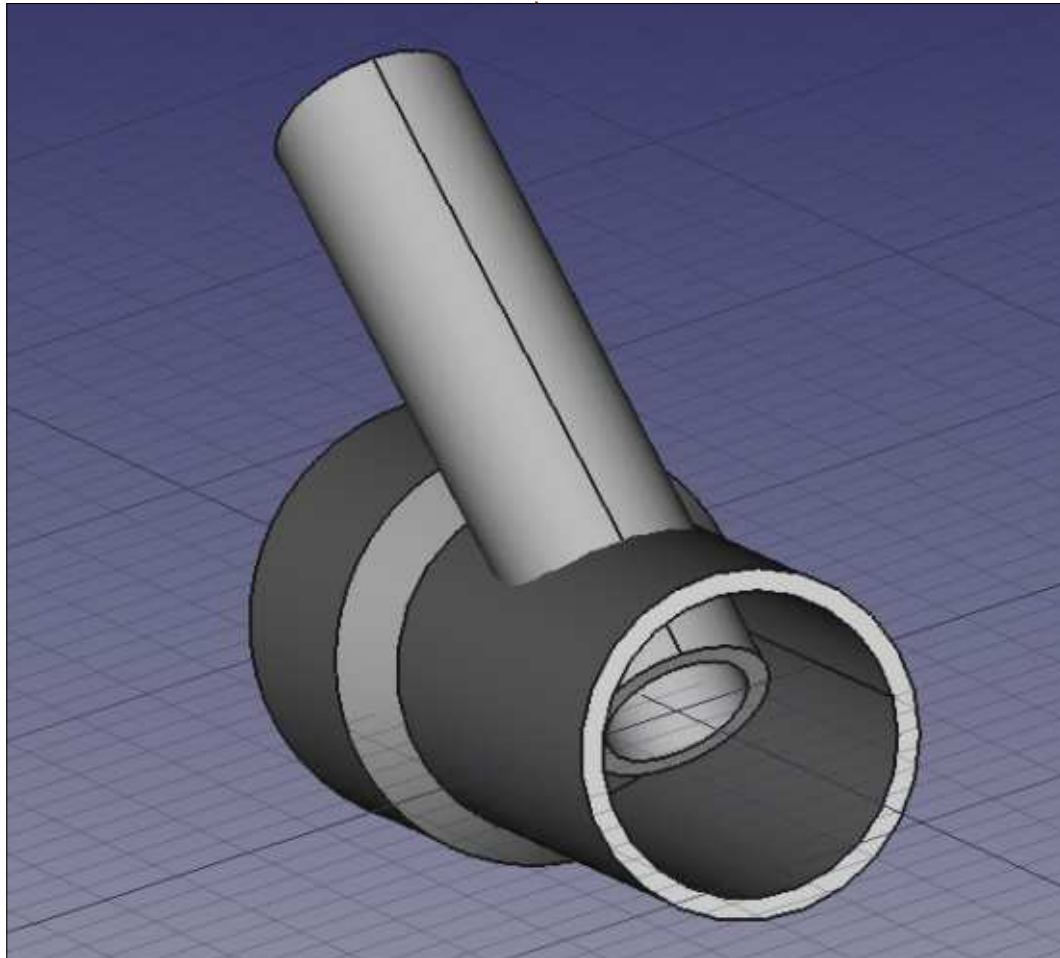
choisissez l'onglet Données comme précédemment et déroulez Placement. Nous devons changer les valeurs Axis (axe) pour [0.00, 1.00, 0.00], car nous devons tourner autour de l'axe Y, et puis changer l'angle pour -45 degrés afin que l'objet bascule vers l'arrière sur notre gauche.

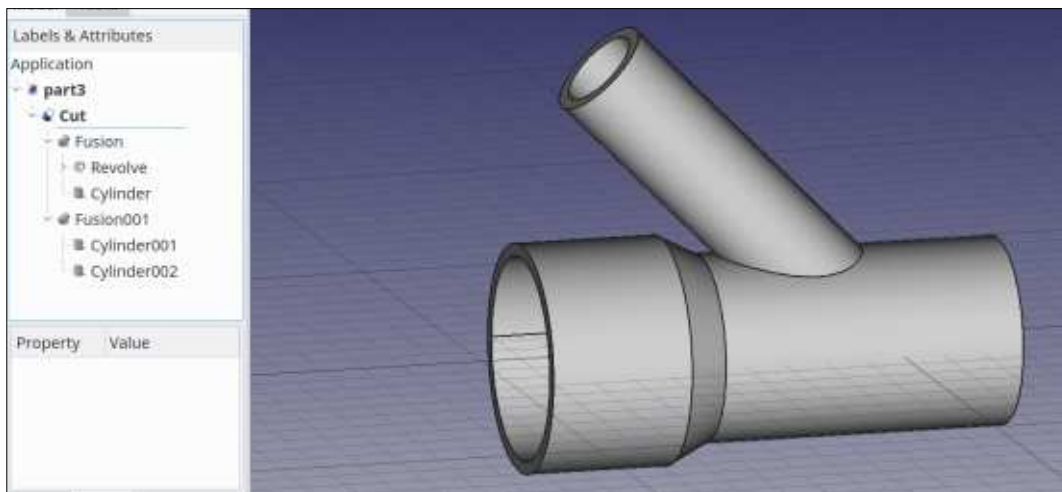
Maintenant, sélectionnez l'objet Revolve et modifiez la valeur par Placement > Position > x jusqu'à ce que les deux pièces soient assemblées dans leur position correcte. J'ai dû spécifier -200 mm pour que ça arrive.

Cependant, nous avons encore deux problèmes. Le petit tuyau traverse la paroi du tube principal, mais il ne perce pas encore de trou dans celle-ci. D'autre part, il y a un morceau du petit tuyau dans le grand qui doit aussi être supprimé.

Pour le premier point, la façon la plus facile est d'annuler simplement l'opération soustraction en cliquant sur l'objet Cut dans la vue combinée et en l'effaçant. Vous devriez alors avoir trois objets dans votre projet : l'objet Revolve qui représente le gros tube, Cylindre, la forme extérieure du petit tube, et Cylindre001, la forme intérieure du découpage. Les deux objets Cylindre devront à nouveau être tournés de -45 degrés autour de l'axe Y, car la rotation avait été appliquée précédemment à l'objet combiné Cut que nous avons effacé.

Maintenant, ajoutez un troisième objet Cylindre, appelé Cylindre002, pour représenter l'intérieur du gros tube. Il devrait avoir un rayon de 20 mm, 124 mm de hauteur, être tourné de +90 degrés sur l'axe y - Axis [0.00, 1.00, 0.00] - et ensuite décalé sur la





gauche en modifiant la valeur dans Position > x pour -92 mm.

Enfin, nous pouvons joindre les deux objets externes, Revolve et Cylindre, dans un objet Fusion unique : choisissez Revolve, puis, en appuyant sur la touche Ctrl, Cylindre, et finissez avec l'option de menu Pièce > Opération booléenne > Fusion. Ceci devrait créer un objet appelé « Fusion ». Maintenant, faites de même avec Cylindre001 et Cylindre002, pour créer « Fusion001 ». Arrivé à ce point, vous ne devriez voir que deux objets Fusion, l'un représentant le matériau que nous avons ajouté au projet et le second représentant la découpe ou l'élément que nous soustrairons. Maintenant, sélectionnez ces deux objets dans l'ordre : Fusion puis Fusion001 et choisissez Pièce > Opération booléenne > Soustraction. Nous devrions

découvrir terminé notre tube de jonction en Y final. Nous pouvons noter la forme de l'union entre les deux tubes.

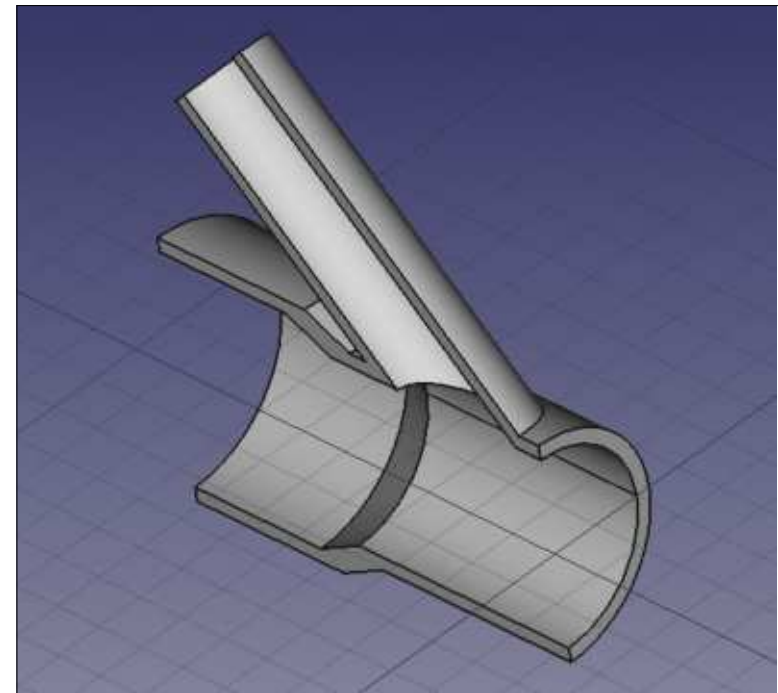
Cette technique de combinaison de tous les bouts de notre projet qui ajoutent du matériau en un objet Fusion unique, et de tous les évidements dans un autre avant de faire le découpage final, peut s'avérer utile lors de la conception de pièces avec des géométries CSG complexes. La succession générale des tâches est similaire à celle dans SketchUp, ce qui signifierait que le passage d'un programme à l'autre peut se faire sans peine.

Une fois terminé, notre objet peut être découpé au besoin pour examiner la géométrie intérieure et la section de chaque pièce, par exemple pour s'assurer qu'il y a assez de matière

pour supporter toute contrainte de structure ou de pression que la pièce finie pourrait rencontrer. Cet écorché est laissé au lecteur à titre d'exercice. Indication : essayez Pièce > Opération booléenne > Intersection avec un autre objet.

ET ENSUITE ?

Dans cet article sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons utilisé plusieurs techniques pour créer un objet 3D complexe, représentant une jonction en Y entre deux tubes de diamètres différents. L'outil Revolutionner a été utilisé pour créer la forme du tube en 3D, à partir d'une section plane représentant la paroi du tube. La primitive Cylindre a été utilisée pour créer la forme du petit tuyau attaché au gros tube, puis pour créer les évidements pour creuser les deux formes. Dans l'article suivant de cette série, nous étudierons l'utilisation des maquettes pour implémenter des contraintes sur le placement des segments.



Détenteur d'un doctorat au sujet de la société de l'information et du savoir, **Alan** enseigne l'informatique à l'Escola Andorana de Batxillerat, un lycée. Il a donné des cours de GNU/Linux à l'Université d'Andorre et, auparavant, avait enseigné l'administration des systèmes GNU/Linux à l'Université ouverte de Catalogne (UOC).



Dans cette série, nous examinons le monde de FreeCAD, une application Open Source de modélisation par CAO qui est encore en bêta, mais qui a reçu un bon accueil ces dernières années. Naturellement, elle est facilement disponible dans les dépôts d'Ubuntu. Dans le troisième article sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons créé un objet complexe en 3D représentant une jonction en Y de deux tuyaux de diamètres différents.

Dans ce numéro, nous reviendrons aux bases et examinerons comment des contraintes peuvent être utilisées pour dessiner des formes planes complexes, qui peuvent ensuite être utilisées comme bases pour créer des figures en 3D.

Les utilisateurs de logiciels traditionnels de CAO tels qu'AutoCAD ou LibreCAD sont bien habitués aux deux jeux de techniques qui aident à la création des formes complexes à partir de formes élémentaires indépendantes telles que des lignes et des arcs. Le premier jeu de techniques comporte les différentes façons par lesquelles une forme élémentaire peut être définie dans ces applications. Par exemple, un segment de ligne droite peut être défini

fini en indiquant les deux extrémités du segment. Mais il peut aussi être défini comme la tangente à un cercle en un certain point, avec une certaine longueur. Une autre possibilité est de définir le segment de ligne comme étant parallèle à un segment précédent de même longueur et décalé d'une certaine distance. Quant aux cercles, ils peuvent être définis par leur centre et leur rayon ou par trois points qui ne sont pas sur la même droite, et ainsi de suite.

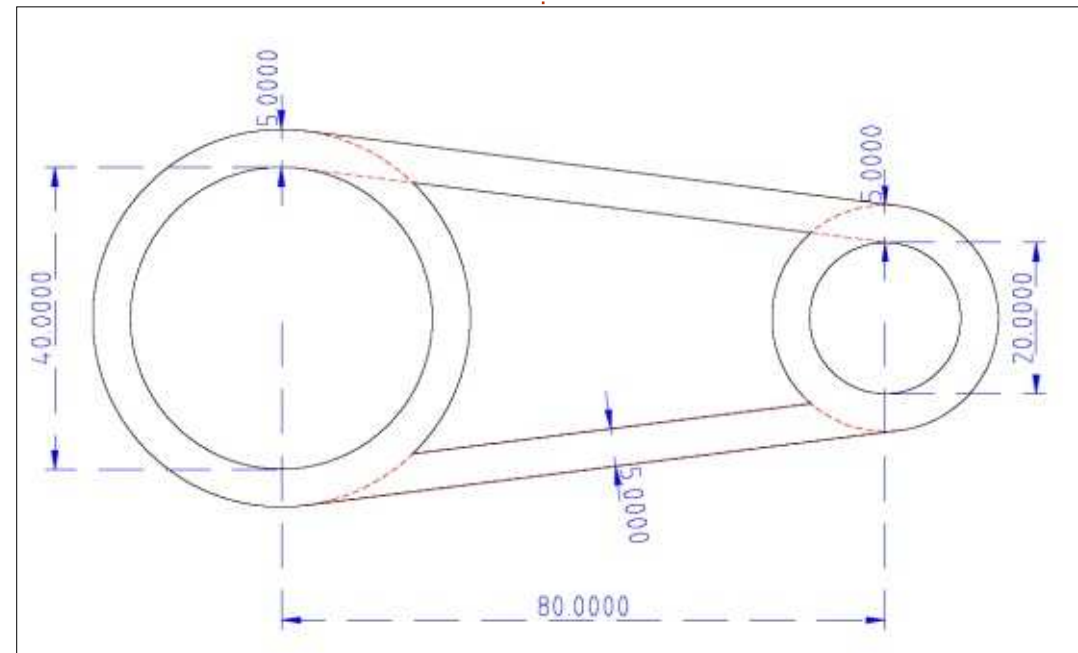
Un second ensemble de techniques qui peut être considéré comme vraiment basique dans les applications traditionnelles est l'utilisation des calques. Dans un programme tel que LibreCAD, la largeur par défaut des lignes, la couleur et le style (tiret, pointillé...) peuvent être définis pour chaque calque. Une technique pratique est donc de placer les éléments principaux de chaque dessin sur un calque, tandis qu'un autre est utilisé pour indiquer les dimensions et un troisième pour dessiner les éléments auxiliaires qui aident à la construction. Lors de l'exportation du dessin, les couches peuvent être masquées individuellement d'un simple clic de souris.

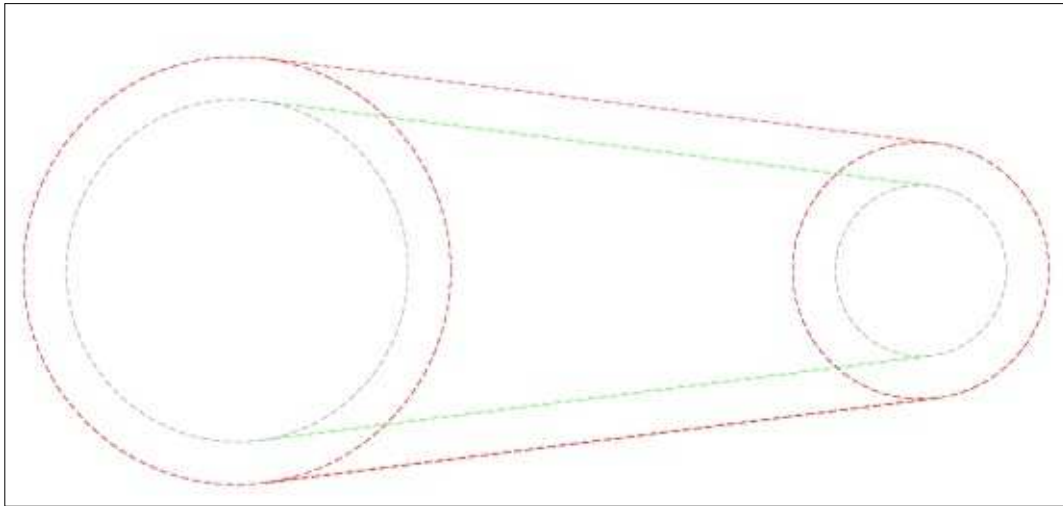
À l'heure actuelle, l'utilisation de telles techniques n'est peut-être pas aussi facilement visible que désiré dans la version 0.15 de FreeCAD. Comme je disais dans une partie précédente de cette série, nous savons que l'application est encore en fort développement ; aussi, il y a de l'espoir que de telles fonctionnalités puissent être rendues plus accessibles au cours de l'évolution de l'application. La version 0.16 - dans les dépôts d'Ubuntu 17.04 - fait déjà allusion à la présence de calques dans une esquisse. Entre temps, les utilisateurs de la version 0.15 - dans les dépôts d'Ubuntu 16.04 LTS et Li-

nux Mint 18 - peuvent aujourd'hui contourner ces limitations en utilisant d'autres fonctionnalités qui sont plus clairement disponibles dans le programme. C'est le sujet de cet article.

UN EXEMPLE

Pour visualiser le problème, commençons par dessiner une simple pièce plate, avec une géométrie similaire à celle utilisée dans un embiellage de moteur. Cette pièce est faite essentiellement de deux anneaux, chacun à une extrémité, reliés par deux bras





rectangulaires. Le centre de la bielle a été enlevé, probablement pour alléger la pièce.

Pour dessiner cette pièce de manière traditionnelle, la première étape serait de créer un calque qui ne contiendrait que les traits auxiliaires, qui ne feront pas partie du dessin final. Par exemple, on peut commencer par dessiner tous les cercles.

Une fois les cercles définis, le bord extérieur des bras peut être positionné (en rouge). La façon la plus facile de le faire dans une application traditionnelle de CAO est de spécifier un segment de ligne tangent aux deux cercles rouges, un pour le haut, l'autre pour le bas. Puis, le bord intérieur de chaque bras sera tracé (en vert). Il y a plusieurs façons de procéder. La même méthode peut être utilisée, chaque

segment étant défini comme tangent aux cercles gris. Une manière alternative de le faire est de définir les segments verts comme parallèles aux segments rouges qui sont déjà en place, avec un décalage spécifié, dans ce cas, 5 mm.

Nous pouvons ensuite créer un second calque, le principal, et dessiner les segments et les arcs de la pièce finale. En sélectionnant l'aimantation aux intersections plutôt que la traditionnelle aimantation à la grille, nous pouvons soigneusement finir chaque élément exactement aux intersections des lignes et des cercles.

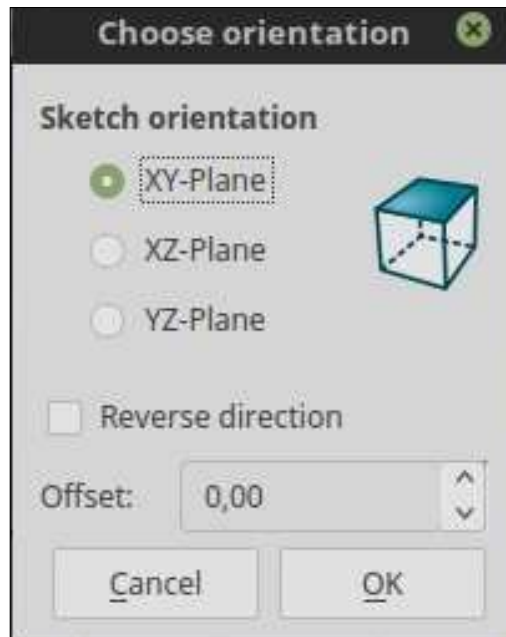
SUR FREECAD

Pour créer la même pièce sur FreeCAD, commençons par créer un nouveau projet. Maintenant, nous pour-

rons procéder comme dans les épisodes précédents, en allant sur l'atelier Draft et en mettant en place les éléments du dessin en utilisant les outils disponibles ici pour dessiner les lignes, cercles et arcs. Cependant, bien que nous puissions aimer les sommets des éléments à la grille, ou même à un autre élément, il n'y a aucune façon d'assurer qu'une ligne reste tangente à un cercle ou un arc. Pour cette raison, nous irons dans un autre atelier, le Sketcher. Là, nous créerons un nouvel objet Sketch, dans le plan X-Y (horizontal). Ce type d'objet représente un dessin plat, considéré comme une entité séparée du reste du projet.

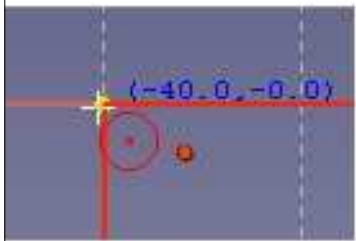
Une fois le nouveau Sketch édité, nous pouvons commencer par changer la taille par défaut de la grille de 10 à 5 mm car les dimensions de notre pièce sont toutes des multiples de 5 mm. Dessinons les deux cercles qui définissent l'anneau de gauche de notre pièce, avec des rayons de 20 et 25 mm respectivement. Il est intéressant de noter comment la forme du pointeur de notre souris change quand nous créons un nouveau point. Dans un cas général, la forme est un cercle rouge avec les nouvelles coordonnées du point en bleu sur le côté. Cependant, si nous cliquons sur un point existant, un point rouge s'affiche à côté du cercle. Si nous cliquons à ce moment-là, nous pouvons choisir de relier les deux points. C'est idéal quand nous dessinons deux cercles de même centre. Si, plus tard, nous déplaçons le sommet d'un des centres, les deux bougeront en même temps, et les deux cercles se déplaceront d'une distance égale.

Les autres options comprennent le placement du nouveau point sur un segment d'un arc, reliant ainsi le point à l'arc. Si, ensuite, nous déplaçons un des deux objets, le mouvement de l'autre sera également contraint. De même, quand un segment de ligne est tracé et qu'un des sommets a déjà été placé, une contrainte horizontale





Just creating a simple point



Snapping onto an existing point



Snapping onto an arc

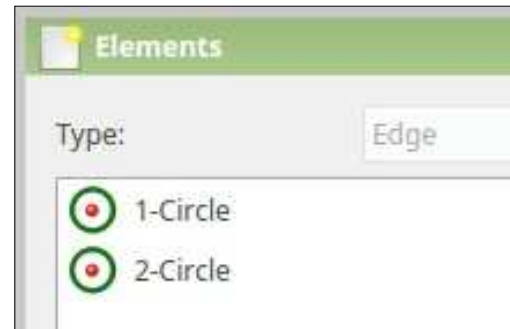


One vertex of a segment with a horizontal constraint



ou verticale peut être placée sur le segment en plaçant le second sommet quand le curseur de la souris contient la barre rouge horizontale ou verticale correspondante.

voulons pas que cela arrive ; au contraire, nous voulons que les cercles déterminent la position des segments. Aussi, plaçons une contrainte de position sur chacun de nos cercles. Cliquons sur le centre des cercles - qui devrait être un simple point rond -, puis utilisons la barre d'outils de contrainte pour choisir la contrainte « Contrainte fixe » qui a une icône de la forme proche de celle, plutôt approximative, d'un cadenas.

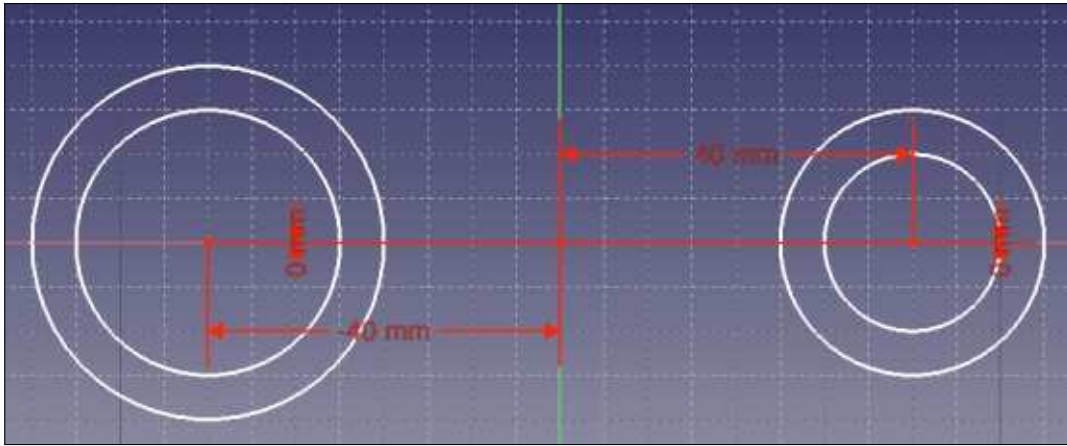


Une fois les deux cercles créés, nous pouvons inspecter le nombre d'éléments créés dans la fenêtre « Éléments » et sélectionner chacun en cliquant dessus.

Continuons en dessinant les autres cercles et en les verrouillant en place. Nous devrions voir maintenant quatre contraintes, deux pour chaque centre (une horizontale et une verticale), dans la fenêtre « Contraintes » sur la gauche de l'écran. Les quatre cercles devraient ressembler approximativement à l'image de la page suivante (en haut à gauche).

Une fois choisi, chaque élément peut être ajusté en utilisant la souris. C'est bien pour le moment, mais cela introduira une difficulté quand les segments connectés seront mis en place pour créer la bielle elle-même : la modification de la position d'un segment peut très bien se terminer par le déplacement d'un des cercles auquel il est relié, s'assurant ainsi que les deux éléments restent connectés. Nous ne

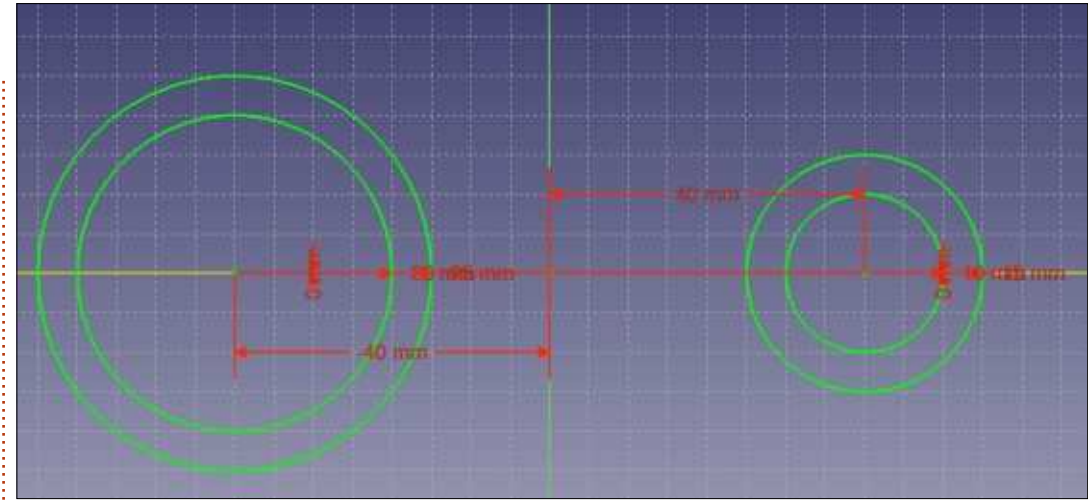
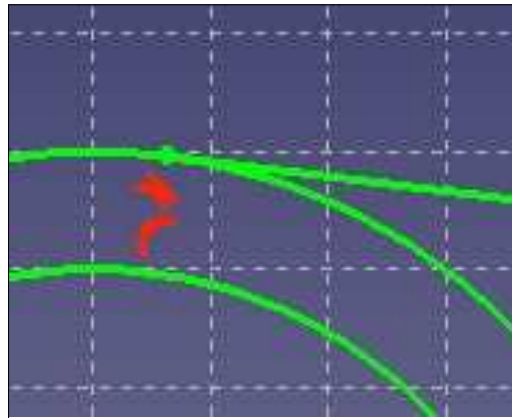
Nous avons contraint (fixé) la position du centre de chaque cercle. Cependant les rayons ne sont pas encore contraints et pourraient être modifiés quand les segments de liaison seront ajoutés. Pour fixer leur longueur, sélectionnez tour à tour chaque cercle et choisissez la contrainte « Fixer le



rayon », un cercle rouge avec un trait dedans, dans la barre d'outils de contrainte. Notre esquisse devrait maintenant changer d'aspect, avec tous les éléments changeant de couleur pour devenir verts. Ceci indique que notre esquisse est entièrement contrainte : les éléments existants ne peuvent plus être déplacés, sauf si au moins une des contraintes est levée.

Nous sommes maintenant prêts à mettre les segments de liaison en position sur nos cercles - immobilisés maintenant. Commencez par dessiner un segment de ligne depuis un cercle extérieur vers l'autre. En plaçant avec soin la souris, nous devrions être capable de contraindre les sommets du segment de sorte qu'ils restent sur un cercle - c'est le symbole d'un arc rouge avec un point à son centre. Cependant, il devrait devenir rapidement clair que ce segment n'est pas encore né-

cessairement tangent à chaque cercle. Pour imposer ce nouveau jeu de contraintes, cliquez sur le point représentant le sommet terminal du segment, puis cliquez sur le cercle. Enfin, choisissez la contrainte « Créer une contrainte tangente ». L'opération devra être répétée plusieurs fois, à chaque intersection entre un segment et un cercle. Il peut aussi être nécessaire de supprimer les fausses contraintes horizontales sur nos segments, si de telles contraintes apparaissent pendant la construction.



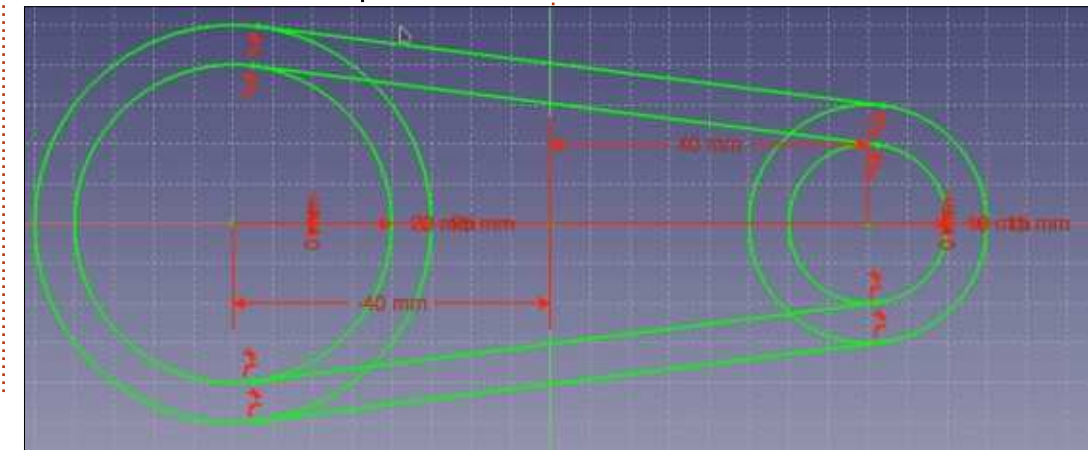
Le résultat final, avec les quatre segments en place et les éléments complètement contraints, devrait ressembler à ce qui est présenté ci-dessous.

Jusqu'ici, nous avons beaucoup modifié notre objet Sketch. Nous pouvons maintenant fermer cet objet, pour retourner à la vue standard de FreeCAD et examiner notre travail. Toutes les contraintes ont disparu dans la


vue normale et nous ne gardons que les éléments individuels de notre forme, tous regroupés dans un seul objet plan Sketch.

CONSTRUIRE LA FORME FINALE

Ce que nous avons obtenu jusqu'à là ne sont, en fait, que des aides auxiliaires, de construction, pour nous permettre de placer nos arcs et seg-



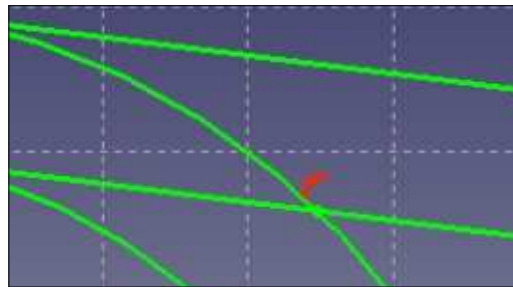
ments définitifs. Il serait bien de les voir de couleur et style différents, pour nous aider à distinguer les tracés d'aide des éléments appartenant au dessin final. Il y a deux façons de le faire : la première est de sortir de l'édition de Sketch. En cliquant une fois sur le Sketch, nous pouvons aller dans la fenêtre « Propriétés » et modifier d'un seul coup « Line color » (Couleur du trait) et « Draw style » (Style de dessin) pour toutes les lignes du Sketch.

Property	Value
Base	
Bounding ...	false
Deviation	0,50
Display Mo...	Wireframe
Draw Style	Dashed
Lighting	Two side
Line Color	 [255, 0, 0]
Line Width	2,00
Point Color	[255, 255, 255]

Ensuite, nous pouvons poursuivre dans l'atelier « Draft ». Une fois là, nous pouvons utiliser les outils de dessin de la barre d'outils de Draft (avec les icônes jaune/noir) pour dessiner par-dessus le Sketch.

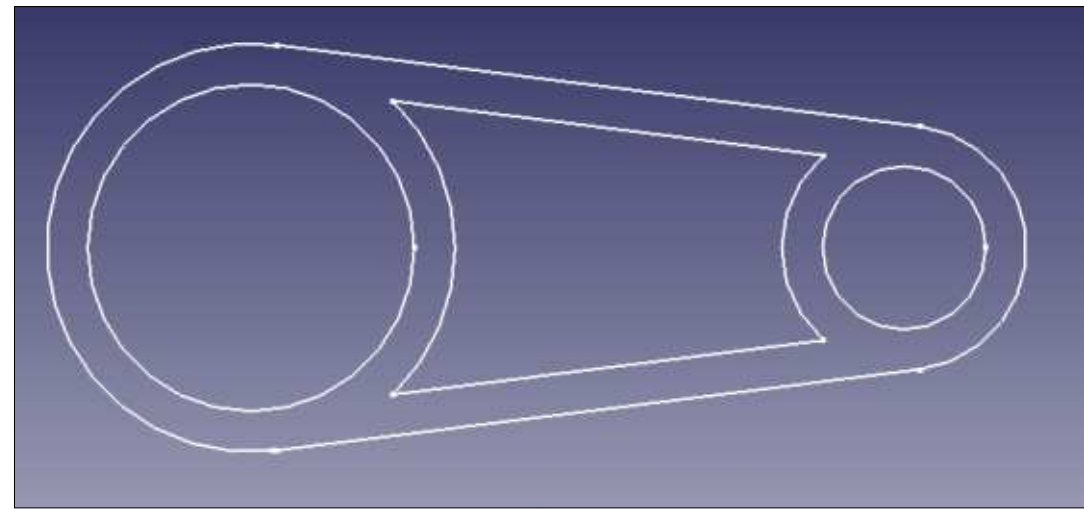
Les intersections entre les éléments de Sketch peuvent être facilement détectées si un point est placé à chaque intersection dans le Sketch. Pour ce

faire, créez un point en utilisant l'outil avec une icône au point rouge. En plaçant le point, aimantez-le à un des éléments créant l'intersection, par exemple le cercle. Puis cliquez sur le nouveau point, cliquez sur un autre élément de l'intersection - par exemple le segment de ligne - et créez une nouvelle contrainte de type « Fixer un point à un objet ». Le point devrait être fixé avec deux contraintes, un pour chaque élément et donc devrait rester en place à l'intersection.



Une fois créés les points de l'intersection, les lignes dans l'atelier Draft peuvent être aimantées à ces points si l'option « Aimanter à une intersection » est choisie (l'icône avec un X vert dans la barre d'outils d'aimantation).

Une seconde manière de dessiner la forme finale de notre pièce est de la réaliser directement à l'intérieur du Sketch. Retournez en modification de l'objet Sketch (double-cliquez



sur l'objet), sélectionnez toutes les lignes et basculez-les toutes dans le « Mode construction » en utilisant l'outil. Ceci changera leur couleur en bleu et les fera disparaître du Sketch quand celui-ci n'est pas en mode édition. Nous pouvons ensuite poursuivre par la création des points d'intersection, là où ils sont nécessaires. Continuez en ajoutant d'autres éléments à l'objet Sketch, en se guidant sur ces éléments de construction. Ces éléments, dessinés dans le mode normal, apparaîtront quand Sketch n'est pas en modification. Comme ils sont basés sur d'autres éléments en mode constructif, certains éléments devront être convertis en mode normal en utilisant le même outil.

À ce stade, nous pouvons utiliser l'objet Sketch pour imprimer un schéma en deux dimensions. Cependant,

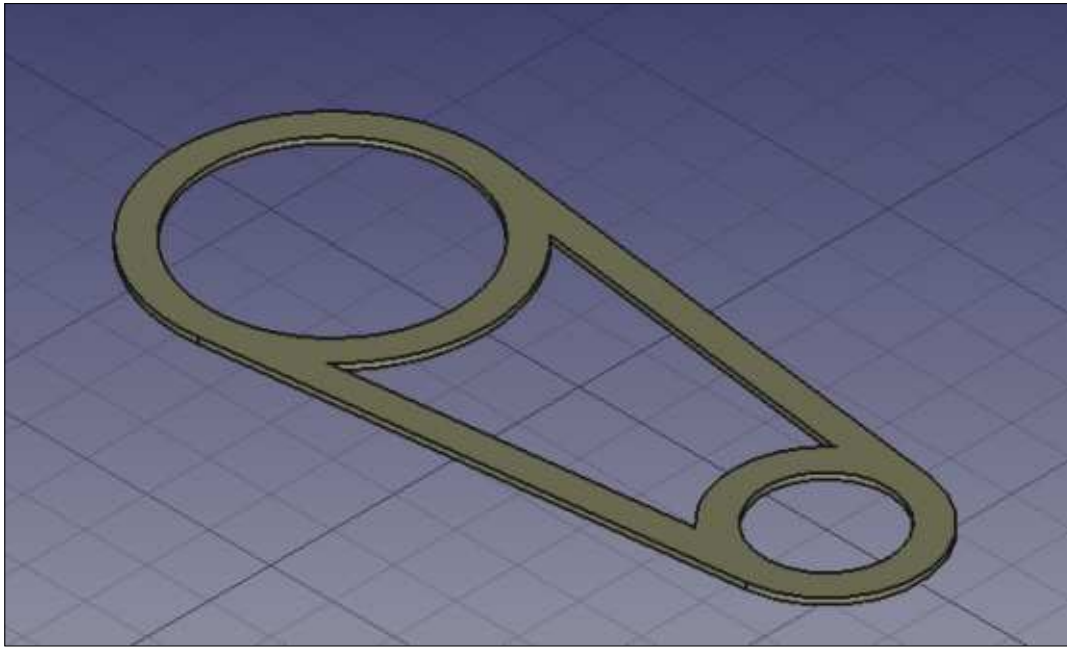
nous ne pouvons pas l'utiliser directement pour créer une pièce en trois dimensions. Pour ce faire, nous devons commencer par aller dans l'atelier Draft, et, là, convertir l'objet Sketch dans un ensemble d'éléments de dessin en utilisant l'outil de conversion approprié :

Une fois ceci fait, nous pouvons aller dans l'atelier Part, extruder individuellement chaque objet (les deux cercles et les formes extérieures), puis les combiner en utilisant les opérations booléennes (Fusion et Découpe) pour créer la forme finale en 3D, comme décrit dans la partie 2 de la série.



ET ENSUITE ?

Dans cet article sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons créé un objet



Sketch, afin de mettre en place des éléments individuels du dessin tels que des lignes, arcs et cercles, avec une relation précise entre eux en utilisant des contraintes. Nous avons noté l'utilisation des éléments en mode construction dans l'objet Sketch, pour aider à construire le dessin définitif sans qu'ils apparaissent dans le dessin final. Dans le prochain numéro de cette série, nous changerons complètement d'échelle et nous travaillerons sur un projet architectural.



Détenteur d'un doctorat au sujet de la société de l'information et du savoir, **Alan** enseigne l'informatique à l'Escola Andorrana de Batxillerat, un lycée. Il a donné des cours de GNU/Linux à l'Université d'Andorre et, auparavant, avait enseigné l'administration des systèmes GNU/Linux à l'Université ouverte de Catalogne (UOC).

ÉDITIONS SPÉCIALES PYTHON (1 À 6) :



<http://www.fullcirclemag.fr/?download/224>



<http://www.fullcirclemag.fr/?download/230>



<http://www.fullcirclemag.fr/?download/231>



<http://www.fullcirclemag.fr/?download/240>



<http://www.fullcirclemag.fr/?download/268>



<http://www.fullcirclemag.fr/?download/272>



Dans cette série, nous examinons le monde de FreeCAD, une application Open Source de modélisation par CAO qui est encore en bêta, mais qui a reçu un bon accueil ces dernières années. Naturellement, elle est facilement disponible dans les dépôts d'Ubuntu. Dans le quatrième article sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons créé un objet Sketch et placé des éléments individuels de dessin tels que des lignes, arcs et points, avec des relations précises entre les uns et les autres, en utilisant des contraintes. Nous avons souligné l'utilisation d'éléments du mode Construction dans l'objet Sketch, pour faciliter la construction d'un dessin fini, sans qu'ils apparaissent dans le dessin final. Dans cette partie de la série, nous allons changer complètement d'échelle et travailler sur un projet architectural.

PARAMÉTRER NOS UNITÉS

La principale différence entre les petites pièces techniques que nous

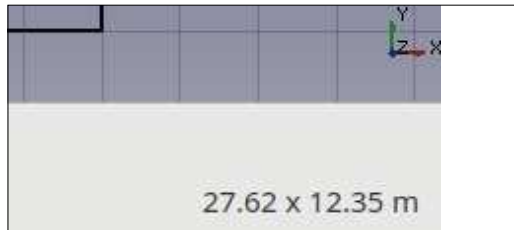
avons dessinées jusqu'à maintenant et un projet architectural vient des unités utilisées. Les petites pièces sont facilement mesurées en millimètres. Cependant, dans le cas d'un bâtiment, ce serait logique d'utiliser des unités plus grandes comme des mètres (dans le système métrique). Pour paramétrer l'environnement, commençons par démarrer FreeCAD et choisissons un nouveau Projet. Puis, allez dans l'option de menu Édition et choisissez Préférences. Dans la partie Général, choisissez la sous-partie Unités et modifiez les paramètres « Système de l'utilisateur » de millimètres en mètres, ou en système impérial si vous préférez.

Bien que nous ayons changé les unités principales, la grille auxiliaire qui apparaît pour nous aider à placer les éléments utilisera encore la valeur de pas précédente pour l'espacement des lignes. Avoir une grille de 1×1 m avec des lignes tous les millimètres n'a pas beaucoup d'intérêt pour construire une maison. Aussi, poursuivez dans la boîte



de dialogue des Préférences et allez à la section Draft. Là, choisissez la sous-section Paramètres d'accroche et modifiez la valeur de « Espacement de la grille ».

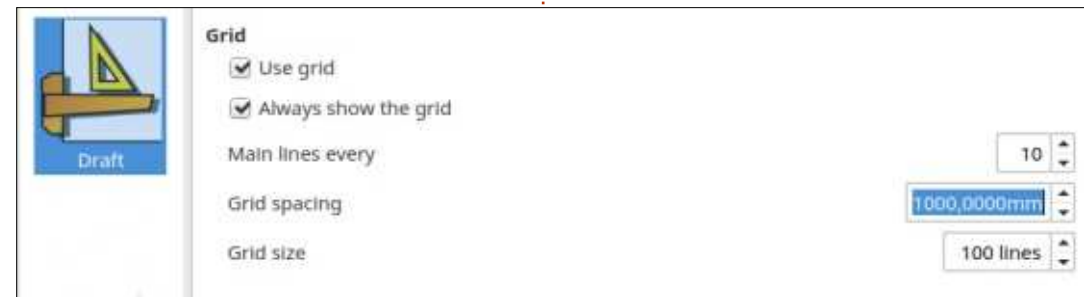
C'est bizarre, mais vous devez peut-être sauvegarder votre projet, fermer FreeCAD et le rouvrir pour réellement voir la grille avec son nouveau pas. Pensez à utiliser la molette de votre souris pour agrandir et voir une partie suffisamment grande du plan X-Y. Souvenez-vous que la zone visible est toujours indiquée dans le coin en bas à droite de l'affichage.



UTILISATION DE L'ATELIER ARCH

Commençons réellement le dessin en remarquant l'existence de l'atelier spécifique Arch. Cet ensemble d'outils a été conçu spécialement pour dessiner des bâtiments avec l'approche BIM (Building Integrated Model - Modèle de construction intégré). Dans ce concept, les éléments de construction sont étiquetés en tant que tels : les murs deviennent des objets Mur, les ouvertures comme les portes et les fenêtres deviennent des objets Fenêtres, et des objets comme un Support, un Toit ou un objet complet de bâtiment peuvent être spécifiés en utilisant la barre d'outils adéquate.

Pour commencer un nouveau bâtiment, on peut démarrer dans l'atelier Draft en dessinant le plan général



au sol. De simples lignes suffisent pour indiquer la position de chaque mur. Pour l'instant, aucune mention n'a besoin d'être faite sur l'épaisseur des murs et la position des ouvertures. Par exemple, on peut dessiner le bâtiment suivant, représentant un petit module d'école avec deux salles de classe ou laboratoires, une salle de préparation entre les deux et un couloir extérieur.

Une fois le plan au sol dessiné de cette façon, passez dans l'atelier Arch et sélectionnez toutes les lignes. Puis sélectionnez l'outil Mur et toutes les lignes deviennent magiquement de vrais objets Murs. Des valeurs de 3 m de hauteur et de 0,2 m d'épaisseur leur sont attribuées par défaut.

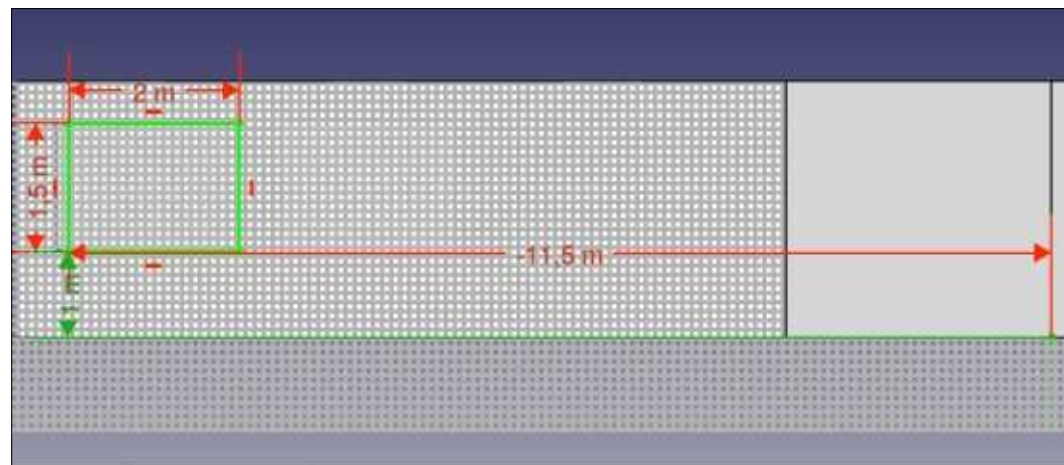


Pour continuer, les ouvertures doivent être placées. Pour ce faire, com-

mencez par créer un objet Sketch attaché à l'objet Mur correspondant. L'objet Sketch doit contenir une forme fermée qui représente la forme de l'ouverture.

Par exemple, on peut créer une simple fenêtre rectangulaire pour l'une des classes. Choisissez l'objet Mur sur lequel dessiner, passez dans l'atelier Sketch et créez un nouvel objet Sketch. En utilisant le système des contraintes de Sketch décrit dans l'article précédent de cette série, les quatre lignes qui décrivent la position de la nouvelle fenêtre peuvent être positionnées avec une certaine précision.

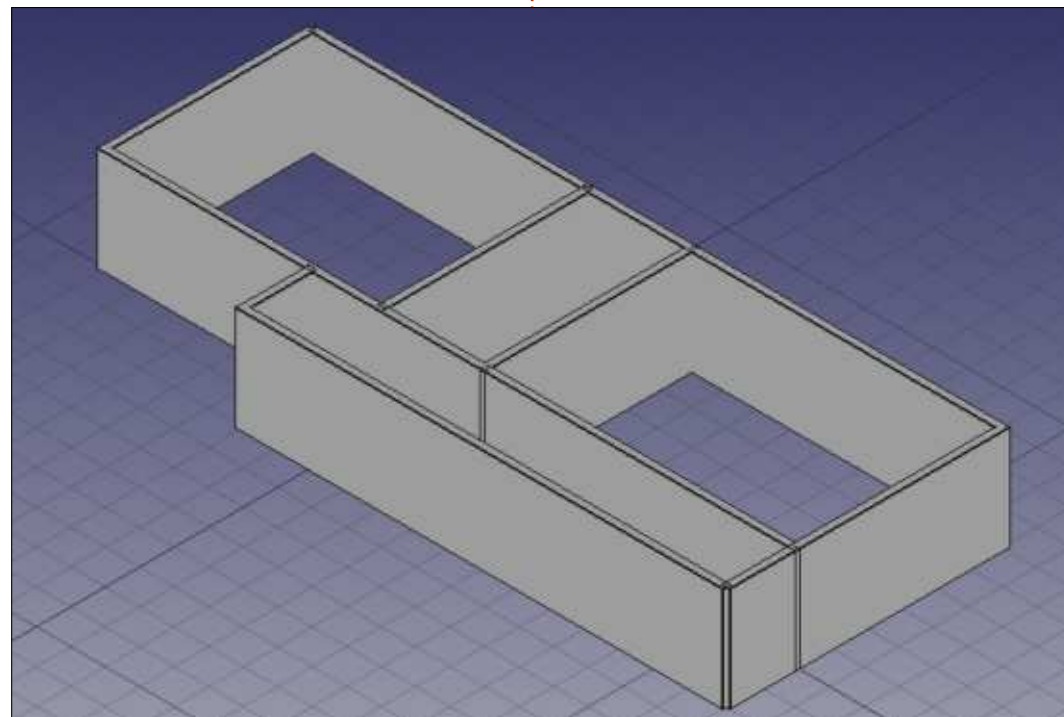
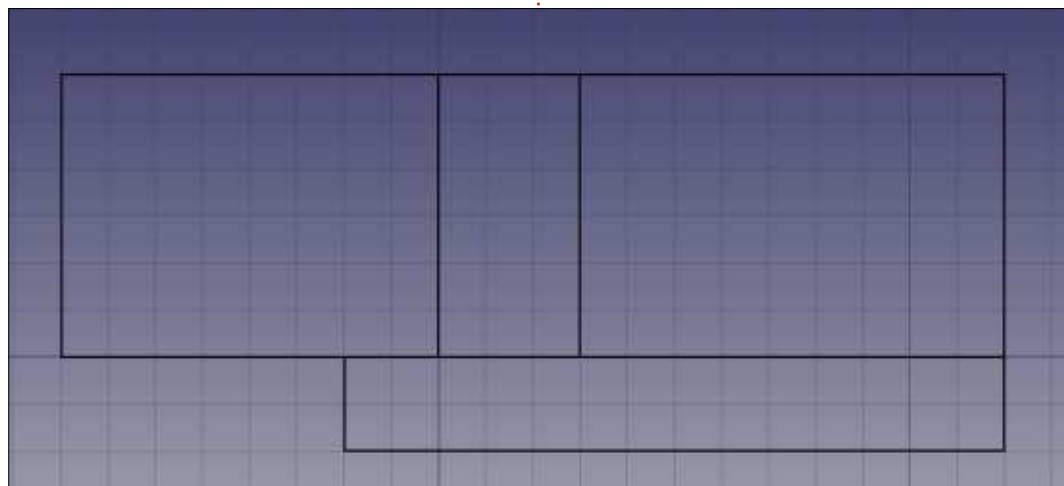
Une fois terminé, fermez le mode édition de Sketch et assurez-vous que le nouvel objet Sketch est vraiment associé avec et dans l'objet Mur. Ensuite, allez dans l'atelier Arch et trans-



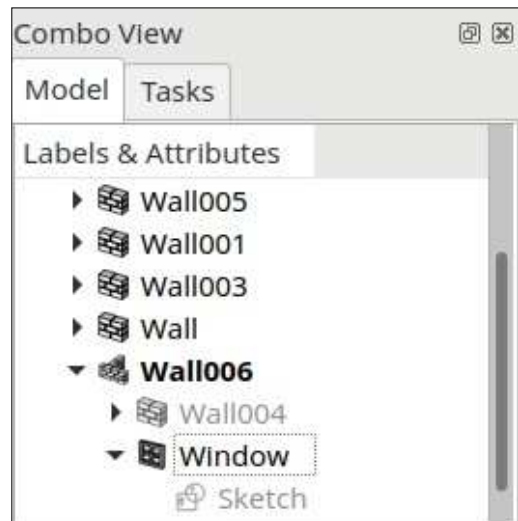
formez le Sketch en objet fenêtre. Dans la vue combinée sur la gauche, vous devriez voir maintenant que l'objet Mur d'origine (Wall004) a été remplacé par un nouveau mur (Wall006) qui contient à la fois la forme d'origine et un

nouvel objet Fenêtre. Ce dernier objet contient à son tour le Sketch. Chaque objet interne définit la forme de l'objet externe qui le contient.

L'atelier Arch et l'approche BIM pour



construire un projet architectural a plusieurs avantages. L'un est la facilité d'utilisation, particulièrement en



travaillant dans une approche de prototypage rapide, dans laquelle plusieurs modèles peuvent être testés pour explorer les possibilités d'un nouveau site ou des idées de construction, avant de se fixer sur une solution précise. Couchez simplement des lignes et construisez vos murs. Un second avantage tient à ce que, une fois que les éléments du nouveau bâtiment sont définis de cette façon, l'information contenue dans le modèle peut être utilisée pour automatiser des calculs, tels que la surface ou le volume de la construction.

D'un autre côté, cette partie du logiciel FreeCAD est probablement la moins mûre actuellement. Dans leur

progression, les développeurs semblent explorer les possibilités d'une approche BIM et il y a quelques aspérités. Le placement d'un élément est encore plutôt délicat et beaucoup de soin doit être apporté par l'utilisateur pour placer correctement les objets dans leurs objets contenant. La création d'un toit est tout un art. La conception des objets est faite en utilisant des pièces normales qui peuvent, ou non, correspondre au monde réel. Par exemple, le travail sur le sol intérieur d'un bâtiment qui ne serait pas complètement plat peut devenir une vraie casse-tête, tout comme de travailler avec des murs aux épaisseurs variables sur leur longueur. La résolution des intersections de murs dans un angle peut aussi devenir un problème.

Pour cette raison, le choix d'utiliser l'atelier Arch doit être laissé entièrement à chaque utilisateur. Certaines personnes pourraient ne pas supporter les limitations de cette approche qui entravent leur progrès, alors que d'autres pourraient se sentir à l'aise dans la création de bâtiments à l'allure avant-gardiste. De toute façon, un des concepteurs de FreeCAD a créé un tutoriel plutôt bon sur ces fonctionnalités, dont la lecture peut être intéressante :

https://www.freecadweb.org/wiki/Arch_tutorial.

UNE APPROCHE PLUS TRADITIONNELLE

Les utilisateurs qui n'ont pas besoin ou ne s'intéressent pas aux fonctionnalités du BIM peuvent se sentir plus à l'aise en utilisant des outils ordinaires dans les ateliers Draft et Sketch pour dessiner des vues classiques de leur construction. Cependant, vous devriez toujours garder en tête que FreeCAD est un programme informatique

de dessin en 3D. Pour cette raison, se limiter aux dessins plus traditionnels de la conception architecturale - projection plane et perspectives - peut certainement fonctionner, mais les possibilités que nous offre FreeCAD de visualiser la construction en trois dimensions nous manqueraient.

Pour voir comment ceci fonctionne, projetons quelque chose qui est plutôt difficile à dessiner en utilisant l'atelier Arch : un cloître ouvert en arcades.



Crédit photo : (<https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Zarateman>).

Utilisateur Wikipedia Zarateman.

Lien d'origine : https://ca.wikipedia.org/wiki/Catedral_de_Tarragona#/media/File:Tarragona_-_Catedral,_claustro_01.JPG

C'est en général une surface carrée ou rectangulaire qui consiste en une promenade couverte entourant une zone centrale à l'air libre avec de la végétation, une disposition qui a été utilisée dans un certain type de jardin mauresque (par ex., le Patio des lions de L'Alhambra de Grenade, en Espagne) et dans les églises chrétiennes, dans les styles roman et gothique. C'est ce dernier qui nous inspirera pour dessiner les arcades du cloître, comme celles que l'on trouve dans la cathédrale de Tarragone, en Catalogne.

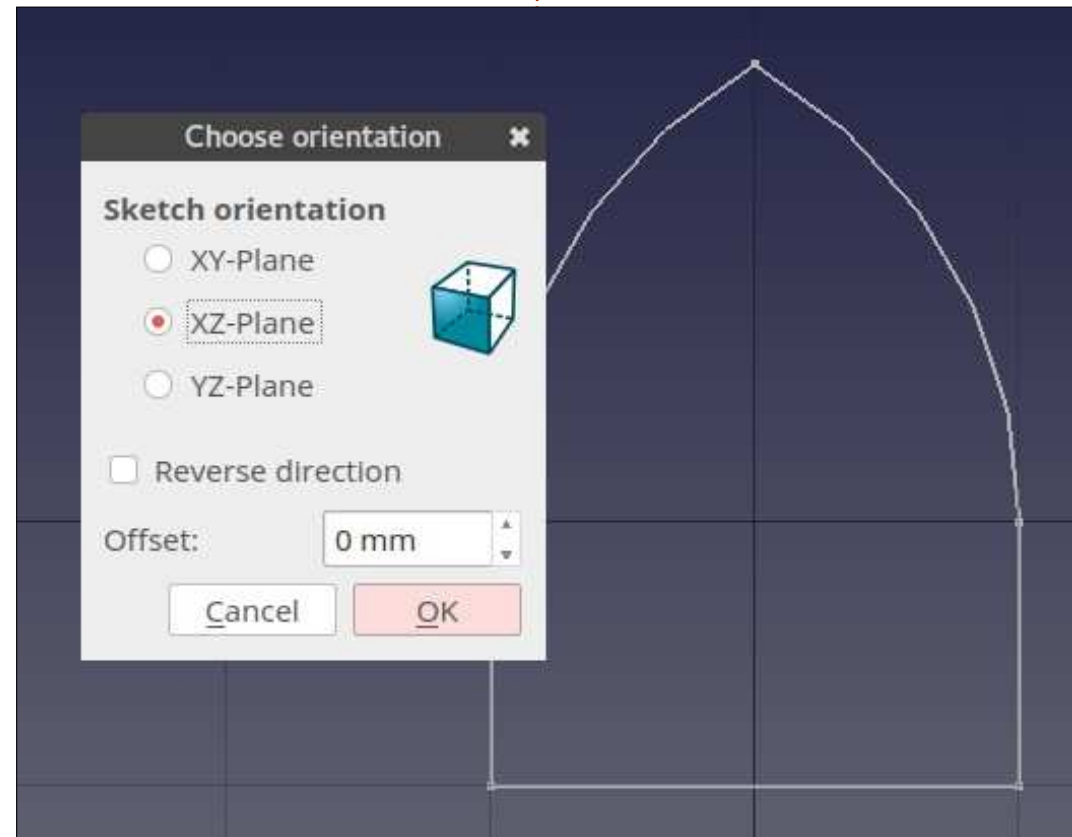
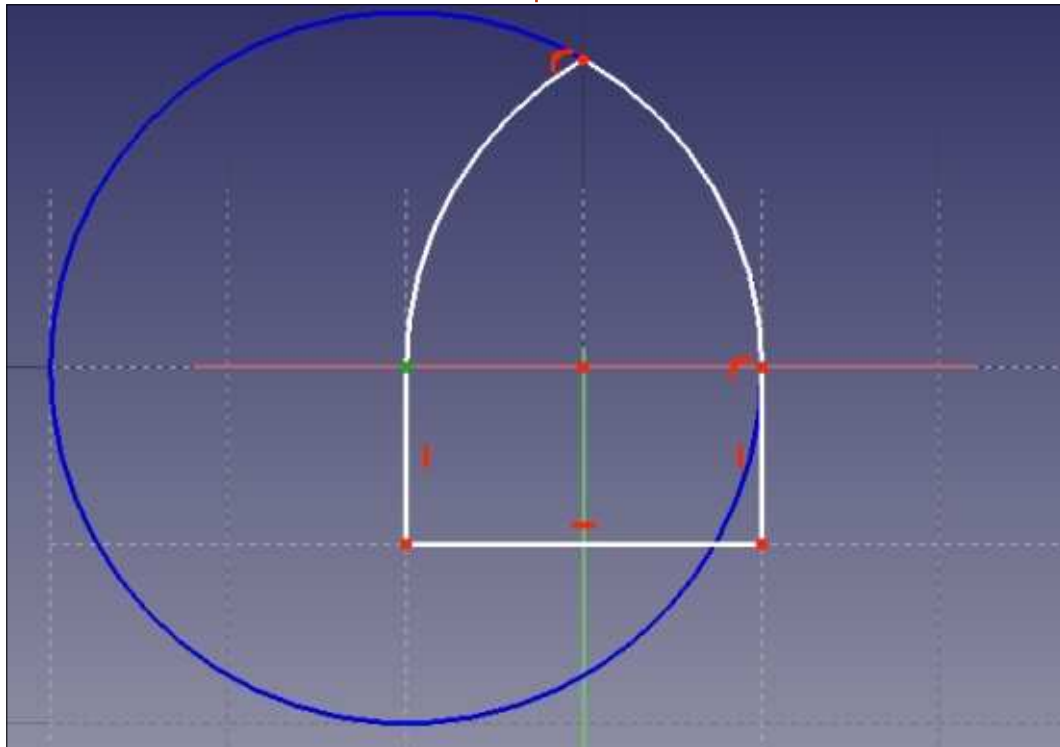
Commençons par dessiner une simple arcade gothique. Dans FreeCAD

(en bas à gauche), allez dans l'atelier Draft et réglez l'espacement de la grille à 500 mm. Puis, allez dans l'atelier Sketch et entamez un nouvel objet Sketch. Ici, nous aurons probablement besoin de modifier l'espacement de la grille une deuxième fois, pour 0,5 m (même valeur dans une unité différente). Nous pouvons alors commencer à dessiner la base de l'arcade, en utilisant la grille comme support. En utilisant des valeurs simples, j'ai dessiné deux lignes verticales de 0,5 m de haut et séparées d'un mètre. Ensuite, j'ai pu dessiner la partie haute cintrée de notre figure. Dans sa forme la plus traditionnelle, c'est la combi-

raison des deux arcs. Dans la figure ci-dessous, un cercle de construction a été dessiné en bleu : centré sur le sommet du segment vertical le plus à gauche (point vert), il passe par le sommet du segment de droite, ayant ainsi un rayon d'un mètre. En utilisant ce cercle, dessinez un arc de cercle du segment le plus à droite jusqu'à la ligne marquant l'axe central de la figure (aimantez-vous à la ligne verticale de la grille), donnant ainsi la partie droite de l'arc. Maintenant, tracez un cercle identique centré sur le sommet du segment de droite et

dessinez la partie gauche de l'arc.

Une fois sorti du mode édition, nous obtenons une jolie forme d'arcade gothique, qui, dans ce cas, devrait être appelée une arcade équilatérale. Comme les éléments réels d'architecture ont un volume, nous devons maintenant trouver comment la transformer en un volume, gardant le plus possible l'aspect des vraies techniques de construction du Gothique. Cependant, quand on étudie attentivement les éléments en pierre qui composent les arcades gothiques, on



trouve presque toujours que le même profil a été taillé tout le long des morceaux polis de grès blanc. Ainsi donc, si nous créons un tel profil et que nous le passons le long de la forme de l'arche, nous devrions obtenir la forme parfaite d'une arcade en trois dimensions.

S'il vous plaît, assurez-vous que cette forme est complète, c'est-à-dire que toutes les lignes sont bien reliées entre elles. La pénalité si vous ne le faites pas serait que votre arcade ne soit construite qu'en partie - avec un bout manquant.

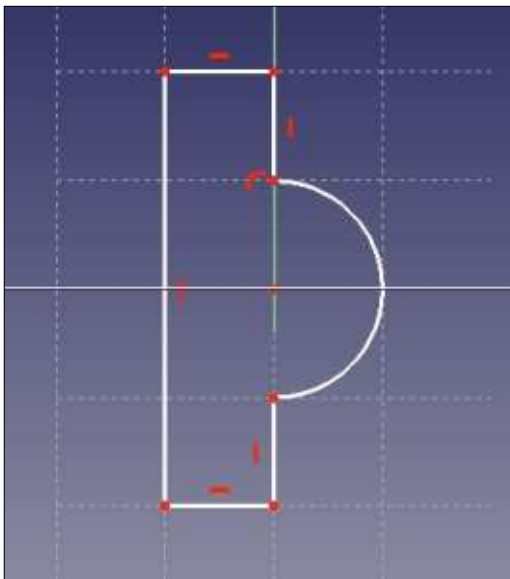
J'ai dessiné mon esquisse d'arche (page précédente, en bas à droite) dans le plan XY. Je vais maintenant créer un deuxième objet Sketch, mais à angles droits dans le plan XZ : l'axe X est de gauche à droite, Y est de bas en haut et Z court le long de la largeur de l'arche.

CE NOUVEAU SKETCH

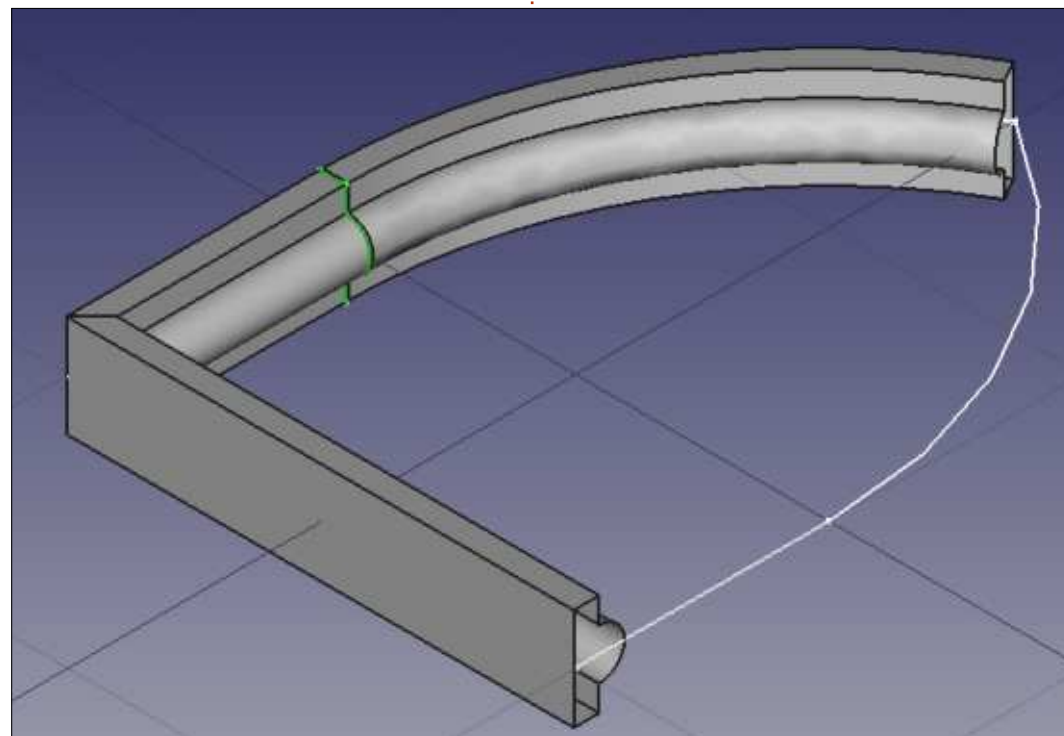
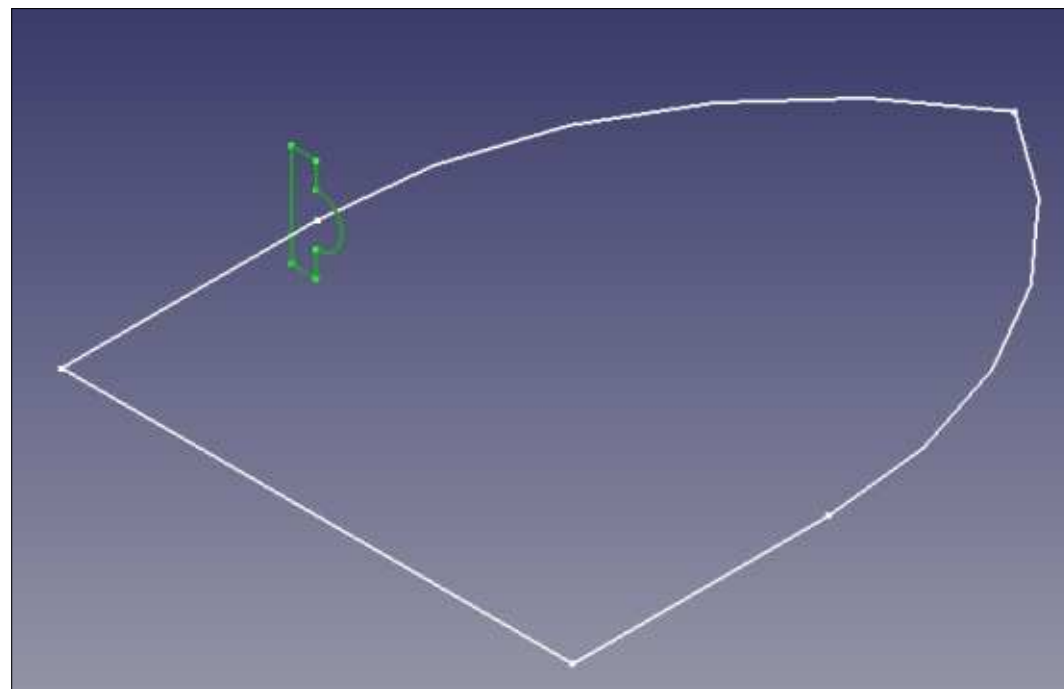
Notez que les dimensions de la grille ont changé. Nous travaillons maintenant avec un espacement de 5 cm, donnant un profil d'élément qui tient dans un rectangle de 10 x 20 cm. Fermez cette deuxième esquisse ; nous pouvons maintenant poursuivre

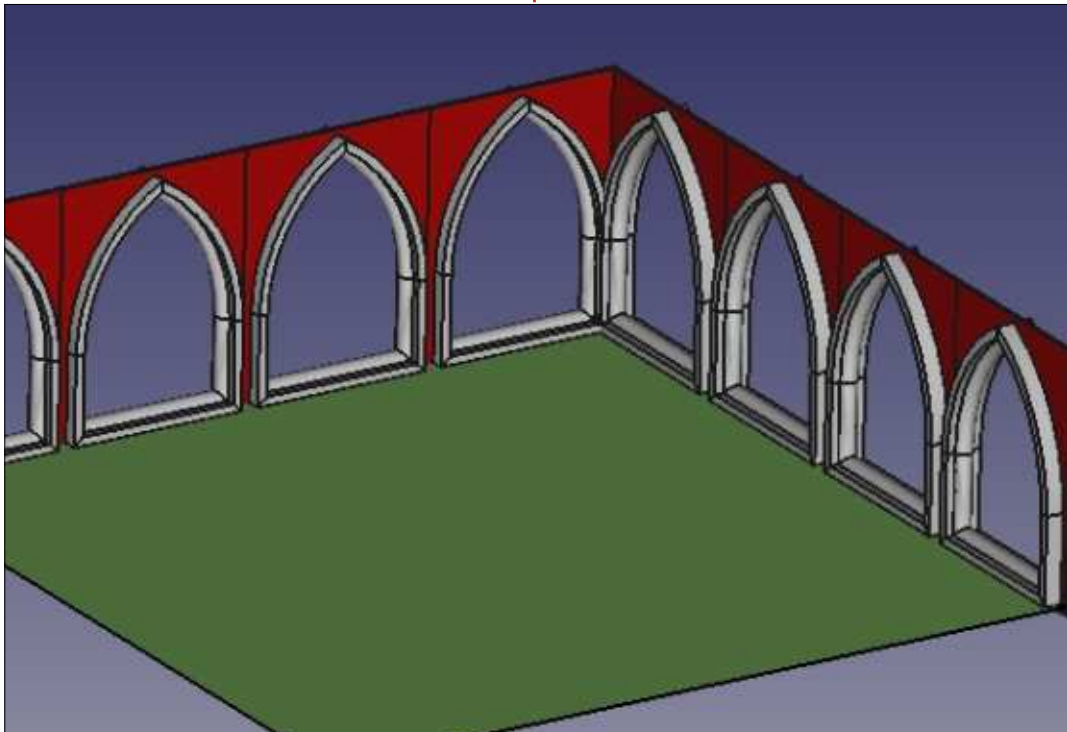
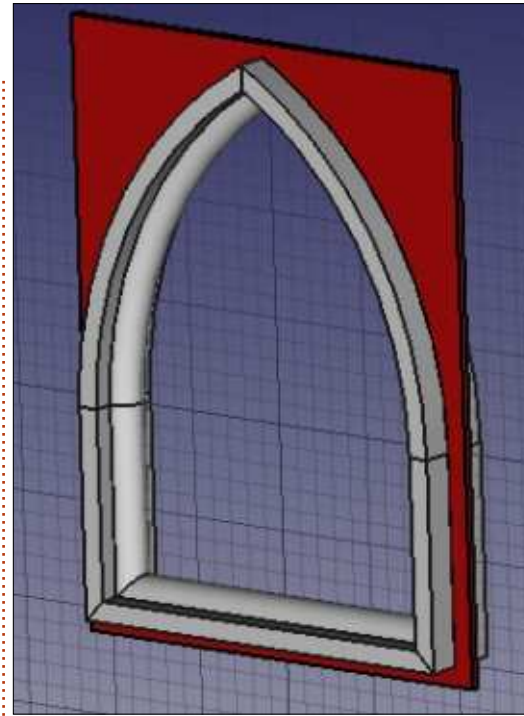
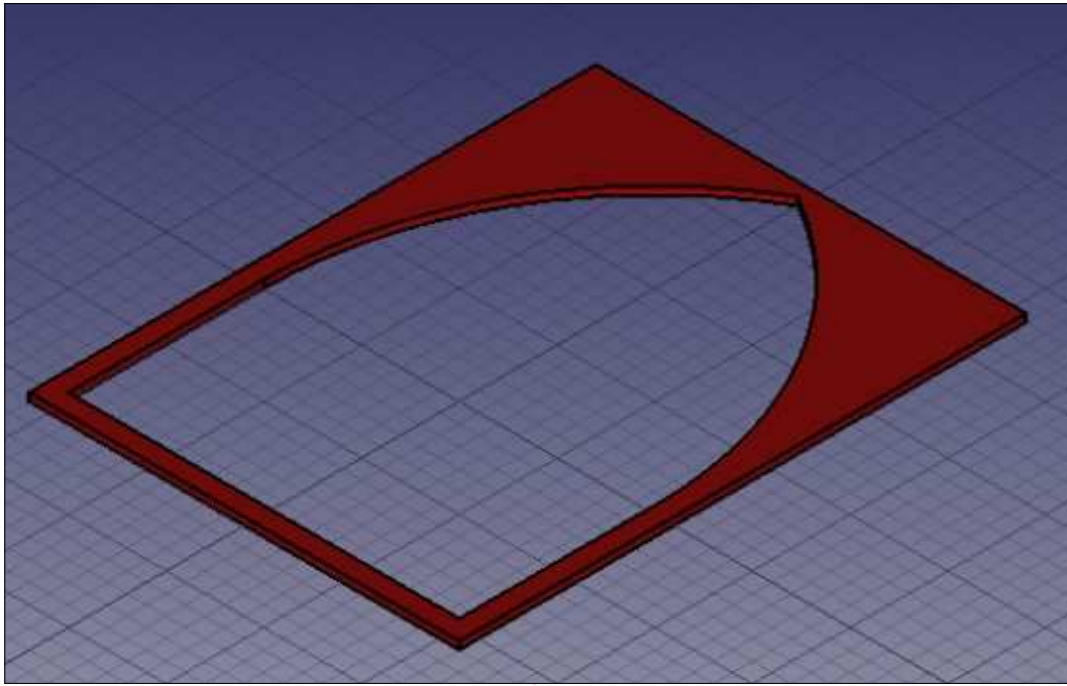
dans l'atelier Part. Dans celui-ci, sélectionnez l'outil Balayage.

Dans cet outil, nous choisissons une des esquisses comme la forme à balayer et l'autre comme le chemin le long duquel la ba-



layer. Cependant, il y a plusieurs avertissements. Le point principal est le placement relatif de chaque esquisse. Leurs positions relatives seront respectées pendant que l'une est balayée le long de l'autre. Mieux vaut vous assurer que la forme balayée est vraiment placée sur le chemin avant de le faire. Dans mon cas, j'ai dû la déplacer de 0,5 mm à gauche de la place où elle avait été créée, au voisinage de l'origine des coordonnées. Pour une raison quelconque, j'ai





tridimensionnelle préparée, ce que nous avons vraiment réalisé est un modèle informatique de l'élégante forme en pierre taillée de l'arcade. Cependant, en architecture, cette arche ne servirait à rien toute seule, mais elle doit faire partie d'un mur ou d'une structure complète.

Pour créer ce mur, j'ai dessiné un simple rectangle de 1,1 m de large sur 2,1 m de haut dans le plan XY, débordant de l'arche sur plusieurs centimètres de tous les côtés. Ensuite, j'ai extrudé cette pièce plate pour avoir un volume rectangulaire - voir la partie II de la série - que j'ai ensuite coloriée en rouge. La touche finale est de créer une cavité dans ce rectangle pour installer l'arcade. Ceci a été fait en sélectionnant une des faces externes du rectangle et en créant un Sketch sur cette face, avec la même forme que l'arcade d'origine. Une copie de l'esquisse de l'arche peut aussi être réalisée, puis liée à la face du rectangle. Ensuite, utilisez l'outil Cavité dans l'atelier Part Design pour pousser la forme de l'esquisse « vers l'intérieur ». Si une profondeur suffisante lui est donnée, ça se terminera par un trou dans notre rectangle ayant la forme correcte pour y placer notre arcade en volume.

eu besoin aussi de déplacer la seconde esquisse un peu vers le bas - d'environ 25 mm -, probablement pour m'assurer qu'elle n'était pas dans le voisinage d'un pont de connexion entre les segments de notre esquisse de l'arcade.

Dans cette vue partielle, on peut voir comment l'esquisse de l'arche en forme filaire est utilisée comme support pour la seconde esquisse, le profil, quand elle se déplace le long de la première esquisse qui définit son parcours.

Une fois la forme finale de l'arche

Le volume de l'arcade balayée et

la cavité rouge peuvent ensuite être sélectionnés et réunis dans un seul composant représentant un module architectural complet.

Ce module peut ensuite être copié et collé plusieurs fois pour former une série d'arcades. Chaque élément devra être déplacé vers son emplacement définitif et peut-être aussi tourné, en travaillant avec le panneau Données de l'objet, en bas à gauche. Cette série d'arches peut à nouveau être dupliquée jusqu'à former un ensemble architectural complet.

ET ENSUITE ?

Dans cet article sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons travaillé sur un projet architectural de deux manières différentes. Dans la première solution, nous avons utilisé l'atelier Arch pour créer un projet d'architecture moderne, dans lequel des informations complémentaires sont données à l'ordinateur, de façon à créer un BIM (Building Integrated Model). Puisque cette approche est au début de son développement et est limitée à des formes simples, nous avons ensuite utilisé une approche plus traditionnelle pour créer des volumes de la même manière que dans les projets précédents, mais à plus grande échelle. La technique du

balayage nous a permis de créer un élément en forme d'arcade par le balayage d'une esquisse (un profil) le long d'une autre esquisse (la forme d'une arche).

Dans le prochain article de cette série, nous étendrons les possibilités de FreeCAD en utilisant un peu de programmation en Python pour créer une surface hélicoïdale en forme de roue dentée.



Détenteur d'un doctorat au sujet de la société de l'information et du savoir, **Alan** enseigne l'informatique à l'Escola Andorrana de Batxillerat, un lycée. Il a donné des cours de GNU/Linux à l'Université d'Andorre et, auparavant, avait enseigné l'administration des systèmes GNU/Linux à l'Université ouverte de Catalogne (UOC).

ÉDITIONS SPÉCIALES PYTHON (7 À 12) :



<http://www.fullcirclemag.fr/?download/370>



<http://www.fullcirclemag.fr/?download/371>



<http://www.fullcirclemag.fr/?download/372>



<http://www.fullcirclemag.fr/?download/506>



<http://www.fullcirclemag.fr/?download/509>



<http://www.fullcirclemag.fr/?download/512>



Dans cette série, nous examinerons le monde de FreeCAD, une application Open Source de modélisation par CAO qui est encore en bêta, mais qui a reçu un bon accueil ces dernières années. Naturellement, elle est facilement disponible dans les dépôts d'Ubuntu. Dans le cinquième article sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons travaillé sur un projet architectural de deux façons différentes. D'abord, nous avons utilisé l'atelier Arch pour créer un projet architectural moderne, dans lequel des informations complémentaires sont fournies à l'ordinateur, de telle sorte que FreeCAD est utilisé pour créer un Modèle intégré de construction (BIM - Building Integrated Model). Comme cette approche n'en est qu'au début de son développement, et qu'elle est limitée à des formes simples, nous avons ensuite utilisé une approche plus traditionnelle pour créer des volumes de la même manière que pour les projets précédents, mais à une échelle plus grande. La technique du balayage nous a permis de créer un élément avec la forme d'une arche en balayant une esquisse (un profil) le long d'une autre esquisse (le trait formant une arche).

Dans la nouvelle partie de cette

série, nous allons étendre les possibilités de FreeCAD en utilisant un peu de programmation en Python, pour créer une surface hélicoïdale sous la forme d'une roue dentée.

PROGRAMMER DANS FREECAD ? ET POURQUOI PYTHON ?

Comme le savent de nombreux lecteurs, le monde de l'implémentation des langages de programmation est divisé en deux catégories principales. Il y a des langages de programmation comme C ou Fortran dont le code source a besoin d'être compilé (dans le langage machine de l'ordinateur) pour être exécuté. Il y a aussi les langages interprétés qui n'ont pas besoin d'être compilés (ou « traduits », pour vous donner une image mentale de ce qui se passe en utilisant un com-

pilateur), mais peuvent être directement interprétés par un programme spécial sur l'ordinateur de l'utilisateur, appelé interpréteur. C'est le cas de nombreux langages de programmation très utilisés de nos jours, tels que PHP sur les serveurs et Python sur les ordinateurs des utilisateurs. En aparté, le langage Java tend à se rapprocher largement de la catégorie précédente des interprétés (avec certaines restrictions) tandis que le Javascript, au nom très proche, est vraiment d'un genre différent ; il est principalement utilisé par interprétation dans les navigateurs Web.

FreeCAD est construit en Python, donc en langage interprété. C'est vraiment pratique pour plusieurs raisons. D'abord, cela facilite le transport de l'application vers d'autres architectures d'ordinateurs et systèmes d'exploitation, pour autant que Python soit disponible sur la plateforme désirée - et

Python est vraiment répandu. En deuxième lieu, nous pouvons ouvrir une vue en console des travaux internes de FreeCAD en choisissant simplement l'option de menu Affichage > Vues > Console Python. Chaque action que nous réalisons dans l'interface utilisateur est directement convertie en Python et commande la logique centrale du programme - et nous pouvons le voir en temps réel dans cette console. Si, par exemple, je crée un nouveau projet, passe dans l'atelier Draft et dessine une ligne, voyez ci-dessous ce qui se passe réellement.

C'est très chouette, car on peut apprendre de manière interactive les différentes commandes utilisées. Naturellement, une fois acquis un ensemble de fondamentaux, ils peuvent être utilisés pour écrire ses propres scripts et les faire exécuter par FreeCAD.

```
>>> import WebGui
>>> from StartPage import StartPage
>>> WebGui.openBrowserHTML(StartPage.handle(), 'file:/// + App.getResourceDir() + 'Mod/Start/StartPage/', 'Start page')
>>> App.newDocument("Unnamed")
>>> App.setActiveDocument("Unnamed")
>>> App.ActiveDocument=App.getDocument("Unnamed")
>>> Gui.ActiveDocument=Gui.getDocument("Unnamed")
>>> Gui.activateWorkbench("DraftWorkbench")
>>> import Draft
>>> points=[FreeCAD.Vector(-5.26563731752, -5.3714927212, 0.0), FreeCAD.Vector(3.9703203574, -0.340363797945, 0.0)]
>>> Draft.makeWire(points, closed=False, face=True, support=None)
```

Pour prendre un exemple, écrivons un script simple en Python qui créera la forme d'une simple boîte. Créez un fichier nommé « test1.py » et copiez-y le code présenté en haut à droite.

La bibliothèque Part contient les outils de l'atelier Part. Nous commençons par créer un nouveau projet, appelé « Box Model » (Modèle de boîte). Nous en faisons le document actif (la fenêtre active) et nous ajoutons un nouvel objet basé sur le prototype « Part::Box », en le nommant « box1 ». Nous fixons ses dimensions et lançons un recalcul. Nous disons ensuite à l'interface utilisateur (« Gui ») d'agrandir la vue pour l'adapter à l'objet et de sélectionner la vue axonométrique (3D).

Pour exécuter notre script, passons sur une fenêtre de terminal dans le

même répertoire que celui de « test1.py » et lançons la commande :

```
freecad test1.py
```

Nous verrons FreeCAD démarrer et exécuter notre script ligne par ligne, avec le résultat final tel que montré ci-dessous.

Comme second exemple, construisons quelque chose de légèrement plus complexe : la forme d'une boîte de conserve qui consiste en une forme plate (deux arcs rattachés par des segments droits) qui sera ensuite extrudée pour former un volume. En bas à droite, voici le script, dans le fichier « test2.py ».

Expliquons ce qui diffère de l'exemple précédent. Dans ce cas, nous commençons notre nouvel objet

```
import Part
```

```
doc = FreeCAD.newDocument("Box Model")
doc = App.ActiveDocument
box1 = doc.addObject("Part::Box", "box1")
box1.Height = 40
box1.Width = 30
box1.Length = 50
```

```
doc.recompute()
```

```
Gui.SendMsgToActiveView("ViewFit")
Gui.activeDocument().activeView().viewAxometric()
```

```
:
```

```
import Part
```

```
doc = FreeCAD.newDocument("Tin")
```

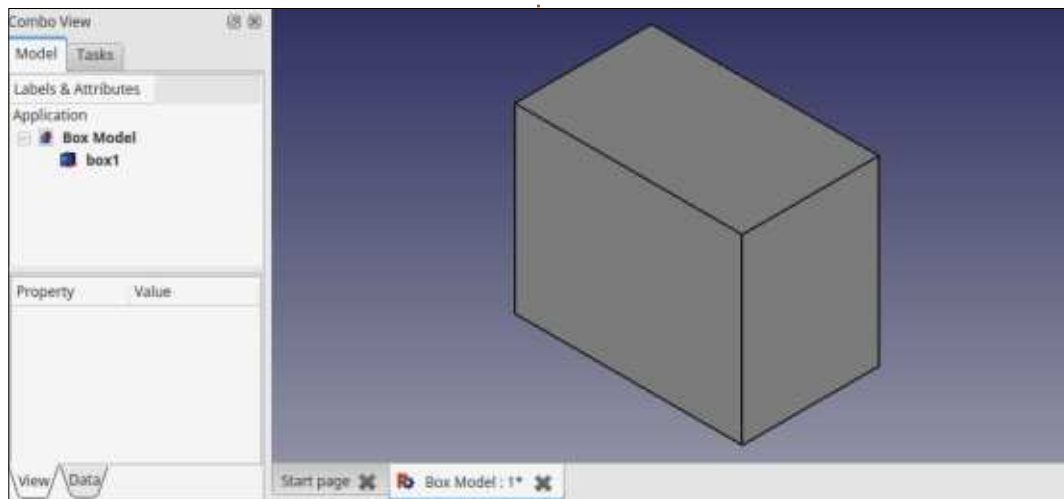
```
V1 = FreeCAD.Vector(0,10,0)
V2 = FreeCAD.Vector(30,10,0)
V3 = FreeCAD.Vector(30,-10,0)
V4 = FreeCAD.Vector(0,-10,0)
```

```
L1 = Part.Line(V1,V2)
L2 = Part.Line(V4,V3)
```

```
VC1 = FreeCAD.Vector(-10,0,0)
C1 = Part.Arc(V1,VC1,V4)
VC2 = FreeCAD.Vector(40,0,0)
C2 = Part.Arc(V2,VC2,V3)
```

```
E1 = Part.Edge(L1)
E2 = Part.Edge(C1)
E3 = Part.Edge(L2)
E4 = Part.Edge(C2)
```

```
W = Part.Wire([E1,E2,E3,E4])
F = Part.Face(W)
P = F.extrude(FreeCAD.Vector(0,0,10))
tin = doc.addObject("Part::Feature", "tin_solid")
tin.Shape = P
doc.recompute()
Gui.SendMsgToActiveView("ViewFit")
Gui.activeDocument().activeView().viewAxometric()
doc.saveAs("tin.fcstd")
```



en créant quatre vecteurs V1 à V4, qui indiquent la position des points de connexion entre les arcs et les lignes droites. Nous créons ensuite les segments droits, L1 et L2, et, enfin, les arcs C1 et C2. Nous devons ensuite convertir ces quatre éléments en objets Edge, E1 à E4, qui sont alors connectés en un objet Wire W. C'est le tracé du haut de la boîte de conserve. Assurez-vous bien, s'il vous plaît, que les lignes et les arcs sont définis dans l'ordre exact, sinon des erreurs de connectivité peuvent apparaître. Enfin, le Wire est converti en un objet bidimensionnel Face, F, qui est ensuite extrudé dans la forme P. Un volume générique est dérivé de « Part::Feature » et P est attribué à sa forme.

En touche finale, l'objet fini peut être sauvegardé directement dans le script en appelant la procédure doc.saveAs. À l'exécution dans un terminal,

le résultat de notre script est présenté ci-dessous.

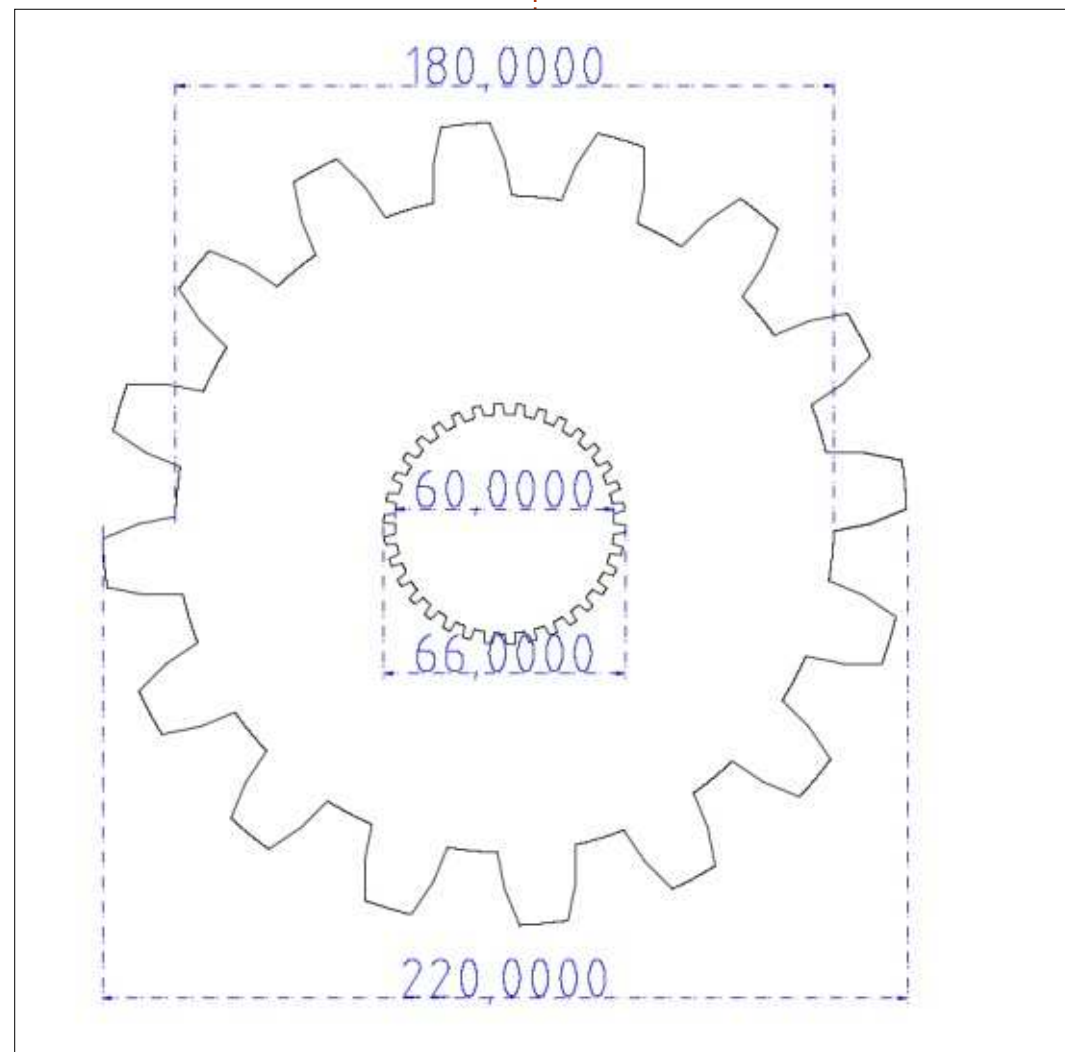
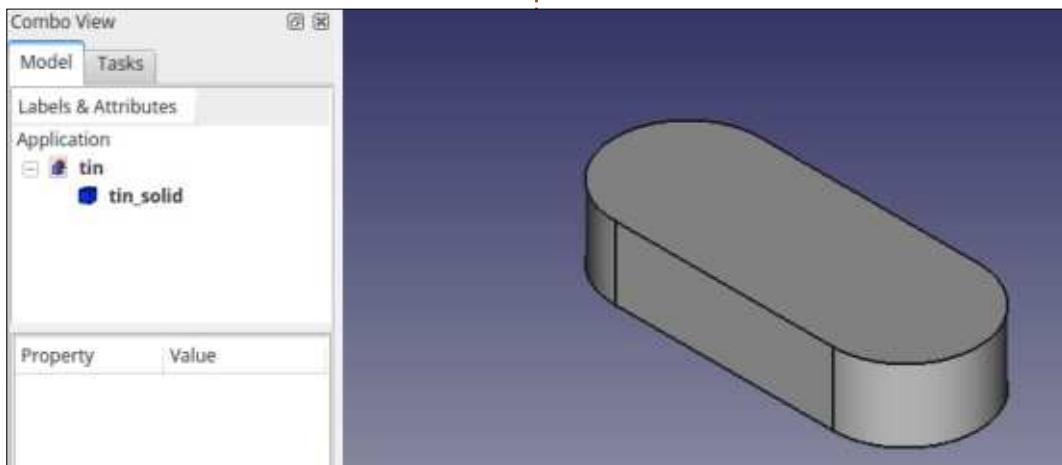
DESSINONS QUELQUES ENGRENAGES

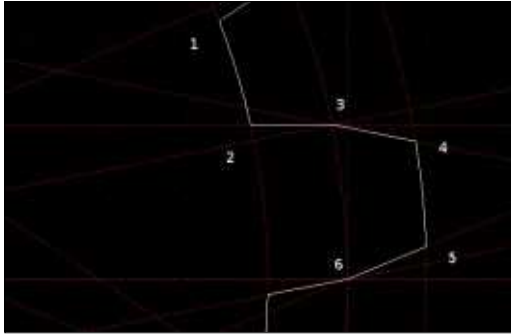
L'utilisation d'un script peut devenir utile quand nous avons besoin d'une forme qui contient de nombreux éléments similaires, mais différents et calculables. Dans de tels cas, l'écriture d'un programme pour itérer nos formes peut être un vrai gain de temps. Un cas typique est lors de la création d'une roue dentée. Une telle roue peut être vue comme la combinaison d'une forme extérieure faite d'un certain nombre de dents ou pignons et d'une forme intérieure qui délimite l'axe. Celle-ci peut être lisse ou cannelée de sorte que l'axe peut transmettre le couple vers et depuis la roue. Les formes intérieures et ex-

térieures de la roue sont toutes les deux faites d'un motif de base qui est répété avec un décalage fixe entre chaque dent.

Concentrons-nous sur la forme extérieure, légèrement plus complexe que les cannelures internes. Individuellement, chaque dent est centrée à un

certain rayon du centre de la roue, ou surface d'appui. Dans notre cas, nous spécifions un rayon de 100 mm. En simplifiant quelque peu, c'est le point où les autres engrenages connectés à celui-ci vont transmettre leur force. Dans notre schéma, les points 3 et 6 sont sur cette surface. En allant vers l'extérieur, les dents s'étirent jusqu'à





une limite extérieure, le plat sommital. Les points 4 et 5 sont sur ce rayon, fixé à 110 mm dans notre cas. Enfin, nous avons besoin de dégager de la place vers l'intérieur pour laisser passer les dents de l'autre roue. Aussi, nous allons vers l'intérieur jusqu'au fond plat, à un rayon de 90 mm dans notre cas, et obtenons les points 1 et 2. Nous répéterons cette forme de base sur les 16 dents de notre roue.

Notre script (à droite) dessinera simplement une série de lignes des sommets 1 à 6 puis vers le sommet 1 de la dent suivante. Comme Python a une bibliothèque mathématique « math », les fonctions sinus et cosinus peuvent être utilisées pour calculer une paire de coordonnées X-Y pour chaque sommet. Le script lui-même est vraiment simple. À noter : dans notre exemple, nous utilisons seulement des segments droits. Cependant, dans un engrenage réel, les surfaces de fond et sommitale et les surfaces de contact seraient le plus

```
import Part, math
radius = 100 # wheel pitch surface radius (mm)
bottom = 90 # bottom land radius (mm)
top = 110 # top land radius (mm)
teeth = 16 # number of teeth
doc = FreeCAD.newDocument("Cog")
vertex1 = []
for i in range(0, teeth):
    x = bottom * math.cos(2 * math.pi * (i - 0.45) / teeth)
    y = bottom * math.sin(2 * math.pi * (i - 0.45) / teeth)
    vertex1.append(FreeCAD.Vector(x, y, 0))
vertex2 = []
for i in range(0, teeth):
    x = bottom * math.cos(2 * math.pi * (i - 0.05) / teeth)
    y = bottom * math.sin(2 * math.pi * (i - 0.05) / teeth)
    vertex2.append(FreeCAD.Vector(x, y, 0))
vertex3 = []
for i in range(0, teeth):
    x = radius * math.cos(2 * math.pi * i / teeth)
    y = radius * math.sin(2 * math.pi * i / teeth)
    vertex3.append(FreeCAD.Vector(x, y, 0))
vertex4 = []
for i in range(0, teeth):
    x = top * math.cos(2 * math.pi * (i + 0.1) / teeth)
    y = top * math.sin(2 * math.pi * (i + 0.1) / teeth)
    vertex4.append(FreeCAD.Vector(x, y, 0))
vertex5 = []
for i in range(0, teeth):
    x = top * math.cos(2 * math.pi * (i + 0.4) / teeth)
    y = top * math.sin(2 * math.pi * (i + 0.4) / teeth)
    vertex5.append(FreeCAD.Vector(x, y, 0))
vertex6 = []
for i in range(0, teeth):
    x = radius * math.cos(2 * math.pi * (i + 0.5) / teeth)
    y = radius * math.sin(2 * math.pi * (i + 0.5) / teeth)
    vertex6.append(FreeCAD.Vector(x, y, 0))
edges = []
for i in range(0, teeth):
    nexti = (i + 1) % teeth
    L1 = Part.Line(vertex1[i], vertex2[i])
    edges.append(Part.Edge(L1))
    L2 = Part.Line(vertex2[i], vertex3[i])
    edges.append(Part.Edge(L2))
    L3 = Part.Line(vertex3[i], vertex4[i])
    edges.append(Part.Edge(L3))
    L4 = Part.Line(vertex4[i], vertex5[i])
    edges.append(Part.Edge(L4))
    L5 = Part.Line(vertex5[i], vertex6[i])
    edges.append(Part.Edge(L5))
    L6 = Part.Line(vertex6[i], vertex1[nexti])
    edges.append(Part.Edge(L6))
W = Part.Wire(edges)
F = Part.Face(W)
wheel = doc.addObject("Part::Feature", "cog")
wheel.Shape = F
doc.recompute()
```

souvent dessinées avec des arcs.

Une fois que nous avons la forme du pignon dans FreeCAD, nous pourrions en l'utilisant « à la main » dans l'interface utilisateur habituelle, comme base d'une extrusion ou d'une autre opération que nous souhaiterions. Avec un script similaire pour dessiner la forme centrale crénelée des cannelures, nous pouvons extruder en même temps le volume extérieur de la roue dentée et le volume intérieur de l'axe, puis utiliser une opération booléenne pour extraire l'un de l'autre. Nous pouvons ainsi obtenir la forme tradition-

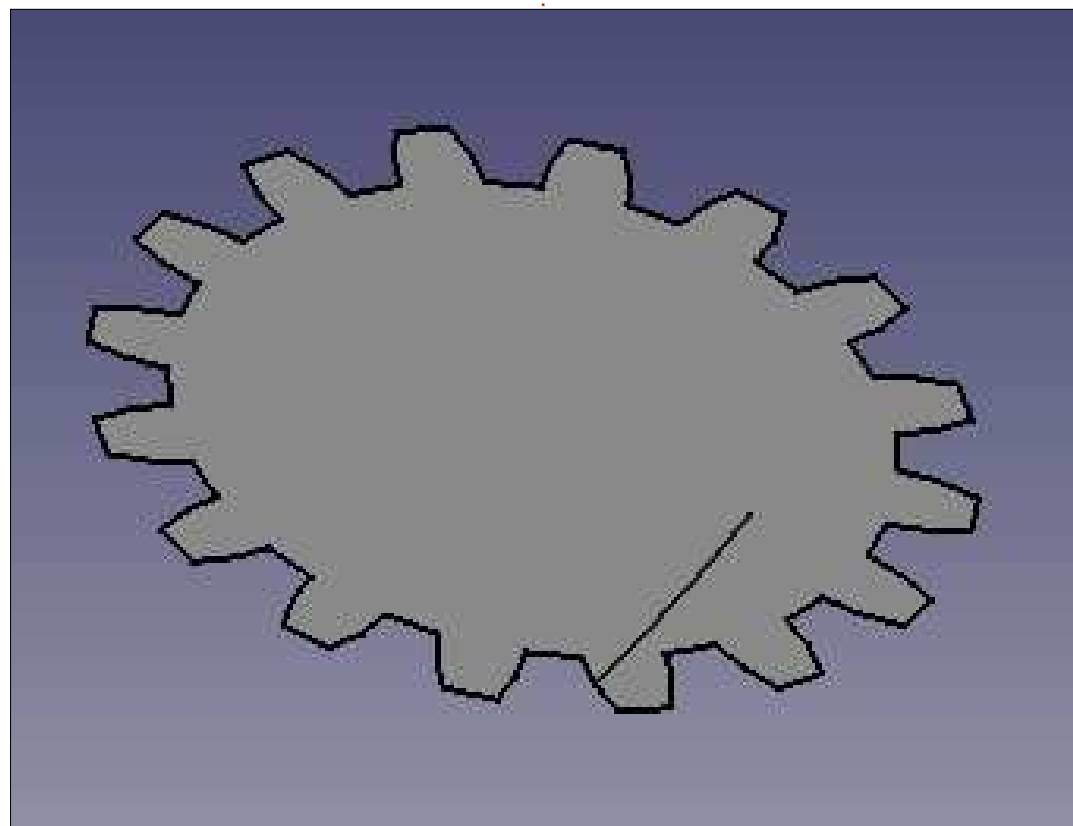
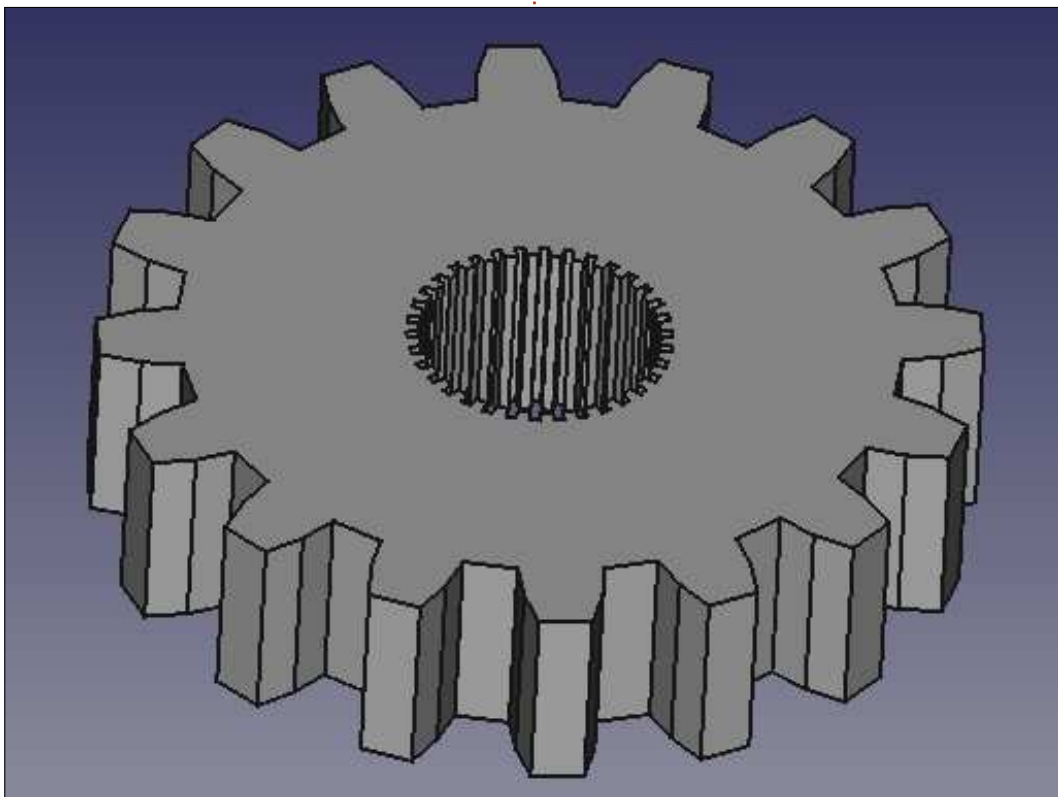
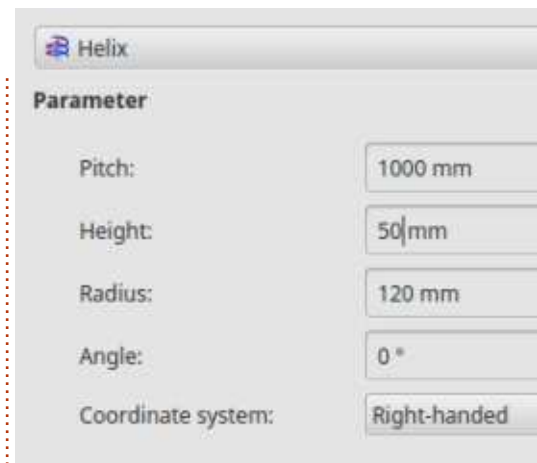
nelle d'un engrenage droit que nous trouverions dans de nombreuses applications classiques telles qu'une boîte de transfert d'un véhicule 4x4.

Cependant, les dents droites ont le désavantage de créer pas mal de bruit à l'utilisation, car, lors de chaque rotation, chaque dent engage immédiatement la dent correspondante de l'autre roue dentée sur toute la largeur de la dent. Ceci produit le bruit typique de gémissement que nous pouvons entendre sur certains montages mécaniques. Dans des applications plus modernes où la douceur de fonc-

tionnement et les faibles émissions sonores sont appréciées, comme dans les boîtes de vitesse de véhicules, les engrenages hélicoïdaux peuvent être préférés.

Pour dessiner un tel engrenage, le même motif de dent peut être utilisé, mais il est balayé le long d'un chemin hélicoïdal plutôt qu'avec un simple outil d'extrusion linéaire.

Commencez, dans l'atelier Part, par sélectionner l'option de menu Pièce > Créer des primitives. Là, vous



pouvez sélectionner la forme Hélice. Comme je souhaite créer un engrenage de 50 mm d'épaisseur, avec des dents penchées à environ 1:20 sur l'épaisseur de la roue, je choisis une hauteur d'hélice de 50 mm, mais un axe de tangage de 1000 mm entre les spires de l'hélice. Le rayon extérieur de l'hélice devrait correspondre à celui du point où elle sera créée. Des hélices à pas droit ou gauche peuvent être utilisées, suivant le besoin.

Une fois la ligne hélicoïdale tracée, elle peut être utilisée comme chemin le long duquel la face extérieure du pignon peut être balayée, en utilisant les mêmes outils que lors de la création de l'arche gothique dans la partie précédente de la série. La surface intérieure sera créée en utilisant une extrusion linéaire comme précédemment, car les cannelures intérieures d'un engrenage hélicoïdal restent droites pour faciliter l'assemblage de la roue sur l'axe support. La roue résultante est en fait une assez bonne approximation d'une vraie roue dentée. Cependant, certains aspects pourraient être mieux rendus, tels que les bords extérieurs biseautés pour les rendre moins agressifs ou l'enlèvement d'une partie de la matière de la roue pour l'alléger et utiliser moins de matière pour la fabriquer. Ces opérations peuvent être faites dans FreeCAD et

sont laissées au lecteur comme exercice (indice : utiliser une surface de révolution pour créer les évidements sur chaque face).

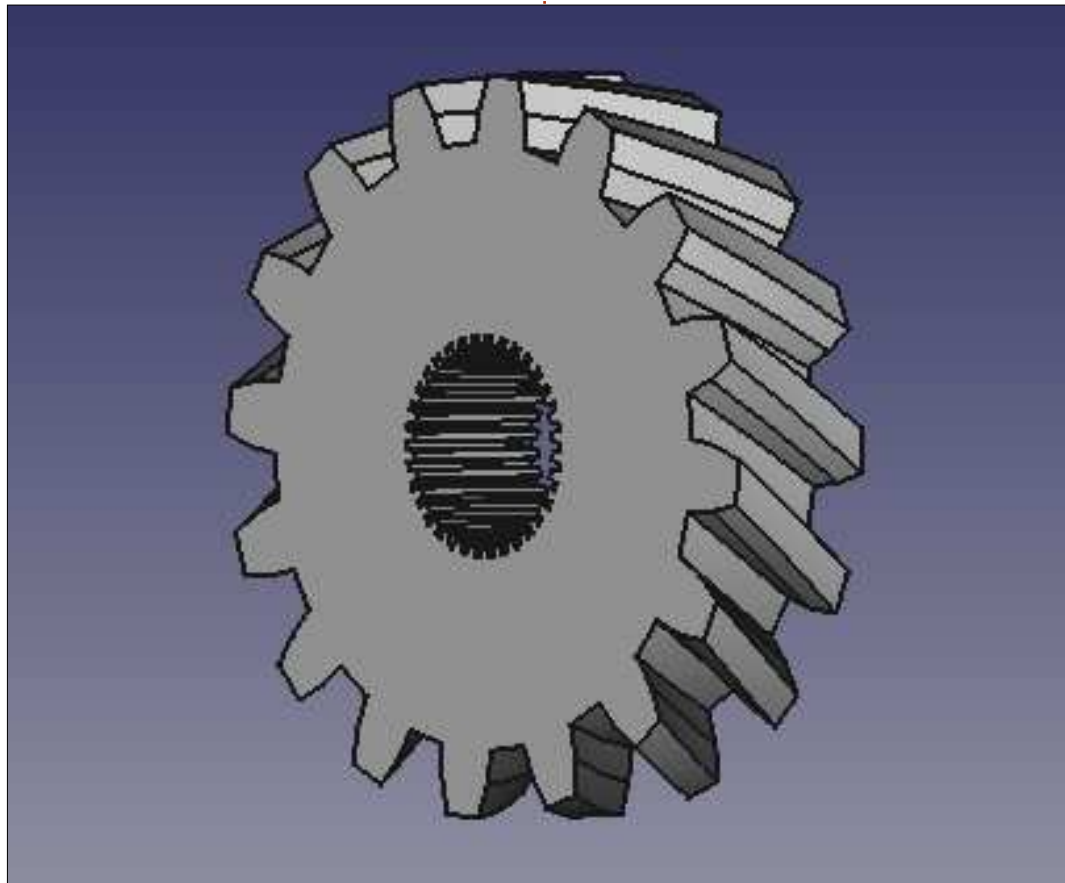
ET ENSUITE ?

Dans cet article sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons étendu les possibilités de FreeCAD en utilisant un peu de programmation en Python pour créer une surface hélicoïdale dans la forme d'une roue dentée. Une

fois la forme de base dessinée en utilisant un script, elle peut être utilisée en combinaison avec une autre des techniques disponibles dans l'interface graphique pour créer l'objet final. Python est un ensemble de programmation complètement développé, contenant des bibliothèques à la fois pour les mathématiques et pour d'autres besoins, et il peut être utilisé en combinaison avec FreeCAD pour créer des objets qui n'existent pas dans la bibliothèque d'origine des

formes de base.

Dans la prochaine partie de la série, nous nous concentrerons sur un objet à la primitive plus complexe qui nous permettra de créer des formes et des volumes avec moins de régularité, le maillage.



Détenteur d'un doctorat au sujet de la société de l'information et du savoir, **Alan** enseigne l'informatique à l'Escola Andorrana de Batxillerat, un lycée. Il a donné des cours de GNU/Linux à l'Université d'Andorre et, auparavant, avait enseigné l'administration des systèmes GNU/Linux à l'Université ouverte de Catalogne (UOC).



Dans cette série, nous examinerons le monde de FreeCAD, une application Open Source de modélisation par CAO qui est encore en bêta, mais qui a reçu un bon accueil ces dernières années. Naturellement, elle est facilement disponible dans les dépôts d'Ubuntu. Dans le précédent article sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons travaillé sur un projet architectural de deux manières différentes. D'abord, nous avons utilisé l'atelier Arch pour créer un projet architectural moderne, dans lequel des informations supplémentaires sont fournies à l'ordinateur, de sorte que FreeCAD est utilisé pour créer un Modèle Intégré de Construction (Building Integrated Model - BIM). Comme cette approche n'en est qu'au début de son développement, et qu'elle est limitée à des formes simples, nous avons ensuite utilisé une approche plus traditionnelle pour créer des volumes de la même manière que pour les projets précédents, mais à une échelle plus grande. La technique du balayage nous a permis de créer un élément avec la forme d'une arche en balayant une esquisse (un profil) le long d'une autre esquisse (le trait formant une arche).

Dans l'article d'aujourd'hui, nous nous concentrerons sur un objet primitive plus complexe qui nous permet de créer des formes et des volumes ayant une moindre régularité, le maillage.

QU'EST-CE QU'UN MAILLAGE ?

Un maillage peut être vu comme une représentation d'un objet à deux dimensions (une surface), située dans l'espace tridimensionnel. Les objets maillés peuvent être faits de nombreux types de composants élémentaires, dont certains potentiellement plutôt complexes comme les B-splines Rationnelles Non-uniformes (NURBS - Non-Uniform Rational B-Splines). Cependant, les variantes les plus communes sont de simples triangles et des éléments à quatre côtés. Il y a plusieurs raisons à cela, dont le fait que les surfaces les plus complexes peuvent être approximées par des triangles avec un niveau de précision raisonnable, d'une façon assez voisine de certaines fonctions mathématiques qui sont souvent représentées à l'écran par une matrice de segments droits, alors que ces fonctions n'ont en réalité aucun bout de ligne droite dans toute leur

forme. Un autre aspect de l'équation est que beaucoup de méta-langages informatiques décrivant des scènes en 3D - comme OpenGL - ont des primitives pour de tels triangles.

Cependant, suivant l'application, les formats de fichiers d'une scène en 3D peuvent contenir plus ou moins d'information sur le maillage. Un des formats de fichiers utilisés communément en impression 3D, le format de stéréolithographie (STL), ne contient qu'une liste de triangles. Les sommets sont répétés si besoin et aucune autre information sur la structure de l'objet sous-jacent n'est enregistrée. Dans un cas plus compliqué comme la dynamique des fluides par ordinateur (CFD - Computer Fluid Dynamics), des boîtes à outils telles que OpenFOAM (<https://openfoam.org/>) ont un format de fichier qui dessine le maillage en utilisant une liste de sommets, puis une liste des faces faisant référence aux sommets et enfin le maillage complet sous forme de liste de faces avec leurs positions relatives et les variables associées. La pression du fluide, la vitesse et la température sont souvent utilisées et doivent être stockées pour plusieurs points temporels dans des struc-

tures auxiliaires qui s'articulent sur le maillage.

FreeCAD sait déjà construire plusieurs types de maillage de base, tels que les formes simples (cylindre, cône, sphère) définies dans l'atelier Part. Ces maillages peuvent être exportés dans plusieurs formats de fichier, dont STL. Il suffit de choisir la pièce, puis passer dans l'atelier Mesh design et choisir l'option de menu Maillages > Créer un maillage à partir d'une forme. Une nouvelle pièce, qui est la version maillée de l'original, sera insérée dans le projet. Toujours dans l'atelier Mesh design, des outils sont disponibles pour exporter le maillage dans un fichier (outil de droite).



Une fois qu'un fichier STL a été sauvegardé, il peut être utilisé avec la plupart des imprimantes 3D pour imprimer une copie physique de notre forme d'origine.

IMPORTER ET UTILISER DES MAILLAGES

Une autre fonctionnalité intéressante de l'atelier Mesh design est sa

capacité à importer un maillage depuis un fichier et à créer un nouvel élément Part à partir des données importées. J'ai téléchargé un maillage de test nommé DAVID-Angel depuis le site du producteur de scanner 3D DAVID (<http://www.david-3d.com/en/support/downloads>). J'ai ensuite utilisé l'outil Maillage (le plus à gauche des deux) pour importer le maillage dans un nouveau projet FreeCAD. Le résultat était très bon, et on peut naviguer autour du modèle numérique et examiner de près les bras plutôt dodus de la statue, si cela vous intéresse.

D'autres pièces peuvent être ajoutées à la scène dans FreeCAD, nous permettant de modifier le modèle, puis d'exporter notre version modifiée, si besoin. Une utilisation particulière

de cela pourrait être l'ajout de supports ou d'éléments auxiliaires à un modèle, avant son impression en 3D.



Pour prendre un exemple, j'ai ajouté une base circulaire à la statue de l'ange.

Cependant, certaines précautions doivent être prises quand on travaille sur des modèles avec énormément de triangles. Le maillage de l'ange utilisé ci-dessus est déjà tout à fait capable de dépasser la quantité de mémoire gérée par FreeCAD ; aussi, il peut être judicieux de sauvegarder notre travail à des étapes rapprochées.

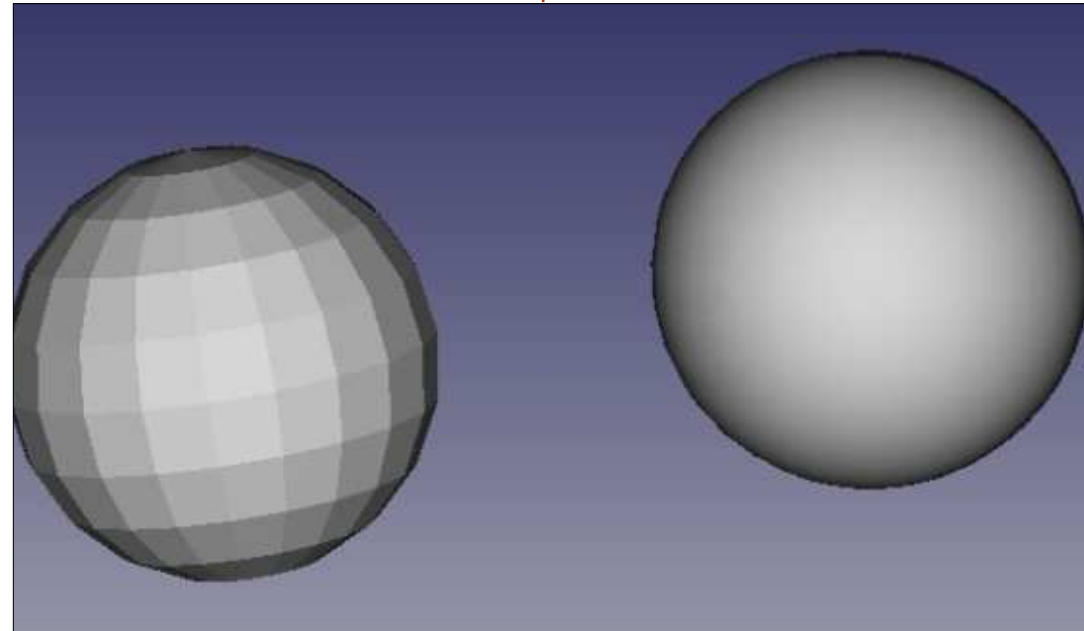
CRÉER NOS PROPRES MAILLAGES

Le format de fichier STL n'est à la base qu'un fichier texte avec une structure interne très simple. Par exemple,

pour créer un maillage qui ne contient qu'une seule facette carrée, nous pouvons utiliser le code suivant :

```
solid Square (Meshed)
facet normal 0.0 0.0 1.0
  outer loop
    vertex 1.0 1.0 0.0
    vertex -1.0 1.0 0.0
    vertex -1.0 -1.0 0.0
    vertex 1.0 -1.0 0.0
  endloop
endfacet
endsolid Mesh
```

La plupart des informations sont immédiatement compréhensibles. Le mot-clé « normal » indique le vecteur normé de la facette, nous disant en gros quelle face de la facette doit être considérée comme « extérieure »



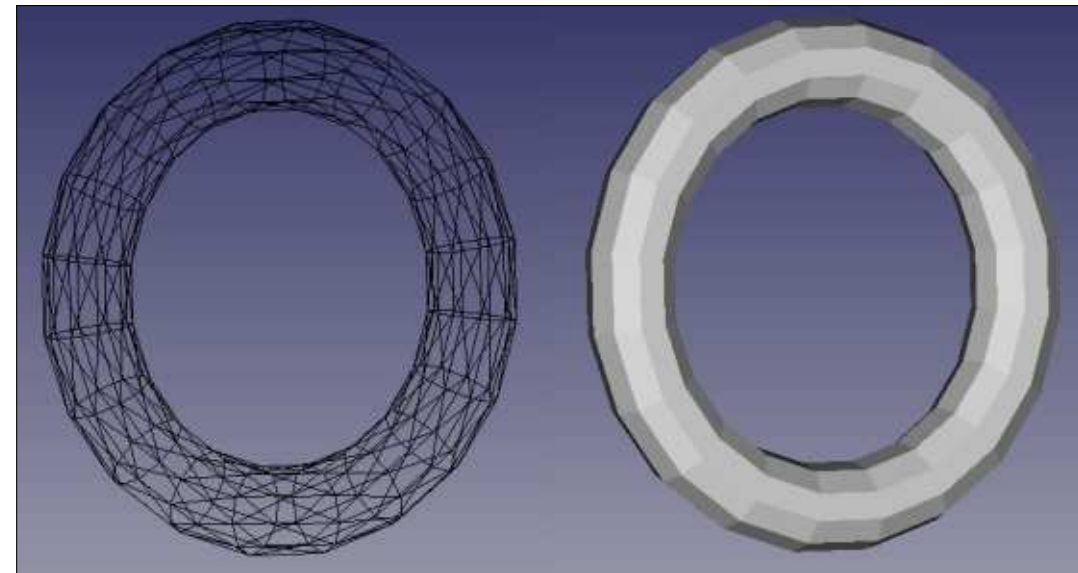
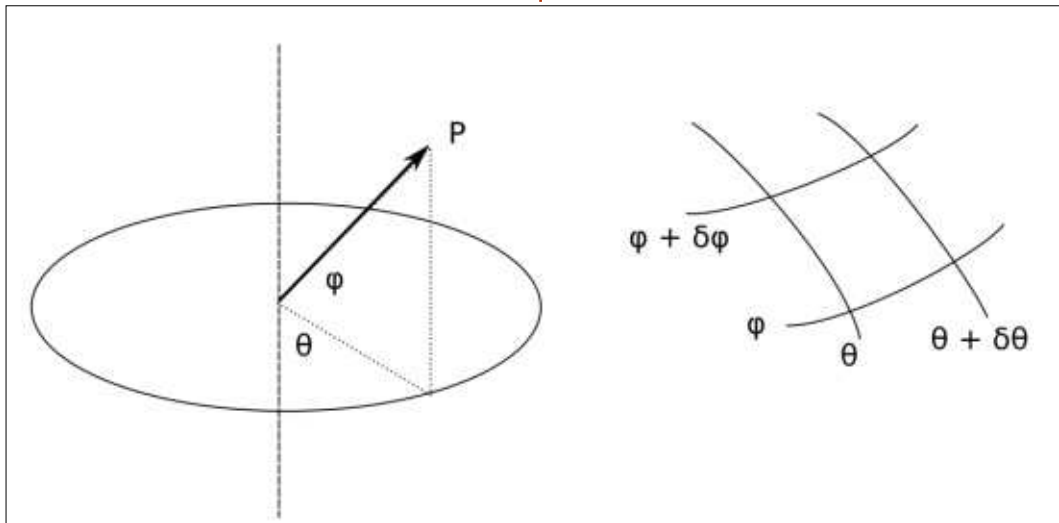
ou « intérieure » au regard de l'ensemble de l'objet. Si une facette triangulaire est exigée, il suffit d'utiliser trois sommets pour la définir. Si plusieurs facettes sont nécessaires, répétez la séquence facet... endfacet.

Cette structure très simple rend très facile l'écriture de nos propres programmes de création automatique d'un fichier de maillage. Elle peut être faite avec à peu près n'importe quel langage de programmation tel que Pascal, Java, JavaScript avec node.js, et beaucoup d'autres, mais ma préférence ira à Python, en se souvenant du fait que FreeCAD est écrit dans ce langage. Commençons avec une simple sphère. Dans la copie d'écran page précédente, l'objet en bas à droite - vu tel quel dans FreeCAD - est une instance de l'objet Sphère intégré dans l'application. Au contraire, l'objet de gauche est un maillage qui a été généré avec un simple script en Python.

Tout point P de la surface de la sphère peut être défini en utilisant l'angle horizontal théta (θ) avec le plan équatorial et l'angle vertical phi (ϕ) pour donner sa hauteur au-dessus du plan. En fait, c'est ce que nous faisons quand nous utilisons les latitudes et longitudes pour donner la position d'un objet ou d'un lieu à la surface de la terre. Aussi, notre programme a juste

besoin de calculer une série de coordonnées, en faisant varier θ de zéro à $2n$ radians et ϕ de $-\pi/2$ à $\pi/2$. Les radians sont l'unité de mesure d'angle choisie car c'est celle que l'ordinateur utilise pour calculer les sinus et les cosinus.

Une fois que nous avons paramétré notre double boucle for, nous devons transformer les formes plus ou moins rectangulaires, horizontalement entre θ et $\theta + \delta\theta$ et verticalement entre ϕ et $\phi + \delta\phi$ - où les deltas sont les écarts entre les différentes valeurs de chaque angle respectif. La façon la plus rapide est de couvrir cette zone avec deux triangles. Le programme Python est simple, mais un peu trop long pour ce qui peut être acceptable pour cette publication. Pour cette raison, je l'ai mis sur Pastebin à l'adresse suivante :

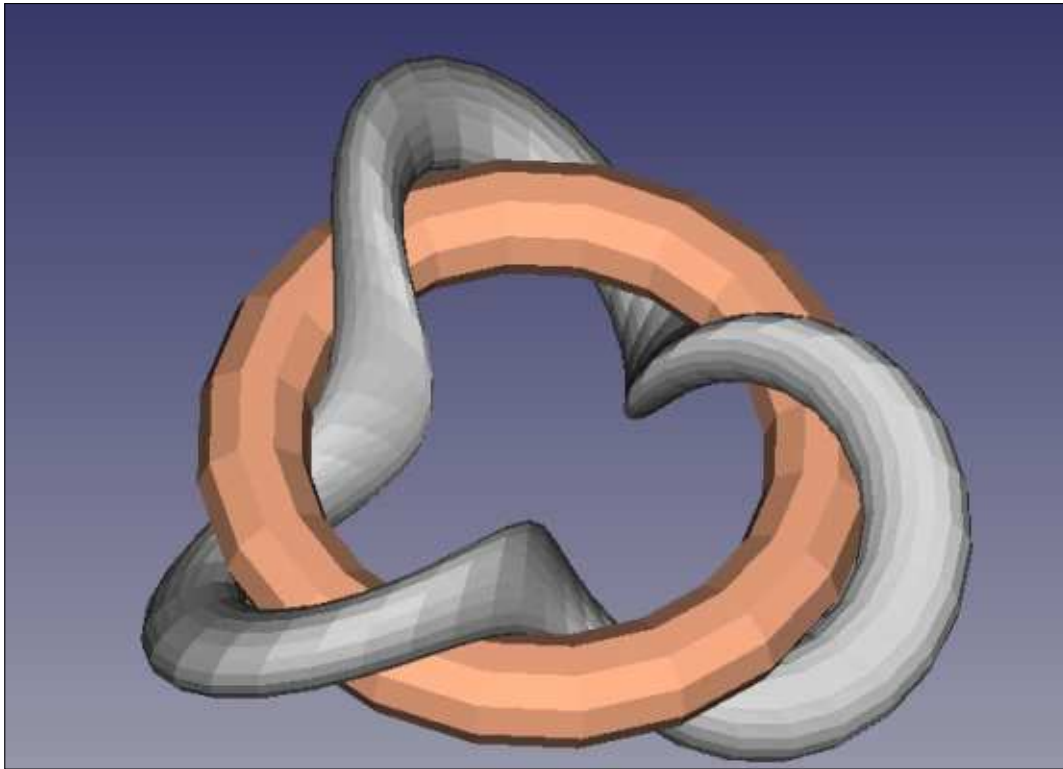


<https://pastebin.com/jvw35AgZ>. N'hésitez pas à l'utiliser - et à faire des expériences.

Pour aller vers des objets plus complexes, un anneau - ou, en termes mathématiques, un tore - est un objet qui a deux rayons : d'un côté, le rayon

principal de l'anneau, et un rayon secondaire qui définit l'épaisseur de l'objet, sur une surface à angles droits avec la surface principale. Dans la capture d'écran ci-dessus, nous pouvons voir deux copies du maillage telles qu'importées dans FreeCAD, une à gauche avec le maillage apparent et la seconde à droite avec sa « peau ». De cette façon, nous pouvons voir que ce qui semble être des facettes plates à quatre côtés est en fait la combinaison de deux triangles.

Le programme en Python pour créer ce fichier de maillage a un code vraiment très similaire au précédent. Cependant, dans ce cas, ϕ doit itérer sur la totalité de la circonférence (de $-\pi$ à π) pour terminer la forme en tube de l'anneau par les petits cercles. Comme

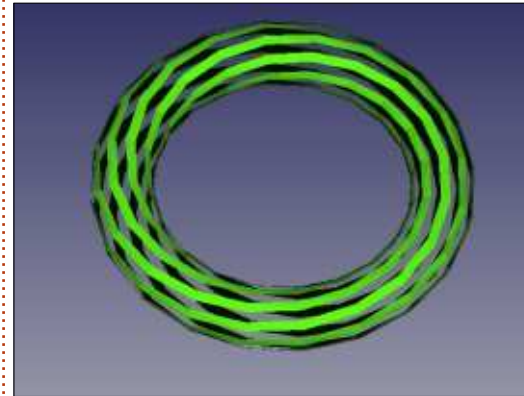


précédemment, θ itère sur le cercle principal de l'anneau. Le code peut être trouvé à : <https://pastebin.com/BNxPztFP>. Notez l'utilisation de r_1 , le grand rayon, réglé ici à 5 unités, et r_2 , le petit rayon, réglé ici à 1 unité.

Une fois le code de base terminé, nous pouvons nous amuser avec les mathématiques. Par exemple, nous pouvons tordre la matière de l'anneau principal, en lui donnant un rayon de plus (le troisième) pour le décaler de sa position « normale » et avoir une rotation circulaire multiple lors des itérations de θ . Nous pourrions, par

exemple, utiliser $\cos(3\theta)$ et $\sin(3\theta)$ pour calculer ses coordonnées radiales et verticales de façon à voir l'anneau « vibrionner » trois fois autour de la circonférence principale. Si notre objet résultant est très plat, et le nombre de tours impair, il peut même ressembler à un anneau de Moëbius. Dans la copie d'écran ci-dessus, nous pouvons voir notre anneau original, couleur cuivre, combiné avec la nouvelle forme torse, en gris. Le code en Python pour créer ce fichier de maillage est, comme toujours, sur Pastebin : <https://pastebin.com/ZvnDdLTX>.

Un avantage d'écrire nos propres programmes est que nous pouvons ensuite continuer à modifier nos objets comme nous le voulons. Une simple modification dans la valeur de $\delta\phi$ peut faire que nos triangles couvrent seulement la moitié de notre objet. Si, au même moment, nous lui donnons une seule torsion tout en itérant sur θ , l'apparence finale peut ressembler, non pas à une forme unique, mais à une collection d'anneaux imbriqués. Sur la copie d'écran suivante, notez comment chaque anneau tourne une fois autour de ϕ tout en faisant son chemin sur l'anneau principal.



ET ENSUITE ?

Dans cet article sur l'utilisation de FreeCAD, nous nous sommes concentrés sur un objet primitive plus complexe qui nous permet de créer des

formes et des volumes présentant moins de régularité, le maillage. Par l'utilisation du format de fichier STL, largement accepté, un maillage ou collection de simple facettes triangulaires ou à quatre faces peut être récupéré, soit d'un appareil de scanner physique en 3D, soit du travail d'autres personnes, ou créé en utilisant les programmes ad-hoc. Avec un peu d'expertise en mathématiques, les objets créés peuvent varier de l'objet le plus simple à d'autres largement plus complexes.

Dans la prochaine partie, nous utiliserons cette technique en combinaison avec d'autres outils FreeCAD plus classiques, pour construire une représentation 3D d'un immeuble moderne avec une structure de toit en treillis.



Détenteur d'un doctorat au sujet de la société de l'information et du savoir, **Alan** enseigne l'informatique à l'Escola Andorrana de Batxillerat, un lycée. Il a donné des cours de GNU/Linux à l'Université d'Andorre et, auparavant, avait enseigné l'administration des systèmes GNU/Linux à l'Université ouverte de Catalogne (UOC).



Dans cette série, nous examinons le monde de FreeCAD, une application Open Source de modélisation par CAO qui est encore en bêta, mais qui a reçu un bon accueil ces dernières années. Naturellement, elle est facilement disponible dans les dépôts d'Ubuntu. Dans l'article précédent (le septième) sur l'utilisation de FreeCAD, nous nous sommes concentrés sur le maillage en tant qu'objet primitif complexe, qui nous permet de créer des formes et des volumes, soit à partir de données numérisées, soit par des techniques de programmation simples.

Dans cette partie, nous utiliserons cette technique en combinaison avec d'autres outils FreeCAD plus ordinaires pour construire une représentation 3D d'un immeuble moderne avec une structure de toit en treillis.

LES MAILLAGES ARCHITECTURAUX

Une partie de l'inspiration de cet article vient d'immeubles comme les Esplanade Theatres on the Bay à Singapour (DP Architects) et l'auditorium du Rihke Park à Tbilissi (Géorgie) (Studio Fuksas). Dans tous les cas, un

arrangement maillé a été utilisé pour l'extérieur de l'immeuble. D'un point de vue architectural, cette technique a au moins deux points forts :

- D'une part, le treillis peut supporter une proportion importante de son propre poids, ce qui permet à l'architecte de couvrir une grande surface sans utiliser de supports internes comme des colonnes. C'est parfait pour les larges espaces ouverts tels que des salles de concert ou de sport, ou même les grands halls des bâtiments d'aéroport, tels que l'aéroport international de Hong Kong à Chek Lap Kok.
- D'autre part, l'utilisation d'un treillis implique qu'une partie de la force structurelle vient de l'emploi des surfaces courbes qui partagent certaines de leurs propriétés avec l'arche. Le résultat final est un bâtiment qui évite les formes plates et régulières qui sont devenues si communes dans l'architecture urbaine du siècle dernier.

Certains treillis simples peuvent être dessinés « à la main », tant que les formes générales restent planes ou utilisent une courbure unique. Cependant, dès que la forme finale contient deux courbures - le long de deux axes d'intersection en même temps -

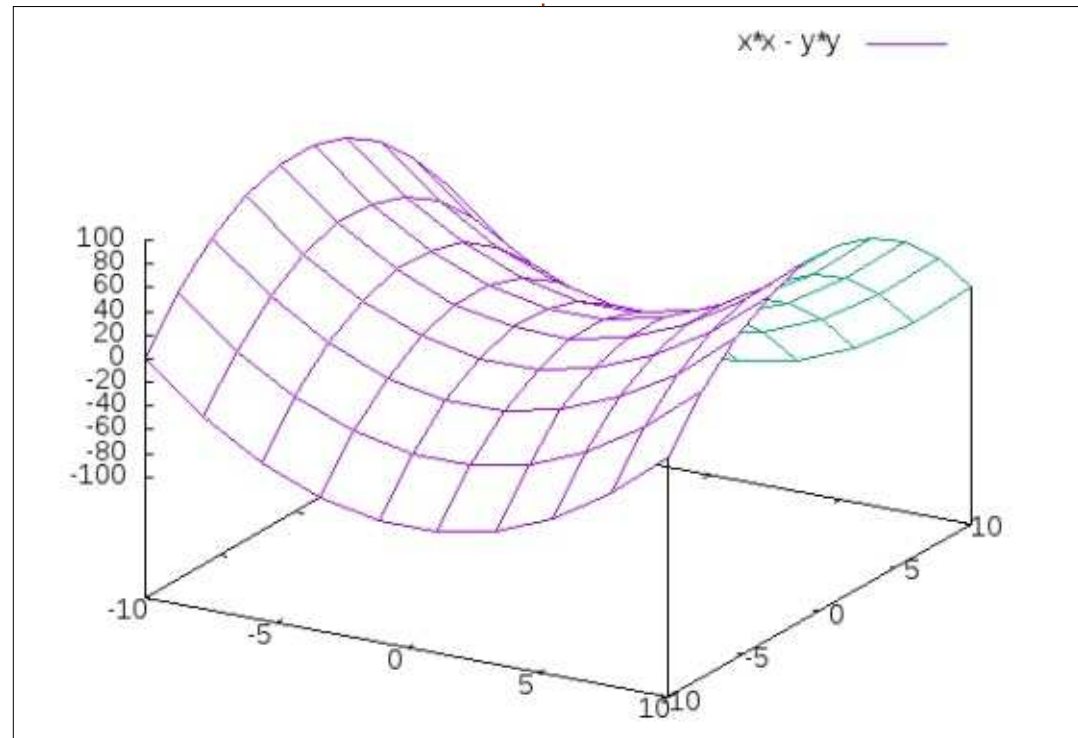
les choses tendent à devenir un peu plus complexes. C'est là que l'ordinateur prend place comme outil essentiel pour calculer la position de chaque point du treillis et, de là, calculer les contraintes attendues dans la structure physique.

Par exemple, considérons la fonction hauteur $h(x, y) = x^2x - y^2y$. Un simple tracé de la surface nous montre que, au voisinage du point d'origine des coordonnées (0, 0, 0), cette surface montre une courbure concave vers le

haut, le long de l'axe X. Cependant, la courbure est convexe le long de l'axe Y, tournée aussi vers le haut. Cette fonction très simple montre une double courbure qui est facile à calculer, mais qui n'est pas facile à dessiner avec précision sans l'aide d'un ordinateur.

L'INTÉGRATION D'UN TREILLIS DANS UN BÂTIMENT

Dans la présentation qui suit, nous créerons un pavillon de taille moyenne



utilisant un treillis défini avec la fonction ci-dessus. Naturellement, le lecteur n'est pas encouragé à construire en vrai une telle structure, à moins de disposer d'une grande expérience d'ingénieur et d'architecte pour s'assurer que les matériaux sont correctement choisis et dimensionnés, que les règles d'urbanisme local sont respectées et que la construction a des chances de résister pour l'usage prévu. Il y a quelques aspects délicats à considérer avec ce type de construction, le fait que le treillis soit contraint en compression dans l'axe Y et en tension dans l'axe X, n'étant pas le moindre, et le tout

par son propre poids. Des facteurs comme la pression du vent et le poids de la pluie, de la glace, de la neige, etc., seraient aussi à prendre en compte.

Commençons par écrire un court programme en Python pour créer un fichier STL avec le maillage. Le code complet peut être trouvé à :

<https://pastebin.com/tsi5dbLw>.

Travaillant sur une surface de base de 40 x 30 m dans le plan XY, nous calculerons une valeur de hauteur suivant l'axe Z. Pour cet exemple, les hauteurs minimum et maximum ont été

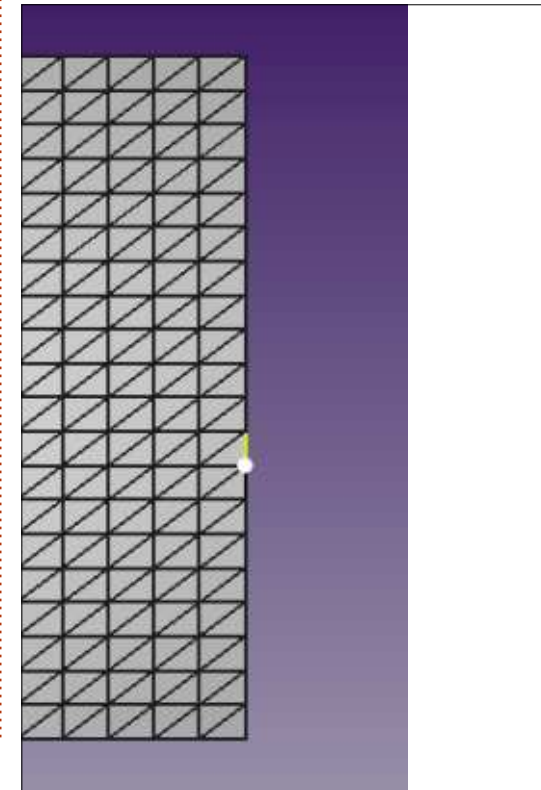
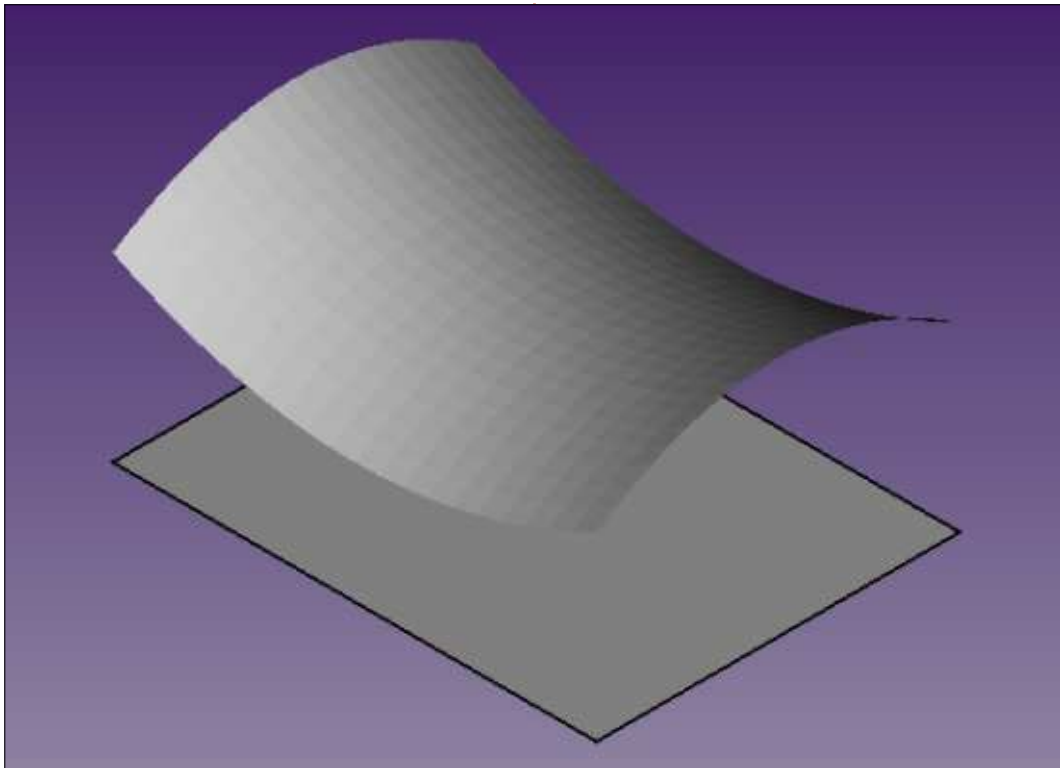
respectivement prises à 10 et 20 m au-dessus du niveau du sol, bien que cela puisse être facilement mis à l'échelle et ajusté pour correspondre à une implantation particulière. Enfin, 20 points de maillage séparés ont été pris le long des deux directions X et Y.

Le résultat final de ce programme est un fichier STL qui peut être importé dans un nouveau projet FreeCAD en utilisant la technique présentée dans la partie précédente de la série. Pour mieux visualiser les proportions, un rectangle de 40 x 30 m a été dessiné au niveau du sol, sous le toit.

Poser les cloisons pour fermer les murs des quatre côtés ne sera pas une tâche facile, car les quatre cloisons auront trois côtés droits, mais le quatrième (celui du haut) devra suivre une courbe parabolique. Il y a plusieurs solutions à ce problème. L'une d'elles est d'écrire des programmes supplémentaires en Python pour créer les fichiers de maillage qui conviennent. Cependant, FreeCAD a d'autres alternatives. Dans ce cas, je rends visibles les lignes du maillage. Sélectionnez l'objet maillé et, dans la zone des Propriétés, sélectionnez « Display mode » (mode d'affichage) et passez du mode d'origine « Shaded » (ombré) à « Flat lines » (simples lignes).

Nous pouvons aller maintenant dans l'atelier Draft et, en travaillant soigneusement, dessiner un nouveau « Wire » - en sélectionnant, point par point, tous les sommets le long d'un bord du toit. Ensuite, fermez la forme en sélectionnant chaque coin de rectangle du sol en dessous de ce bord. Cette forme plane peut ensuite être transformée en objet Wire plan. Simple ? [Ndt : plain, en anglais, d'où le jeu de mots plane/plain] Puis, procédez de la même manière pour les autres parois.

Une fois que les murs ont été



définis, le maillage du toit peut, soit être laissé avec sa structure maillée apparente, soit le mode d'affichage peut être remis à « Surface », comme vous le voulez.

On peut ensuite ajouter des colonnes pour tenir le maillage du toit. Cependant, il devient apparent que le maillage n'a pas d'épaisseur. Même si beaucoup de soin est pris avec la hauteur des colonnes, certains dysfonctionnements apparaissent car les extrémités des colonnes sont des disques horizontaux, mais la partie du maillage qui les touche n'est pas plate. Les intersections avec les quatre murs ex-

térieurs du bâtiment deviennent aussi apparentes.

Une solution relativement réaliste est de donner un peu d'épaisseur au maillage du toit. Il suffit de sélectionner le maillage et créer une nouvelle Extrusion dans l'atelier Part. Les surfaces du dessous et du dessus auront la forme du maillage, tandis que l'épaisseur verticale de l'objet sera la même tout au long de sa surface. Une valeur d'un mètre semble appropriée pour ce bâtiment.

Enfin, la couleur et le niveau de transparence de chaque objet peuvent

être ajustés dans la zone Propriétés. Par exemple, pour représenter des murs en verre - permettant à la lumière d'entrer dans le bâtiment entre les colonnes - les quatre murs peuvent rester avec leur couleur par défaut ([204, 204, 204]), mais avec une transparence de 40 %.

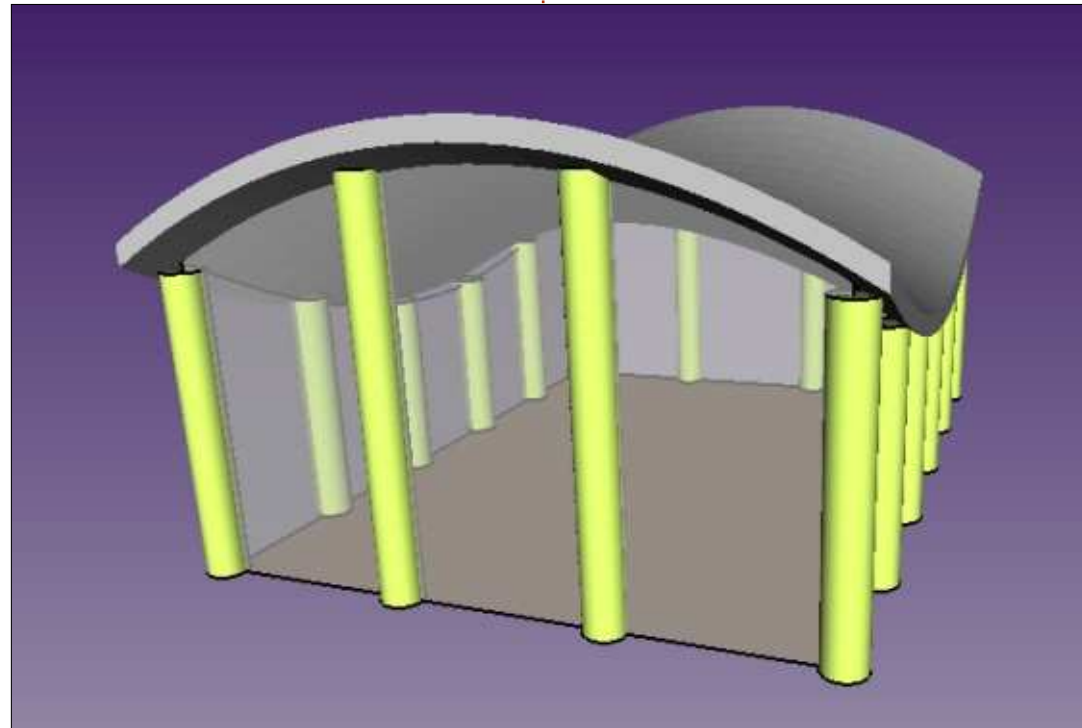
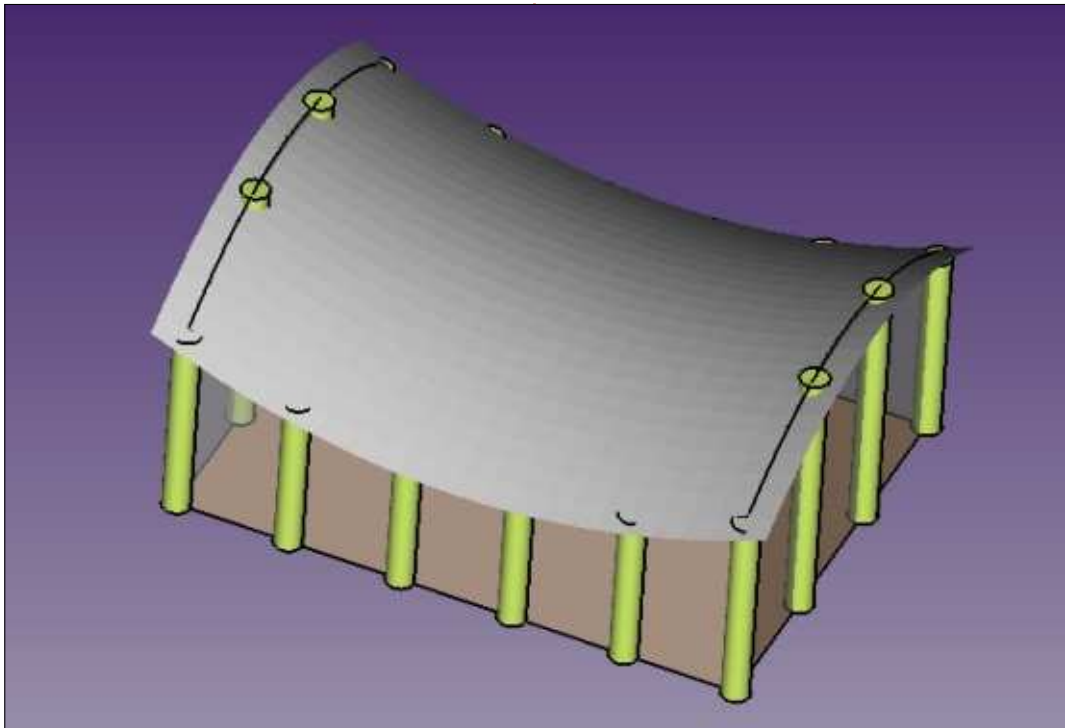
ET ENSUITE ?

Dans cet article sur l'utilisation de FreeCAD, nous nous sommes servis d'un maillage en combinaison avec d'autres outils FreeCAD plus classiques, pour construire une représentation en 3D d'un bâtiment moderne avec un toit à structure maillée.

Dans la prochaine partie, nous explorerons le passage d'un modèle informatique à un objet matérialisé, en exportant un projet finalisé pour l'imprimer avec une imprimante 3D.



Détenteur d'un doctorat au sujet de la société de l'information et du savoir, **Alan** enseigne l'informatique à l'Escola Andorrana de Batxillerat, un lycée. Il a donné des cours de GNU/Linux à l'Université d'Andorre et, auparavant, avait enseigné l'administration des systèmes GNU/Linux à l'Université ouverte de Catalogne (UOC).





Dans cette série, nous examinons le monde de FreeCAD, une application Open Source de modélisation par CAO qui est encore en bêta, mais qui a reçu un bon accueil ces dernières années. Naturellement, elle est facilement disponible dans les dépôts d'Ubuntu. Dans l'article précédent (le huitième) sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons utilisé un maillage, en combinaison avec d'autres outils plus classiques de FreeCAD, pour construire une représentation 3D d'un immeuble moderne avec une structure de toit en treillis.

Dans cette partie, nous irons du modèle informatique jusqu'au monde physique, en utilisant une imprimante 3D pour créer une représentation physique de notre construction.

QUELQUES NOTES SUR L'IMPRESSION 3D

Ce n'est pas une surprise que l'impression 3D soit devenue une mode dans les toutes dernières années. Démarrant comme activité de loisirs, elle a trouvé son application pratique dans de nombreux secteurs différents, comme les arts et métiers, la conception,

l'ingénierie et même certains secteurs médicaux. Des imprimantes relativement bon marché qui arrivent complètement assemblées et prêtes à imprimer rendent cette technique plus accessible à une grande variété d'utilisateurs. Cependant, il faut dire que l'impression 3D n'est pas aussi mûre que l'impression traditionnelle sur des feuilles de papier, et un goût pour les travaux pratiques est encore une vraie nécessité pour les utilisateurs. Se coltiner la calibration du placement sur la plateforme, les bouchages de buses ou d'autres problèmes mécaniques ne sont peut-être pas dans la zone de confort de tout un chacun.

De nombreuses techniques d'impression 3D existent. Elles sont habituellement vues comme une certaine forme de construction additive, où la pièce résultante est construite progressivement. Ceci est en opposition avec l'usinage - par exemple, en utilisant une machine-outil contrôlée par ordinateur, où un bloc de matière existante est usiné à la forme finale souhaitée en enlevant le matériau en trop. Certaines matières comme les plastiques se prêtent bien à des procédés additifs, alors que d'autres,

comme le métal, sont le plus souvent gérés par des méthodes soustractives.

Même dans le domaine de l'impression 3D, plusieurs variantes existent. Certaines parmi les plus chères, comme le frittage, comprennent le chauffage de petites particules de matière avec un laser pour les fondre ensemble et former l'objet à construire. Dans d'autres, une solution de matière est chauffée localement, transformant la solution liquide en une couche solide. Dans la grande majorité des imprimantes 3D du commerce qui seraient dans la gamme de prix d'un amateur ou d'une petite entreprise, un procédé d'extrusion du plastique est utilisé. Dans celui-ci, un filament de plastique est lentement extrudé à travers une buse chauffante, qui le fait fondre, et des petits points ou lignes de matière sont déposées en couches pour construire l'objet, du bas vers le haut.

Ce système a ses défauts. Le premier point principal à prendre en compte est que les volumes très fins d'un objet ne ressortiront peut-être pas comme attendu. Les détails d'une épaisseur inférieure à 2-3 mm pourraient être

très fragiles une fois imprimés et, en fait, pourraient être facilement cassés en retirant la pièce imprimée de la plaque de support. Naturellement, les détails dépendent de l'imprimante réellement utilisée, et du niveau de détail accessible à l'imprimante. Avec des couches plus fines (0,1 mm au lieu des 0,2 mm plus habituels), des détails plus fins sortiront mieux, mais au détriment d'un temps d'impression plus long. Des durées de 2-3 heures sont assez habituelles pour de petits objets (1-2 cm de haut) et peuvent les dépasser pour des objets plus grands.

Le second point est que les couches supérieures du plastique sont étalées sur les couches inférieures. Cependant, le plastique est pratiquement liquide quand il quitte la buse et a ainsi besoin d'une base solide pour se reposer pendant la solidification. Des structures comme des surplombs ou des arches dans le modèle ne vont pas sortir correctement, si elles restent sans support.

Beaucoup d'applications de pilotage d'imprimante altèrent notre modèle en ajoutant des structures de renfort. Elles sont imprimées en même temps

que le modèle et doivent être retirées après impression. Dans l'image d'illustration, un modèle de jante a été imprimé. Une partie du matériau étendu par l'imprimante pour fixer la pièce sur la plaque de support est encore attaché au bas de la pièce. Le logiciel d'impression a rempli l'intérieur du creux le long de la jante par des formes ressemblant à des colonnes, dans un souci d'éviter que la partie haute ne s'effondre pendant qu'elle est chaude. Ces formes sont assez disgracieuses, mais ce sont aussi de fines parois et elles peuvent être enlevées facilement avec un couteau effilé (mais soyez prudent avec vos doigts).

Suivant la forme de votre modèle, le nettoyage pourrait être très compliqué. Dans un récent projet, la durée d'impression d'un ensemble de chaîne avec des liens 4 par 4 a pris une heure, mais il fallait deux heures pour nettoyer et refaire l'état de la surface manuellement. Les déchets de matière seraient aussi un problème dans un environnement industriel : dans ce cas, 3,3 g du produit final nécessitaient un total de 7,2 g de matériau d'impression. Un rendement de moins de 50 % est loin d'être idéal.

CONSTRUIRE ET IMPRIMER UN OBJET SIMPLE

Les détails réels de notre flux d'actions peuvent varier, suivant le jeu de programmes que nous choisissons d'utiliser. Cependant, les étapes principales seront les suivantes :

- Construire le modèle informatique, en utilisant les volumes. Les pièces fines et plates doivent être rendues comme des volumes, avec une épaisseur qui ne descend pas sous 1 mm pour de meilleurs résultats. Dans cette série, nous utiliserons FreeCAD pour cette étape. Cependant, d'autres op-

tions telles que Blender sont aussi bien adaptées si des objets maillés peuvent être exportés dans le format de fichier STL.

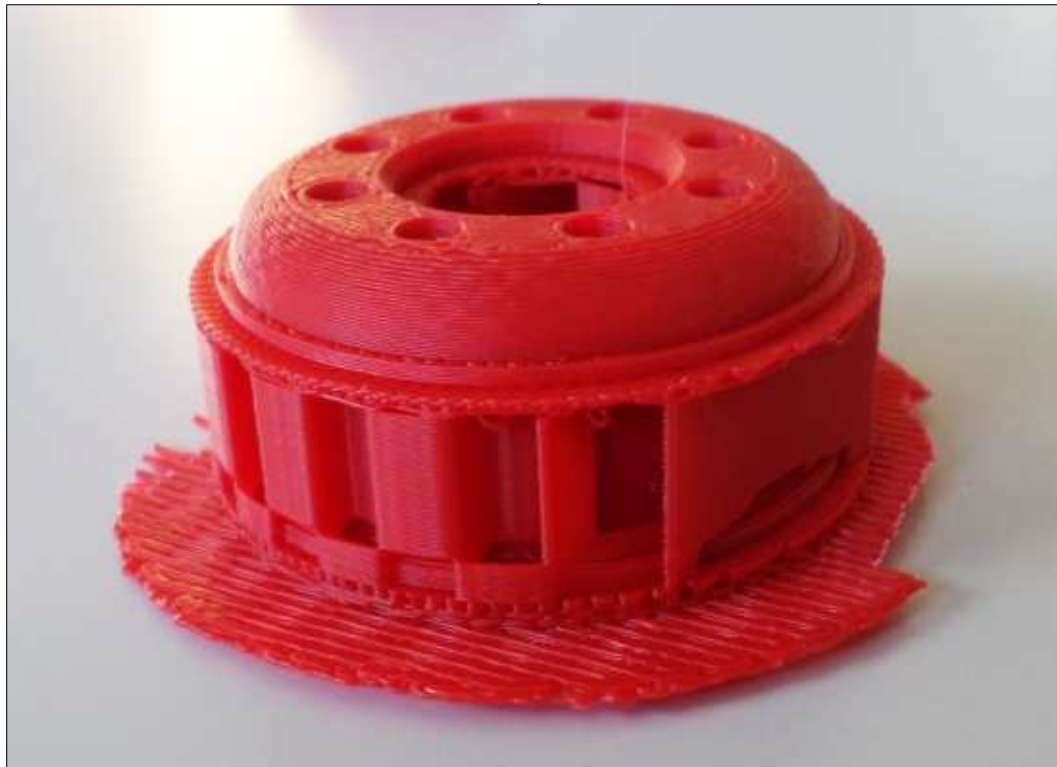
- Utiliser un logiciel de mise en couches pour convertir l'objet en une série de couches plates. Ces couches sont ensuite converties en une séquence de commandes en G-code, qui, à la base, dit à l'imprimante de positionner sa tête à telles ou telles coordonnées, et allume/éteint l'extrusion du plastique. Un choix classique pour cette étape est Slic3r (<http://slic3r.org/>).

- Utiliser un troisième programme pour se connecter à l'imprimante, et réaliser

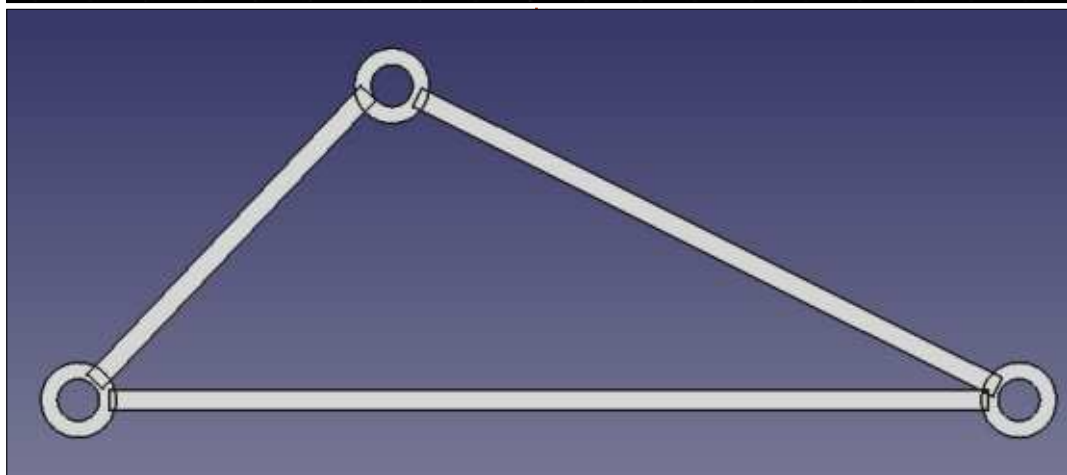
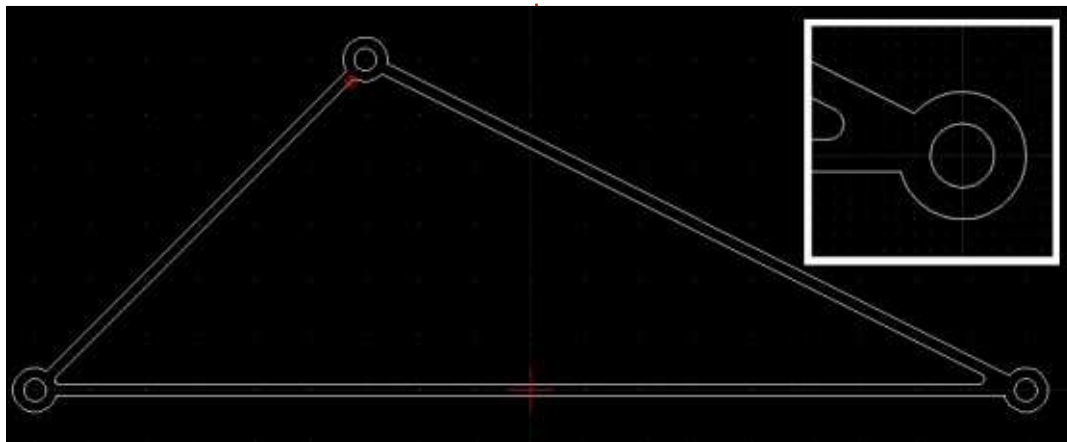
effectivement le processus d'impression. Printron/Pronterface : (<http://www.pronterface.com>) est un choix populaire.

Deux formats de fichiers font le lien entre les étapes (a) et (b), et entre (b) et (c). Le format STL présenté précédemment dans les parties 7 et 8 de la série est une façon normale de transférer la forme de notre objet de l'application de dessin vers le gestionnaire de couches. D'autres choix existent, tels que les fichiers OBJ, mais ils semblent un peu moins bien supportés. Des fichiers en G-code peuvent être utilisés pour transférer les données du gestionnaire de couches au contrôleur d'impression, bien que cette étape puisse être omise si celui-ci peut aussi faire le contrôle d'impression. Des applications comme Slic3r peuvent piloter directement un certain nombre de modèles d'imprimantes, pour la plupart, des matériels en Open Source. Cependant, beaucoup de modèles (commerciaux) nécessitent leur propre logiciel de mise en couche et de pilotage d'impression, qu'on ne trouve habituellement que pour Windows. Ceci est un point à prendre en compte si ou quand vous choisissez une imprimante à acheter.

Commençons avec un simple objet en treillis, basé sur une structure trian-



gulaire de barres carrées reliées par des barres circulaires transversales. La première chose que nous aurons à corriger sont les dimensions. Suivant votre imprimante, des limites existeront pour la taille hors tout de votre objet à imprimer. Dans ce cas, j'ai choisi de construire une pièce longue de 120 mm, taille de la barre la plus longue. La section des barres est un carré de 3 mm, pour faciliter leur impression. Enfin, les jonctions circulaires ont des rayons intérieur de 3 mm et extérieur de 6 mm.



La hauteur totale de la structure est de 4,5 mm.

Pour réaliser cette pièce, une procédure traditionnelle de CAO serait de dessiner une représentation plane de la forme extérieure ; assurez-vous que toutes les jonctions conviennent en ajustant les lignes au besoin, de sorte qu'il n'y ait aucune intrusion d'un élément dans un autre, et ensuite en dessinant les cercles représentant les trous dans chaque jonction. En uti-

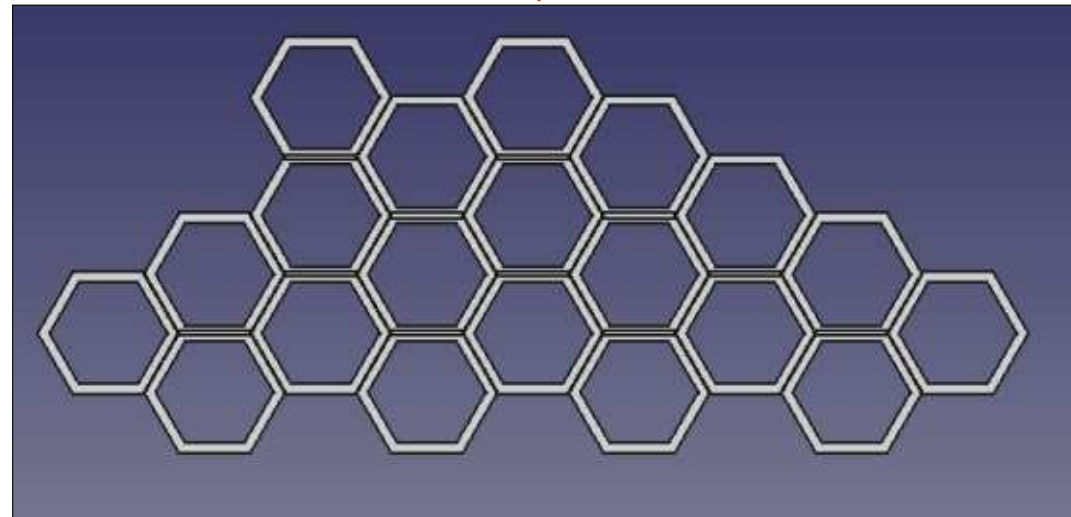
lisant des fonctionnalités plus pointues des applications modernes en 2D telles que LibreCAD, il est possible d'ajouter facilement des congés pour rendre un peu plus robustes les liaisons entre les barres et les cylindres.

Cependant, pour construire un modèle en 3D, il est préférable de penser en terme d'ensembles. J'ai commencé tout de suite en 3D par le dessin d'un objet cylindrique dans l'atelier Part de FreeCAD, pour représenter une des jonctions. Ensuite, j'ai dessiné un second cylindre, plus large, pour représenter la découpe du trou et soustrait les deux objets pour créer un cylindre creux. Puis, j'ai copié/collé cette pièce complète dans les trois positions finales des jonctions. J'ai ensuite créé une barre plate de section appropriée, et je l'ai copiée, tournée et mise à l'échelle en position, trois fois, pour

former la structure triangulaire.

Un peu de soin doit être apporté lors de cet assemblage, car il est clair qu'un certain chevauchement des pièces aura lieu. Dans la vie normale, les barres devraient affleurer les bords extérieurs des cylindres et les formes des extrémités des barres devraient correspondre. Comme autre option, des fentes verticales pourraient être réalisées dans les cylindres, et les embouts des barres, laissés carrés, seraient enfilés dans les cylindres.

Cependant, dans le monde magique de l'impression en 3D, l'introduction d'un volume dans un autre pourrait ne pas être un problème. La plupart des logiciels d'impression peuvent s'en arranger, de sorte que le matériau plastique de chaque volume ne serait pas imprimé deux fois, ce qui ferait un



gros pâté. À la place, le logiciel est assez intelligent pour réaliser une union booléenne de tous les volumes et les solidariser tous correctement. Néanmoins, il faut dire que tous les logiciels d'impression ne sont pas égaux sur ce point et quelques essais peuvent être nécessaires pour trouver les limites combinées du logiciel et du matériel d'une imprimante particulière.

Une fois le treillage extérieur construit, je voulais remplir le centre avec un maillage non structural. Il y a plusieurs façons de le faire. Par exemple, un volume plat peut être construit, adapté à l'espace vide, puis on pourrait y couper des ouvertures convenables. Je voulais quelque chose de plus raffiné, comme les lignes des motifs en nid d'abeille de certaines calan-

dres de voitures modernes. Aussi, je commençais par construire une forme hexagonale de base, de la même façon que j'avais fait les joints cylindriques. Je commençais par dessiner un prisme vertical à six côtés de 9 mm de long et 3 mm de haut, puis je découpais un autre prisme vertical avec les côtés à 8 mm du centre. Je dupliquais ensuite ce motif de base pour remplir l'espace avec une structure en nid d'abeille.

À ce stade, j'avais à la fois le triangle extérieur et la grille intérieure. Cependant, la grille dépassait légèrement des bords du triangle. Aussi, je suis retourné dans l'atelier Draft où j'ai dessiné une approximation grossière du triangle extérieur sous forme d'objet Wire continu. Cet objet, extrudé vers le haut, me donna la forme de

l'espace intérieur, avec un peu de recouvrement sur les barres du triangle. Ensuite, j'ai défini la grille comme l'intersection de la première grille et du nouveau volume, ce qui, en fait, ajuste sa forme pour qu'elle s'adapte à l'espace intérieur du triangle.

La pièce finale est la combinaison du triangle extérieur, plus la grille. L'assemblage en un seul objet est ensuite fait par une union booléenne.

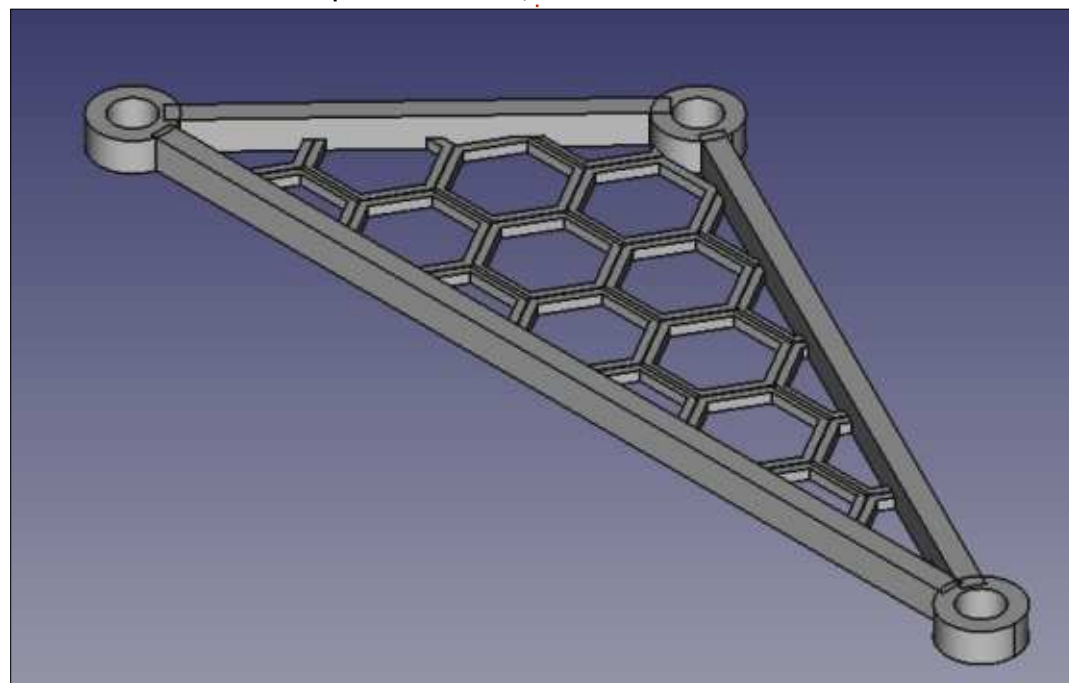
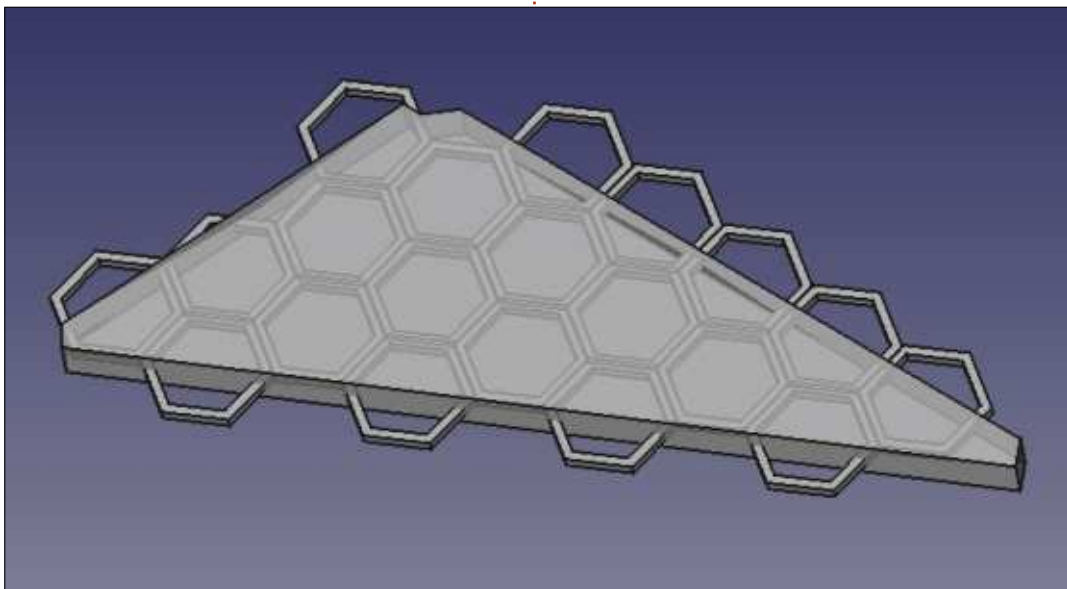
Une fois que votre objet est prêt, le processus d'impression devrait être plutôt simple. À partir de FreeCAD, sélectionnez la pièce finale et exportez-la dans un fichier STL par l'option de menu Fichier > Exporter. De là,

utilisez, soit Slic3r, soit un logiciel de mise en couche équivalent, pour sauvegarder et imprimer le modèle.

Une fois fini, le matériau auxiliaire peut être détaché. Une finition de la surface sera probablement nécessaire, particulièrement sur la partie inférieure où elle était en contact avec le socle.

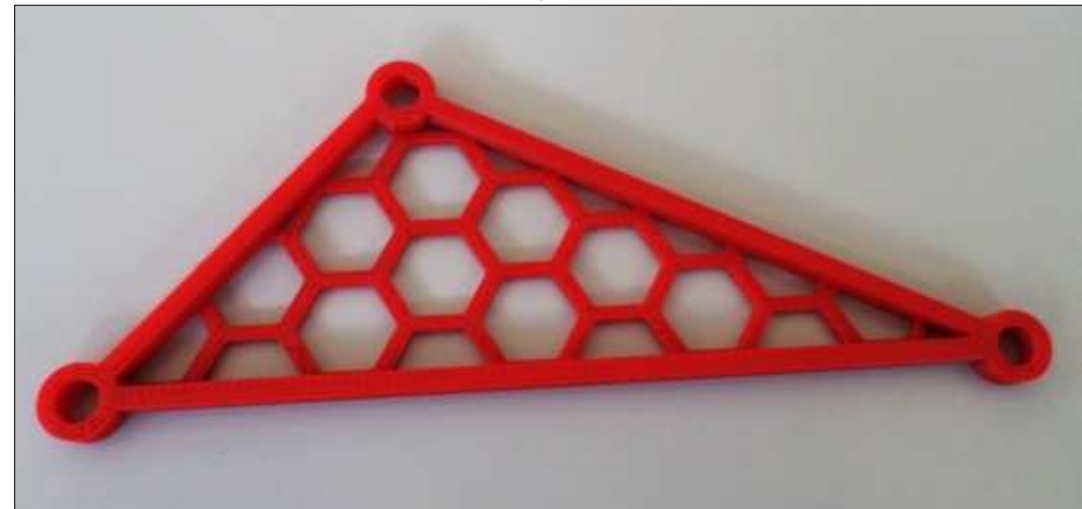
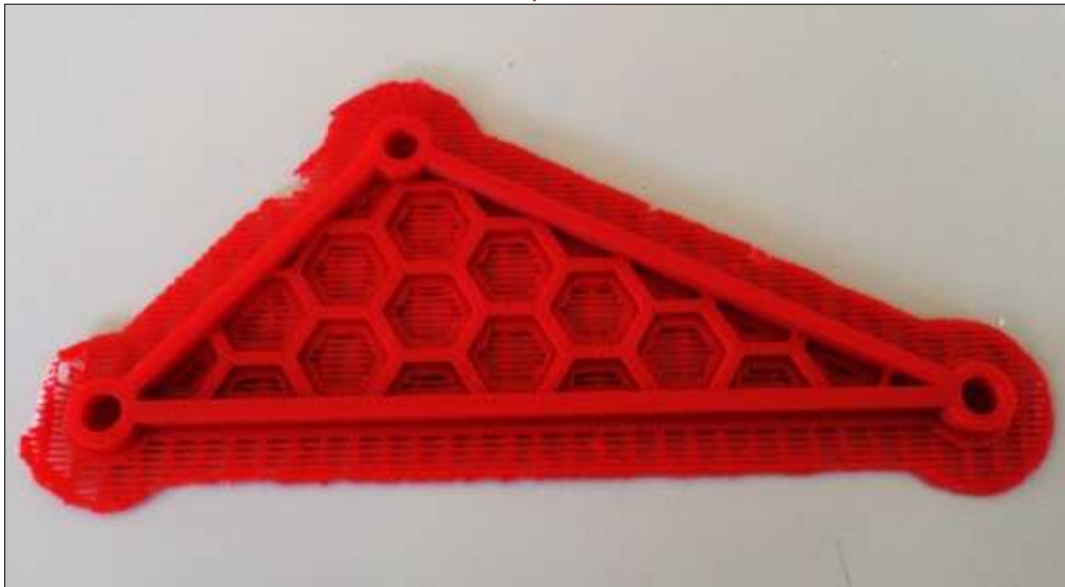
ET ENSUITE ?

Dans cet article sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons parcouru le trajet du modèle informatique à l'objet physique, en utilisant les techniques de l'impression en 3D. Nous avons vu quelques-uns des points forts de l'im-



pression en 3D, et aussi ses points faibles. Nous avons parlé des formats de fichier 3D, nous avons construit un modèle dans FreeCAD et l'avons imprimé en utilisant le logiciel Slic3r. Ce modèle précis, construit en plastique, n'aura probablement pas d'usage intrinsèque. Cependant, il peut être utilisé comme base d'un moule pour une copie en métal, ou simplement comme matériel d'enseignement sur les structures en treillage et les contraintes internes dans un objet de structure.

Dans la prochaine partie de la série, nous changerons de direction une fois encore et nous explorerons certaines utilisations de la copie d'objets pour créer un motif répétitif comme une côte de maille.



Détenteur d'un doctorat au sujet de la société de l'information et du savoir, **Alan** enseigne l'informatique à l'Escola Andorrana de Batxillerat, un lycée. Il a donné des cours de GNU/Linux à l'Université d'Andorre et, auparavant, avait enseigné l'administration des systèmes GNU/Linux à l'Université ouverte de Catalogne (UOC).



Dans cette série, nous examinons le monde de FreeCAD, une application Open Source de modélisation par CAO qui est encore en bêta, mais qui a reçu un bon accueil ces dernières années. Naturellement, elle est facilement disponible dans les dépôts d'Ubuntu. Dans le neuvième article sur l'utilisation de FreeCAD, nous nous sommes servi d'une imprimante 3D pour créer une représentation physique d'une construction. Dans cet épisode, nous explorerons certaines utilisations des copies d'objets pour créer des mo-

tifs répétitifs tels qu'une cote de maille.

L'IMPRESSION DE PIÈCES INTERCONNECTÉES

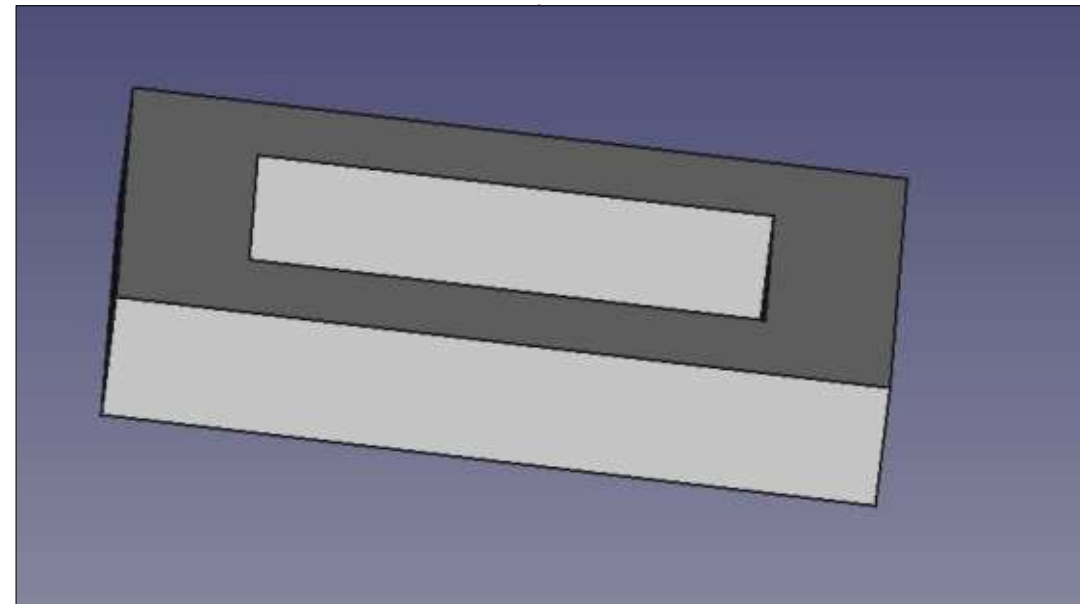
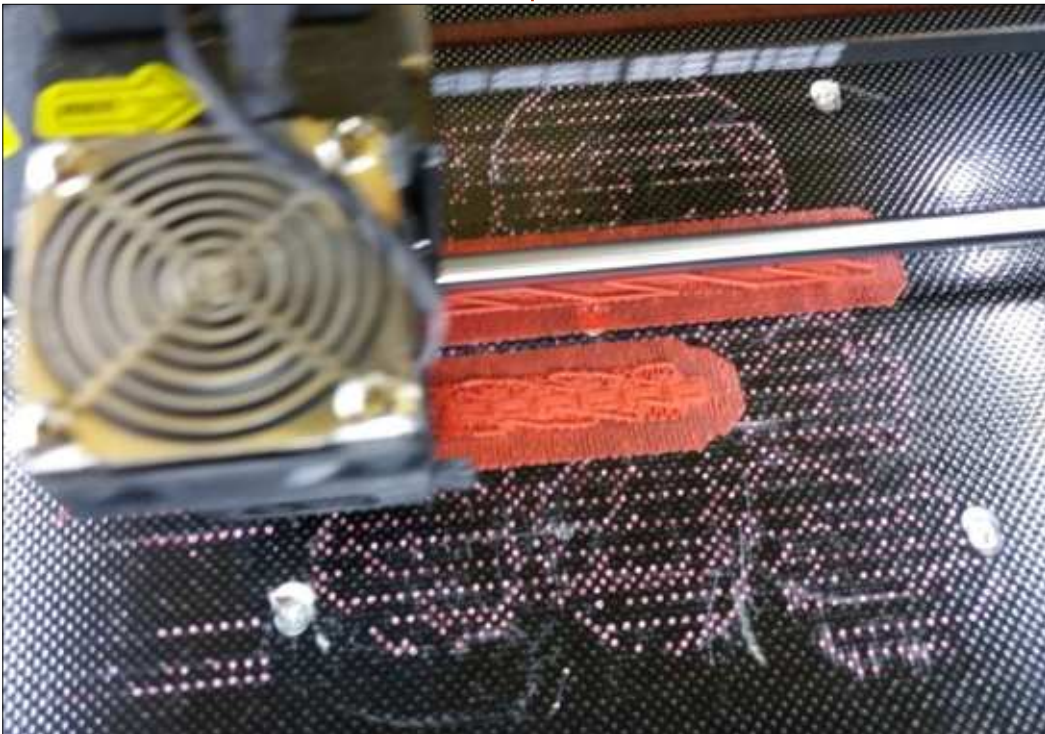
Les objets avec des éléments répétitifs mais disjoints, comme des chaînes ou une cote de maille, peuvent être imprimés en 3D de la même manière qu'une pièce normale, d'un seul tenant. La différence principale est que le logiciel pilote de l'imprimante doit être assez sophistiqué pour ajouter un peu

de plastique supplémentaire entre les éléments. Ceci est fait en général d'une façon assez voisine de celle des imprimantes qui commencent par étaler un ou plusieurs tapis sur le support, de façon à assurer que les pièces sont bien collées à cette surface pendant l'impression et qu'elles ne bougent pas pendant l'ajout des couches successives de plastique. Dans l'image jointe d'une imprimante, deux longueurs de chaîne séparées sont en cours d'impression. Dans chaque cas, l'imprimante commence par les tapis, sur approximativement 6 mm sous le tracé de l'objet. Sur l'image, plusieurs couches de plastique ont déjà été déposées et

les objets (des maillons de chaîne) commencent à apparaître. Le plastique en trop - dont les traces en diagonale et les petits bouts ondulés - sont aussi là pour assurer que les maillons restent en place et avec une disposition spatiale correcte l'un par rapport à l'autre.

CRÉER UNE CHAÎNE

Revenons à FreeCAD. Commençons par créer une longueur de chaîne très simple. Nous commencerons par un maillon plat et rectangulaire, avec un trou rectangulaire pratiqué dedans en utilisant l'opération « cut » (soustraction booléenne de volumes).



Cette forme de maillon peut être retravaillée pour la rendre plus esthétique ou plus fonctionnelle, suivant vos souhaits. Ça vaut le coup de passer du temps sur cette étape - peut-être plus que moi - car ce que nous produisons ici est le motif de base qui sera répété de nombreuses fois pour créer un objet chaîne complet.

Maintenant, copions et collons notre chaînon fini. La nouvelle copie devra être déplacée d'une distance suffisante (par ex., le long de l'axe x) et tournée de 90 degrés autour de l'axe du déplacement. Des mesures précises sont liées aux dimensions du maillon, mais, en général, j'ai tendance à laisser au moins 1 mm d'espace vide entre les maillons. Nous avons maintenant quelque chose qui ressemble à ceci :

À présent, la partie bizarre. De façon à pouvoir imprimer ceci en 3D, nous devons le sortir vers l'imprimante sous forme d'un objet unique. Mais nous avons déjà défini deux volumes séparés, avec un peu d'air libre entre eux. Aussi, maintenant, nous devons simplement combiner les deux objets avec une opération booléenne Union. Ceci est vraiment étrange pour quelqu'un qui a une formation mathématique, car nous définissons en fait un volume unique fait de deux éléments séparés et sans lien. Mais ça marche.

Une fois que nous avons défini la paire de maillons comme un unique objet Union, nous pouvons maintenant le copier/coller, obtenant deux ensembles de deux maillons. L'un d'eux doit

être déplacé sur le même axe dans une position adaptée, puis ces deux ensembles doivent être fusionnés en un unique objet Union, comme précédemment. Nous pouvons continuer de cette façon en multipliant le nombre de maillons par deux à chaque opération : 1, 2, 4, 8...

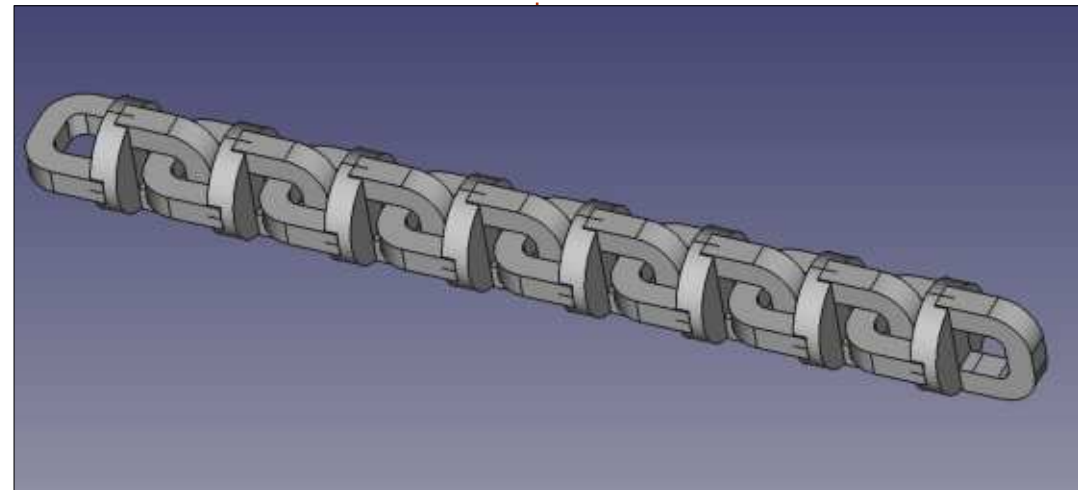
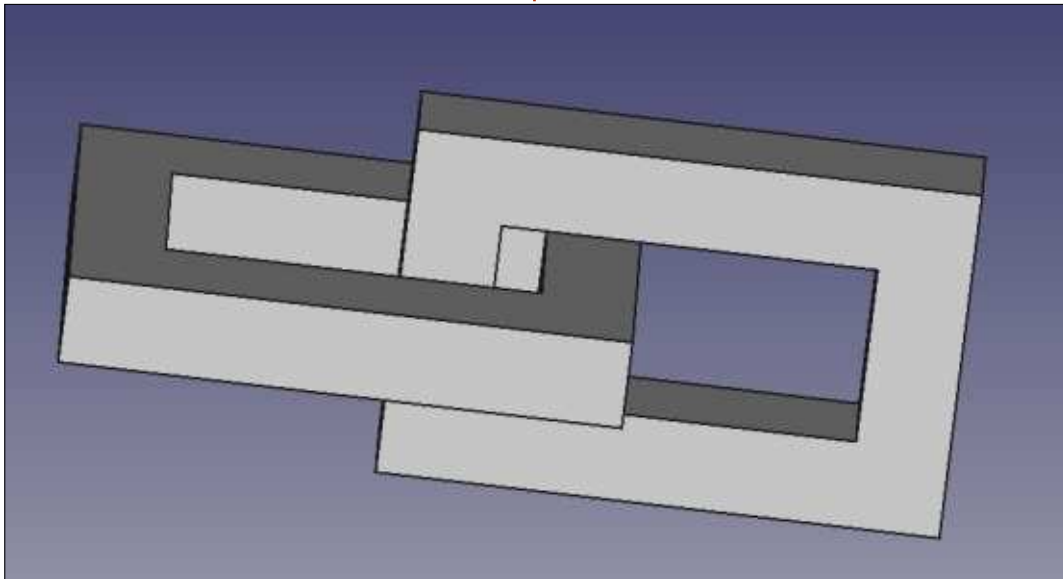
Une fois que nous avons défini la méthode, nous pouvons essayer des formes de maillons plus complexes. Par exemple, nous pourrions créer un maillon avec une rondelle à plat et une verticale. De là, chaque copie successive peut être déplacée le long de l'axe, sans aucune rotation. Comme précédemment, la chaîne complète finira en objet Union unique, qui pourra être exporté dans un fichier STL et envoyé à l'imprimante.

quer que le plastique en trop devra être supprimé de l'objet final. Ceci comprend les tapis mis sous la chaîne, mais aussi tous les petits bouts et éléments que l'imprimante aura ajouté pour soutenir les maillons, ainsi qu'entre chaque paire de maillons. Une géométrie très complexe du maillon peut rendre pénible l'élimination de tous les petits bouts de l'ensemble. L'expérience pratique montre qu'un objet tel que la chaîne ci-dessus peut demander autant de temps pour le nettoyage que pour faire toute l'impression, si ce n'est pas plus. Prévoir à l'avance d'ajuster les formes des maillons pour rendre les espaces interstitiels plus accessibles, peut aider.

EXTENSION À LA COTE DE MAILLE

Il est peut-être prudent de remar-

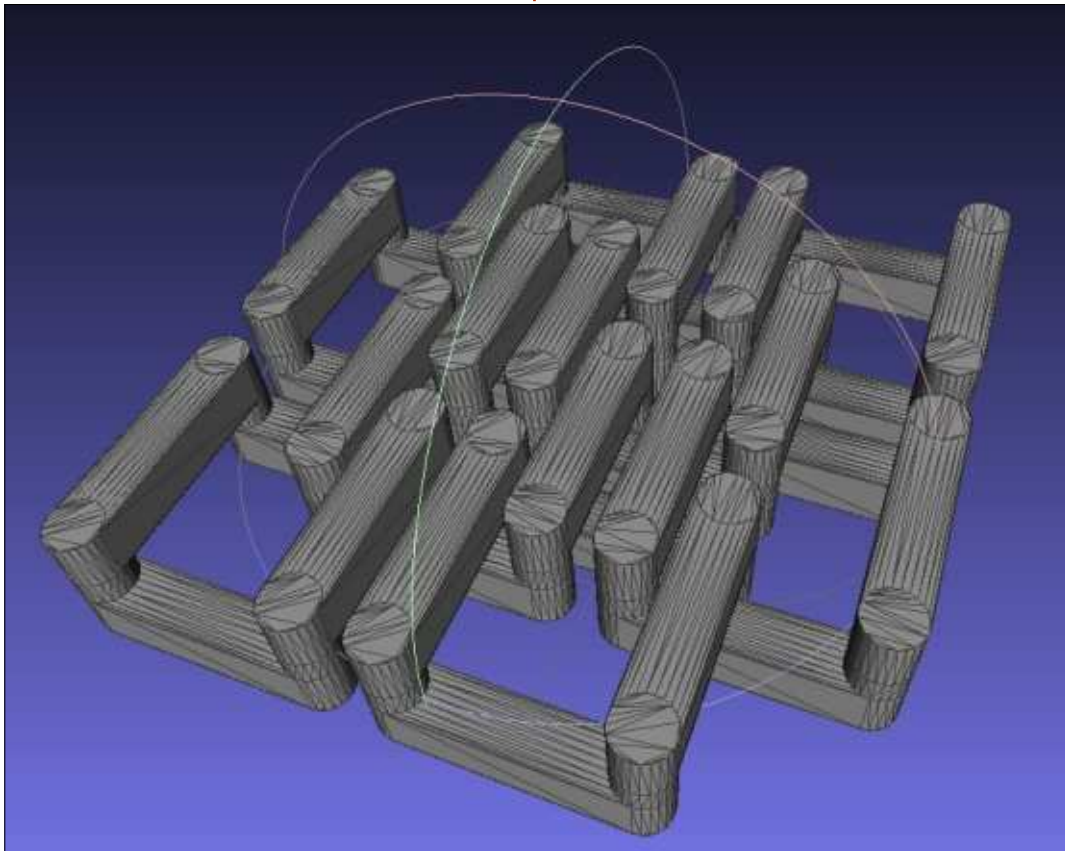
Passer d'un morceau de chaîne



linéaire à une cote de maille à plat n'est pas trop complexe. La difficulté principale est que chaque maillon devra être interconnecté à beaucoup d'autres maillons, en général quatre ; aussi, l'espace central devra être créé assez grand pour permettre aux maillons voisins de passer, tout en maintenant la séparation d'un millimètre entre deux maillons. Tant que c'est assuré, les maillons peuvent avoir n'importe quelle forme. Une forme typique serait celle des anneaux toroïdaux plats (en forme de donut), placés

à différents angles pour chaque rangée alternée : une vue détaillée d'une vraie cote de maille se trouve ici :

[https://en.wikipedia.org/wiki/Mail_\(armour\)#/media/File:European_riveted_mail_hauberk_close_up_view.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Mail_(armour)#/media/File:European_riveted_mail_hauberk_close_up_view.jpg). D'autres mises en place peuvent être possibles, par exemple en incurvant chaque maillon en anneau en forme de selle pour faciliter la mise en place. En poursuivant dans cette direction, des maillons ronds peuvent être transformés en un ensemble de volumes simples (cylindres et barres).



Une fois un motif de base créé, il peut être copié/collé et les maillons séparés mis en bonne position. Ensuite, plusieurs maillons peuvent être fusionnés en un unique objet Union, comme l'ensemble de 8 maillons ci-dessus, qui est ensuite répété pour créer un plus grand morceau de cote de maille. Des motifs peuvent être ajoutés dans les deux axes, pour créer une pièce plate, ou dans une seule direction pour une bande de cote de maille.

Enfin, la cote de maille ne se limite pas aux maillons carrés ou aux motifs dans lesquels chaque maillon est connecté à quatre autres voisins. Une symétrie à trois côtés peut être utilisée pour créer des motifs dans lesquels chaque maillon triangulaire ou hexagonal est relié à trois autres. Les maillons avec un seul anneau peuvent alterner avec des maillons à deux anneaux parallèles, reliés par des pièces verticales qui se connectent avec des anneaux à plat. Cette organisation augmente la liberté de mouvement entre les maillons, produisant une cote de maille qui plie et se courbe beaucoup mieux que celle à motif carré plus traditionnelle.

ET ENSUITE ?

Dans ce - dernier - article sur l'utilisation de FreeCAD, nous avons exploré certaines utilisations de la copie d'objets pour créer un motif répétitif comme une cote de maille. Ceci pourrait être ensuite utilisé comme matière de départ pour différents buts, comme la préparation de costumes, la re-création d'armures historiques ou même du prototypage rapide en joaillerie.

En repassant en revue les différents articles qui sont sortis ces derniers mois, il est clair qu'un programme de conception en 3D tel que FreeCAD a beaucoup d'applications différentes, allant de l'ingénierie mécanique (engrenages), à l'architecture (bâtiments) et à l'artisanat (cote de maille). Il est toujours agréable de voir un tel logiciel disponible pour les différentes variantes d'Ubuntu, où les utilisateurs occasionnels bénéficient d'un accès libre, tandis que les utilisateurs plus entraînés peuvent se servir d'applications largement testées sur une plateforme très stable. Ceci n'est pas toujours possible avec les offres commerciales qui sont souvent disponibles pour un nombre très réduit de systèmes d'exploitation.

Après cette revue de quelques-unes des possibilités qu'offre FreeCAD, cette série d'articles passe en veille pour quelque temps. Plus tard, elle pourrait recommencer, s'il y a suffisamment de lecteurs intéressés. Les propositions précises sont les bienvenues.



Détenteur d'un doctorat au sujet de la société de l'information et du savoir, **Alan** enseigne l'informatique à l'Escola Andorrana de Batxillerat, un lycée. Il a donné des cours de GNU/Linux à l'Université d'Andorre et, auparavant, avait enseigné l'administration des systèmes GNU/Linux à l'Université ouverte de Catalogne (UOC).





COMMENT CONTRIBUER

FULL CIRCLE A BESOIN DE VOUS !

Un magazine n'en est pas un sans articles et Full Circle n'échappe pas à cette règle. Nous avons besoin de vos opinions, de vos bureaux et de vos histoires. Nous avons aussi besoin de critiques (jeux, applications et matériels), de tutoriels (sur K/X/Ubuntu), de tout ce que vous pourriez vouloir communiquer aux autres utilisateurs de *buntu. Envoyez vos articles à :

articles@fullcirclemagazine.org

Nous sommes constamment à la recherche de nouveaux articles pour le Full Circle. Pour de l'aide et des conseils, veuillez consulter l'Official Full Circle Style Guide :

<http://url.fullcirclemagazine.org/75d471>

Envoyez vos **remarques** ou vos **expériences** sous Linux à : letters@fullcirclemagazine.org

Les tests de **matériels/logiciels** doivent être envoyés à : reviews@fullcirclemagazine.org

Envoyez vos **questions** pour la rubrique Q&R à : questions@fullcirclemagazine.org

et les **captures d'écran** pour « Mon bureau » à : misc@fullcirclemagazine.org

Si vous avez des questions, visitez notre forum : fullcirclemagazine.org

Merci de noter :

Les éditions spéciales sont un assemblage des numéros d'origine et les indications peuvent ne pas fonctionner dans les versions actuelles d'Ubuntu.

Équipe Full Circle

Rédacteur en chef - Ronnie Tucker

ronnie@fullcirclemagazine.org

Webmaster - Lucas Westermann

admin@fullcirclemagazine.org

Éditions spéciales - Jonathan Hoskin

Correction et Relecture

Mike Kennedy, Gord Campbell, Robert Orsino, Josh Hertel, Bert Jerred, Jim Dyer et Emily Gonyer

Remerciements à Canonical, aux nombreuses équipes de traduction dans le monde entier et à **Thorsten Wilms** pour le logo du FCM.

Pour la traduction française :

<http://www.fullcirclemag.fr>

Pour nous envoyer vos articles en français pour l'édition française :

webmaster@fullcirclemag.fr

Obtenir le Full Circle Magazine :

Pour les Actus hebdomadaires du Full Circle :



Vous pouvez vous tenir au courant des Actus hebdomadaires en utilisant le flux RSS : <http://fullcirclemagazine.org/feed/podcast>



Ou, si vous êtes souvent en déplacement, vous pouvez obtenir les Actus hebdomadaires sur Stitcher Radio (Android/iOS/web) :

<http://www.stitcher.com/s?fid=85347&refid=stpr>



et sur Tunein à : <http://tunein.com/radio/Full-Circle-Weekly-News-p855064/>

Obtenir le Full Circle en français :

<http://www.fullcirclemag.fr/?pages/Numéros>



Format EPUB - Les éditions récentes du Full Circle comportent un lien vers le fichier epub sur la page de téléchargements. Si vous avez des problèmes, vous pouvez envoyer un courriel à : mobile@fullcirclemagazine.org



Issuu - Vous avez la possibilité de lire le Full Circle en ligne via Issuu : <http://issuu.com/fullcirclemagazine>. N'hésitez surtout pas à partager et à noter le FCM, pour aider à le faire connaître ainsi qu' Ubuntu Linux.



Magzster - Vous pouvez aussi lire le Full Circle online via Magzster : <http://www.magzster.com/publishers/Full-Circle>. N'hésitez surtout pas à partager et à noter le FCM, pour aider à le faire connaître ainsi qu'Ubuntu Linux.